



Effets des pôles de compétitivité dans les industries de haute technologie : une analyse d'économie industrielle de l'innovation

Bi Goli Jean-Jacques Iritie

► To cite this version:

Bi Goli Jean-Jacques Iritie. Effets des pôles de compétitivité dans les industries de haute technologie : une analyse d'économie industrielle de l'innovation. Economies et finances. Université de Grenoble, 2012. Français. NNT : 2012GRENE011 . tel-00772078v2

HAL Id: tel-00772078

<https://theses.hal.science/tel-00772078v2>

Submitted on 12 Nov 2013

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.

THÈSE

Pour obtenir le grade de

DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ DE GRENOBLE

Spécialité : **Sciences Économiques**

Arrêté ministériel : 7 août 2006

Présentée par

Bi Goli Jean-Jacques IRITIE

Thèse dirigée par Monsieur le Professeur Eric Avenel

Codirigée par Monsieur Daniel Llerena, Maître de Conférences HDR

préparée au sein du **Laboratoire d'Économie Appliquée de Grenoble**
(Unité Mixte de Recherche GAEL - INRA)
dans l'École Doctorale Sciences Économiques

Effets des pôles de compétitivité dans les industries de haute technologie : *Une analyse d'économie industrielle de l'innovation*

Thèse soutenue publiquement le **19 Septembre 2012**,
devant le jury composé de :

M. Eric Avenel,

Professeur agrégé des Universités, Université de Rennes 1, directeur.

M. Edmond Baranes,

Professeur agrégé des Universités, Université de Montpellier 1,
rapporteur et Président du jury.

M. Daniel Llerena,

Maître de Conférences HDR, Université de Grenoble, codirecteur

M. Jean-Philippe Tropicano,

Professeur agrégé des Universités, Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne,
rapporteur.



THÈSE

Pour obtenir le grade de

DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ DE GRENOBLE

Spécialité : **Sciences Économiques**

Arrêté ministériel : 7 août 2006

Présentée par

Bi Goli Jean-Jacques IRITIE

Thèse dirigée par Monsieur le Professeur Eric Avenel

Codirigée par Monsieur Daniel Llerena, Maître de Conférences HDR

préparée au sein du **Laboratoire d'Économie Appliquée de Grenoble**
(Unité Mixte de Recherche GAEL - INRA)
dans l'École Doctorale Sciences Économiques

Effets des pôles de compétitivité dans les industries de haute technologie : *Une analyse d'économie industrielle de l'innovation*

Thèse soutenue publiquement le **19 Septembre 2012**,
devant le jury composé de :

M. Eric Avenel,

Professeur agrégé des Universités, Université de Rennes 1, directeur.

M. Edmond Baranes,

Professeur agrégé des Universités, Université de Montpellier 1,
rapporteur et Président du jury.

M. Daniel Llerena,

Maître de Conférences HDR, Université de Grenoble, codirecteur

M. Jean-Philippe Tropicano,

Professeur agrégé des Universités, Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne,
rapporteur.



L'Université de Grenoble n'entend donner aucune approbation ni improbation aux opinions émises dans cette thèse. Celles-ci doivent être considérées comme propres à leurs auteurs.

Si j'ai vu plus loin, c'est parce que j'étais assis sur les épaules des géants.

Isaac Newton (1642-1727)

A mes enfants Hadassa et Shalom.

Remerciements

Je tiens à remercier le Professeur Éric Avenel, directeur de cette thèse, pour son encadrement et son soutien moral durant ces quatre années de recherche doctorale. J'ai énormément bénéficié de ses conseils et de sa rigueur au travail.

Je remercie Daniel Llerena qui a accepté d'assurer la co-direction de cette thèse. Je lui exprime ma reconnaissance pour ses conseils et tous ses efforts pour faciliter les contacts et les entretiens avec les acteurs du pôle Minalogic.

Mes recherches ont été menées au sein du laboratoire d'économie appliquée de Grenoble (UMR GAEL). L'ambiance cordiale et studieuse au sein du laboratoire a participé au bon déroulement de ce travail de thèse. Je voudrais donc remercier tous les membres de ce laboratoire, et en particulier Janine pour sa grande disponibilité, Olivier, Céline, Anne et Amédée pour leurs marques d'attention. Je remercie particulièrement Michel Trommetter avec qui j'ai eu de nombreuses discussions enrichissantes sur les trois premiers chapitres, Mireille Matt pour ses remarques sur le chapitre un et Stéphane Lemarié pour ses suggestions sur le chapitre trois. Je n'oublie pas les doctorants Joël, Idyle et Rania dont certains ont accepté de se prêter au jeu pas toujours agréable de la relecture des chapitres d'une thèse.

Je remercie aussi Pascal Billand et Christophe Bravard du laboratoire GATE Lyon Saint-Etienne pour leurs précieux commentaires des chapitres deux et trois.

Je tiens à remercier tous mes amis et proches pour leurs encouragements, en particulier André N'Guessan, Magloire Yapi, Bertille et Alain Kibangou, Lucie et Leopold Crepy, Pamphile Combary et Joel Korahiré.

Je remercie toute ma grande famille en Côte d'Ivoire pour son soutien moral. Enfin, mes remerciements vont à l'endroit de ma chère épouse Dominique et de mes enfants Hadassa et Shalom dont la présence et le soutien indéfectibles ont donné un sens à tous mes efforts pendant toutes ces années de dur labeur.

Je tiens à préciser que cette thèse n'aurait pas été possible si je n'avais pas bénéficié d'une allocation doctorale de recherche de la région de Rhône-Alpes que je remercie.

JEAN-JACQUES B. G. IRITIE
GRENOBLE, JUILLET 2012

Table des matières

0	Introduction générale	1
1	Politique industrielle basée sur les clusters R&D	7
1.1	Introduction	7
1.2	Enjeux de l'innovation	11
1.3	Enjeux de la localisation de l'innovation	17
1.4	Enjeux de la coopération en R&D	28
1.5	Politique des pôles de compétitivité	34
1.6	Discussion et conclusion	41
1.7	Annexes	42
2	Pôle de compétitivité, spillovers et coopération R&D	45
2.1	Introduction	45
2.2	Externalités localisées	47
2.3	Effort effectif de R&D	50
2.4	Le modèle	53
2.5	Effets des pôles sur l'incitation à innover	61
2.6	Analyse du bien-être social	67
2.7	Discussion et conclusion	70
2.8	Annexes	73
3	Pôle de compétitivité, incertitude et adoption de technologies	87
3.1	Introduction	87
3.2	Le modèle	91
3.3	Équilibre de la firme aval	94
3.4	Équilibre de la firme amont	99

3.5	Effets des pôles de compétitivité	104
3.6	Une application avec des fonctions explicites	120
3.7	Discussion et conclusion	127
3.8	Annexes	128
4	Retour sur les résultats théoriques par des entretiens	133
4.1	Introduction	133
4.2	Présentation du pôle Minalogic	137
4.3	Méthodologie des entretiens	140
4.4	Analyse des informations et illustration des résultats	142
4.5	Discussion et conclusion	154
4.6	Annexes	155
5	Conclusion générale	171
	Bibliographie	175

Table des figures

2.1	Équilibre de Cournot-Nash	57
2.2	Zones de profit Π	59
2.3	Décisions d'investissement en R&D lorsque $\gamma > \bar{\gamma}$	64
2.4	Effet de μ sur les décisions d'investissements en R&D	65
2.5	Le surplus collectif	68
3.1	Écart de profit	124

Chapitre 0

Introduction générale

*After all, intellectual breakthroughs must cross hallways and streets
more easily than oceans and continents (Glaeser et al., 1992).*

Suite aux constats de recul de la compétitivité de l'industrie française et aux recommandations faites dans le rapport de la délégation de l'aménagement du territoire et de l'action régionale (Datar, 2004) ainsi que dans le rapport de Christian Blanc (2004), l'État français s'est engagé en 2004 dans une nouvelle politique industrielle basée sur les pôles de compétitivité. En effet ces études ont mis en évidence l'insuffisance de coopération entre les institutions qui structurent le système d'innovation français, notamment l'industrie et la recherche publique. De ce fait la politique des pôles de compétitivité, fondée sur le modèle des clusters et orientée vers les activités de recherche et développement (R&D) et d'innovation, vise à rapprocher les différents acteurs de ces institutions afin de favoriser un environnement innovateur. En initiant cette nouvelle politique, la France s'est inscrite dans le cadre de la stratégie de Lisbonne¹ adoptée en mars 2000 par l'Union européenne et dont l'objectif était de faire de l'économie européenne l'économie de connaissance la plus compétitive et la plus dynamique à l'horizon 2010. Depuis le lancement de cette politique, on dénombre 71 pôles de compétitivité répartis sur l'ensemble du territoire français et couvrant plusieurs domaines dont l'électronique, les technologies de l'information et de la communication, la santé, les énergies renouvelables, le transport, etc.

1. Notons qu'un bilan à mi-parcours de la stratégie de Lisbonne, début 2005, a montré un échec par rapport aux objectifs (Diact, 2009). Cependant la question de l'innovation reste centrale dans la politique industrielle européenne.

On définit un pôle de compétitivité comme le regroupement sur un même territoire des entreprises, des centres de formation et des unités de recherche d'un même secteur d'activité, afin de dégager des synergies et élaborer des projets collaboratifs innovants. Ainsi, la politique des pôles s'apparente à une approche territorialisée de la politique scientifique et de la politique industrielle avec l'ambition d'établir une proximité organisationnelle entre les acteurs ou institutions qui s'ignoraient mutuellement et/ou de renforcer des liens déjà établis entre eux. L'accent est donc mis sur le développement des projets de R&D collaboratifs. Ces projets bénéficient non seulement de financements publics dédiés mais aussi de moyens supplémentaires susceptibles de se transformer en actifs spécifiques, source de compétitivité locale (Diact, 2009; Mendez, 2008). L'objectif final est donc de renforcer la compétitivité des firmes et de développer la croissance et l'emploi sur des marchés porteurs grâce l'innovation technologique.

L'engouement général des États pour les clusters de R&D comme stratégie principale des politiques industrielles d'innovation se fonde essentiellement sur les bénéfices de l'agglomération et de la proximité des entreprises innovantes ainsi que sur les bienfaits de la coopération. En effet, on admet dans la littérature économique que les clusters confèrent un avantage compétitif local (Maskell et Malmerg, 1999). En particulier dans les industries innovantes, ils facilitent l'acquisition et le transfert de connaissances tacites (Audretsch et Feldman, 1996a; Acs *et al.*, 1994), le développement de la capacité d'absorption des connaissances (Cohen et Levinthal, 1989, 1990), le développement de réseaux denses (Saxenian, 1991) ainsi que le partage de lourds investissements que nécessitent souvent l'activité de recherche.

Cependant, même si les bénéfices des clusters de R&D sont généralement acceptés et partagés du point de vue normatif dans la littérature, il faut reconnaître que ces bénéfices ne sont pas systématiques, vue en particulier la complexité du dispositif des pôles de compétitivité. En effet, le pôle met en relation plusieurs acteurs soumis à des règles juridiques et fiscales différentes et dont les intérêts sont souvent de natures et d'horizons temporels très hétérogènes. Ce qui suscite des questions non seulement concernant l'efficacité du fonctionnement du dispositif mais aussi concernant l'effectivité des effets positifs attendus de ces dispositifs.

Pour ce qui concerne les effets attendus des pôles, on peut se poser la question de l'effet de la gouvernance des pôles sur la coordination des acteurs de

l'innovation locale de manière générale et sur la convergence des acteurs vers une vision commune au sein des pôles en particulier . On peut aussi se poser la question des effets des pôles sur le niveau d'implication des investissements privés (hors firmes) dans le processus de recherche et développement et de l'innovation. Enfin, on peut se poser la question des effets des pôles sur les incitations des firmes à la coproduction et à la diffusion des innovations ou des connaissances technologiques.

Dans cette thèse, nous nous intéressons exclusivement à la dernière question, c'est-à-dire la question des effets du dispositif des pôles sur les incitations des firmes à la coproduction et à la diffusion des nouvelles connaissances, notamment dans les industries de hautes technologies. Il s'agit donc de savoir ce que peuvent apporter les pôles de compétitivité dans la résolution du problème classique du sous-investissement en recherche et développement (Arrow, 1962), notamment dans les secteurs de hautes technologies.

Le traitement de cette question peut être abordé sous plusieurs angles. D'une part, on peut le faire au travers de l'analyse des impacts des financements et autres soutiens publics dédiés aux projets de R&D labellisés par les pôles. D'autre part, on peut le faire au travers de l'analyse des effets de l'accroissement de la circulation des informations entre les firmes engendré par la mise en place des pôles. Dans cette thèse, nous faisons le choix d'analyser les effets des pôles sur les incitations à innover sous l'aspect informationnel. En d'autres termes, quels sont les effets des pôles de compétitivité qui résultent de l'intensification des rencontres et des échanges d'informations entre les firmes ? Les effets informationnels nous renseignent-ils sur des mécanismes particuliers de l'action des pôles de compétitivité sur les firmes et leurs activités ?

Notre choix d'analyse, basé essentiellement sur les effets informationnels des pôles de compétitivité, est principalement motivé par l'importance que revêtent les externalités de connaissances pour les industries innovantes en général et pour les industries innovantes qui sont localisées au sein des clusters de R&D en particulier. En effet dans la littérature sur l'économie de l'innovation, par exemple Jaffe *et al.* (1993), Jaffe (1989), Almeida et Kogut (1999) et Audretsch et Feldman (2004), on établit que la localisation des externalités de connaissances constitue le principal enjeu de la localisation des activités d'innovation. La présence des clusters est donc censée renforcer la circulation d'informations

et de connaissances entre les firmes co-localisées sur un territoire.

Il est donc tout à fait pertinent de notre point de vue de nous focaliser sur cet aspect particulier de l'intensification des externalités de connaissance permise par les pôles de compétitivité dans l'évaluation de leurs impacts sur l'incitation à innover des firmes ainsi que sur leurs activités de manière plus générale.

Pour répondre à ces questions, l'analyse que nous développons se situe dans un cadre théorique de l'économie industrielle appliquée à l'innovation. Il s'agit donc d'une thèse d'économie appliquée dans laquelle nous utilisons des outils d'économie industrielle pour analyser et comprendre les mécanismes et les effets d'une politique publique en matière d'innovation industrielle. Pour ce faire nous développons et analysons, à partir de modèles fondés sur la théorie de jeux, les différentes prises de décision en matière d'investissement en R&D des principaux acteurs de l'innovation que sont les entreprises. Nous considérons pour cela différents cadres d'analyse caractérisés soit par des échanges d'informations formels ou informels entre entreprises innovantes situées au même niveau de la chaîne de production (coopération horizontale), soit par des échanges d'informations formels ou informels entre entreprises innovantes situées à des niveaux différents de la chaîne de production (relation verticale de type fournisseur-client).

Les résultats de ces analyses théoriques sont ensuite illustrés de la réalité du terrain au travers des entretiens réalisés auprès des acteurs d'un pôle de compétitivité, en l'occurrence le pôle Minalogic à Grenoble. Cette dernière analyse consistera à trouver des correspondances entre les résultats analytiques et le ressenti des acteurs sur le terrain.

La thèse est organisée en quatre chapitres dont une revue de littérature, deux contributions théoriques et un chapitre servant d'illustration et de discussion des résultats théoriques.

Le *premier chapitre* constitue une revue de littérature théorique sur les enjeux des clusters en général et des clusters d'innovation en particulier. L'objectif de ce chapitre est d'explicitier les différents éléments de théorie économique qui sous-tendent l'émergence des clusters de R&D aux travers des enjeux de l'innovation, de la localisation et de la coopération technologique. De ce fait, nous mobiliserons à la fois la littérature sur l'économie géographique et la littérature

sur l'économie de la recherche et de l'innovation. Enfin nous expliquons succinctement la politique des pôles telle qu'elle a été mise en oeuvre par les pouvoirs publics en France.

Le *deuxième chapitre* constitue la première contribution théorique de cette thèse. Nous analysons l'effet du dispositif des pôles de compétitivité sur les niveaux d'effort de R&D de firmes qui sont en coopération au stade de la R&D mais qui sont en compétition sur le marché de produit. Nous analysons ainsi l'effet des pôles sur la performance de la coopération en R&D. L'objectif général du chapitre est de comprendre l'intérêt particulier que peuvent avoir les firmes innovantes à coopérer au sein des pôles plutôt qu'en dehors des pôles. Pour ce faire, nous développons un modèle de jeu en deux étapes dans lequel les firmes coordonnent leurs décisions d'investissement en R&D à la première étape et choisissent individuellement à la deuxième étape leurs niveaux d'output à mettre sur le marché. Le modèle s'inspire de la contribution de d'Aspremont et Jacquemin (1988) et du prolongement proposé par Kamien et Zang (2000) sur le rôle des externalités de connaissance dans les relations de coopération en R&D. A la différence de ces travaux, notre modèle intègre la dimension localisée des externalités de connaissances. En effet, nous supposons que les firmes en coopération en R&D peuvent profiter aussi des externalités de connaissances en provenance d'autres firmes innovantes co-localisées avec qui elles ne coopèrent pas. L'analyse des effets des pôles de compétitivité se fera à travers l'effet de l'accroissement de ces externalités de connaissance hors coopération sur les niveaux d'effort de recherche des firmes en coopération.

Le *troisième chapitre* constitue la seconde contribution théorique de cette thèse. Nous analysons ici l'effet des pôles sur les incitations à innover des firmes qui sont en relation verticale de type fournisseur de technologie générique en amont et secteurs associés intégrateurs de cette technologie en aval. Tout comme dans le deuxième chapitre, les impacts des pôles sont analysés sous l'aspect informationnel. Pour ce faire, nous considérons que les firmes des secteurs aval disposent d'informations imparfaites sur la qualité ou la rentabilité de la technologie générique mais que cette incertitude technologique peut être réduite après la mise en place des pôles de compétitivité. Les pôles améliorent donc la probabilité qu'ont les firmes aval de recevoir des informations relatives à la technologie

innovante développée en amont. Nous limitons l'analyse à une seule relation verticale entre le secteur amont monopolisé par une firme et le secteur aval représenté par une seule firme.

Nous analysons l'effet de la création des pôles de compétitivité sur le comportement d'adoption de la technologie générique en aval et sur les incitations des firmes à innover dans le secteur générique et dans le secteur associé. Le modèle théorique développé dans ce chapitre est inspiré des travaux de Bresnahan et Trajtenberg (1995) et de la littérature sur l'adoption des technologies en présence d'incertitude notamment Jensen (1982) et de ses extensions dans McCardle (1985) et Jensen (1988). Les stratégies des firmes dans le jeu développées consistent à choisir les prix et les niveaux de qualité technologique des innovations amont et aval. Ce choix de modélisation nous permet d'analyser l'effet du gain d'information sur ces stratégies.

Enfin dans le *quatrième chapitre*, nous revenons sur nos résultats théoriques au travers des entretiens réalisés sur le terrain. L'idée ici est de trouver des illustrations ou des correspondances de nos résultats théoriques à travers la réalité du terrain telle qu'elle est ressentie par les acteurs des pôles. Pour le recueil d'informations, nous avons réalisé des entretiens avec des acteurs du pôle de compétitivité Minalogic qui est spécialisé dans les hautes technologies, notamment dans les micro-nanotechnologies et les logiciels embarqués sur puces. Nous avons donc interviewé à l'aide de guides d'entretiens le délégué général du pôle, le directeur général du groupe industriel STMicroelectronics spécialisé dans la fabrication des semi-conducteurs, le Directeur du site de Crolles (Isère) de ST-Microelectronics et enfin le directeur de la stratégie d'innovation du groupe industriel Schneider Electric spécialisé dans la gestion de l'énergie. De l'analyse des informations recueillies dans ces entretiens, il ressort une bonne correspondance avec les cadres d'analyse et les résultats théoriques des deux contributions de cette thèse. L'approche méthodologique adoptée dans ce dernier chapitre se veut être une approche complémentaire à l'approche empirique classique utilisant la modélisation économétrique.

La synthèse de nos résultats et/ou les implications et réflexions générales issues dans ces quatre chapitres sont exposées dans la conclusion générale de cette thèse.

Chapitre 1

Politique industrielle basée sur les clusters R&D.

Cas des pôles de compétitivité

1.1 Introduction

Le début des années 2000 est marqué par un ralentissement de l'économie française et une perte de compétitivité. En effet, l'industrie française est confrontée à une forte concurrence internationale : une concurrence par les prix dans les activités à forte intensité de main d'oeuvre mais aussi une forte concurrence dans les secteurs à forte intensité technologique. Ceci se traduit par des délocalisations des entreprises vers les pays à faibles coûts de production et par des pertes d'emploi dans le secteur industriel. Dans le même temps, l'industrie française fait aussi face aux mutations de l'organisation industrielle internationale. En effet, on assiste à l'émergence de nouvelles formes d'organisation industrielle fondées sur l'économie de la connaissance et l'innovation. C'est ainsi que la Datar¹ décrit l'environnement industriel des entreprises françaises dans son rapport de 2004 intitulé « *La France, puissance industrielle. Une politique industrielle par les territoires* ».

1. La Délégation à l'aménagement du territoire et de l'action régionale (Datar) a été créée en 1963 pour préparer et coordonner la mise en oeuvre des politiques d'aménagement du territoire. Elle est devenu depuis le 1er janvier 2006, la Délégation interministérielle à l'aménagement et à la compétitivité des territoires ou Diact (Diact, 2009).

Malgré ce constat peu optimiste, la Datar soutient que la France dispose encore d'un potentiel industriel suffisamment consistant à exploiter. Elle propose aux décideurs politiques d'initier une nouvelle politique industrielle basée sur les territoires. Cette politique consistera à mettre la recherche et l'innovation au service de la compétitivité industrielle. Elle devra aussi s'efforcer de réunir les conditions d'un mariage réussi entre innovation, recherche et industrie (Datar, 2004). La place importante accordée aux territoires se base sur l'idée qu'ils sont capables de faciliter le couplage innovation, recherche et industrie et de donner une plus forte compétitivité aux industries. Cet appel de la Datar en faveur d'une nouvelle politique industrielle basée sur les territoires a été renforcé par les conclusions du rapport de Christian Blanc (2004). Ainsi, la nouvelle politique industrielle baptisée politique de pôles de compétitivité (ou plus exactement clusters R&D français) a été lancée en 2004, avec pour objectif de développer la compétitivité des entreprises, l'emploi et la croissance afin d'accroître l'attractivité de l'industrie française à travers une visibilité internationale.

Notons que la nouvelle politique industrielle vient aussi en réponse à la stratégie dite de Lisbonne adoptée en 2000 par le Conseil européen et dont l'objectif est de faire de l'économie européenne, l'économie de la connaissance la plus compétitive et la plus dynamique à l'horizon 2010 (Rousseau et Mirabaud, 2008). C'est d'ailleurs dans ce cadre que plusieurs pays d'Europe ont porté une attention particulière au développement des clusters, faisant ainsi des clusters les pivots des stratégies des politiques industrielles en Europe et dans le reste du monde (Ketels, 2004). A titre d'exemples, on peut citer les clusters basques en Espagne (spécialisés en électroménagers, automobiles, etc.), les *Kompetenznetze* allemands (réseaux de compétences particulièrement actifs dans tous les secteurs de hautes technologies tels que les biotechnologies et nanotechnologies), la *Medicon Valley* (un modèle de réussite de coopération entre le Danemark et la Suède dans les biotechnologies et produits pharmaceutiques)², les districts technologiques italiens et le pôle de compétitivité *Minalogic* dans la région Rhône-Alpes en France.

Lors du lancement de la nouvelle politique industrielle, le pôle de compétitivité a été formellement défini comme :

2. Voir l'étude de Lartigue et Soulard (2008) qui fait une synthèse de clusters mondiaux.

La combinaison sur un territoire donné, de groupe d'entreprises, centres de formation et unités de recherche publiques ou privés engagés dans une démarche partenariale destinée à dégager des synergies autour de projets communs à caractère innovant (Marcon, 2008).

On comprend bien, à travers cette définition formelle, l'idée de base des pôles de compétitivité, celle de favoriser la coopération entre réseaux d'entreprises, compétences des territoires et innovation, pour créer un milieu innovateur, les projets R&D collaboratifs occupant une place centrale. On peut supposer que le dispositif des pôles de compétitivité, tel que défini s'inspire des concepts existants de *districts industriels*³, de *milieux innovateurs*⁴ et de modèle de la *triple hélice*⁵.

Notons que depuis l'échec de la doctrine de pôle de croissance de François Perroux (1957)⁶, les politiques d'aménagement des territoires définissent des objectifs à la fois de croissance des régions et de renforcement de l'équité ou de la cohésion territoriale⁷ (Markusen, 1995), l'objectif final étant d'éviter la concentration des activités sur quelques régions riches et d'aider des territoires en déclin.

3. Voir la section (1.3).

4. La notion de milieux innovateurs a été développée par le Groupe de Recherche Européen sur le Milieu Innovateur (GREMI). Le GREMI fait l'hypothèse que l'entreprise innovante ne préexiste pas aux milieux locaux, elle est secrétée par eux ; le milieu joue un rôle d'incubateur de l'innovation (Tabariés, 2005).

5. La théorie de la triple hélices décrit et formalise la dynamique des relations qui existent entre les trois sphères institutionnellement séparées que forment l'industrie, l'université (science) et les pouvoirs publics locaux (État). Elle prône que la dynamique industrielle doit se baser sur la relation industrie-science-État (Etzkowitz et Leydesdorff, 2000)

6. La théorie des pôles de croissance se résume dans cette phrase de l'auteur : « la croissance n'apparaît pas partout à la fois ; elle se manifeste en des points ou pôles de croissance, avec des intensités variables ; elle se répand par divers canaux et avec des effets terminaux variables pour l'ensemble de l'économie » (Perroux, 1957, p. 309). L'idée de Perroux est que le développement régional devait se réaliser au sein des pôles de croissance ou de développement pour leur effets d'entraînement. Les pôles de croissance s'appuient sur la concentration industrielle (notamment d'industries lourdes) et ont pour effet la structuration de l'activité économique, la croissance économique, l'emploi et l'attraction des populations (Plunket et Torre, 2009). De fait, la doctrine de Perroux était fondée sur un processus de diffusion d'un centre vers les périphéries. Elle a montré ses limites parce qu'elle a surestimé les effets d'entraînement des infrastructures physiques (grandes plates-formes) des régions riches vers les régions moins favorisées et aussi parce que pendant les crises économiques la croissance est difficilement transférable.

7. L'Union européenne, dans l'article 174 de son traité TFUE, a adopté le principe de cohésion territoriale qui complète la cohésion économique et sociale. La cohésion territoriale vise à réduire l'écart entre les niveaux de développement des diverses régions et le retard des régions les moins favorisées. Dans ce cadre, les états membres (autorités nationales, régionales et locales) mettent en oeuvre leurs propres politiques de réduction des inégalités dans leurs territoires respectifs. Le lecteur intéressé peut lire Davezies (2002) et Jouen (2008).

Mais avec la nouvelle politique industrielle basée sur les pôles de compétitivité, on encourage plutôt le regroupement d'activités, notamment de recherche et d'innovation, sur un territoire afin d'améliorer la productivité et la compétitivité des entreprises. On passe donc d'un objectif d'équité territoriale à un objectif d'efficacité économique (Duranton *et al.*, 2008), soutenu par des interventions publiques en matière de R&D au sein de ces structures collaboratives dynamiques. L'initiative des pôles de compétitivité suscite donc un réel débat autour de la question de l'arbitrage entre équité (ou cohésion) territoriale et efficacité économique⁸(Madiès et Prager, 2008).

Le discours politique du dispositif des pôles montre la volonté des décideurs publics de s'appuyer sur l'innovation pour créer de la croissance. De ce point de vue, il n'y a aucun doute concernant l'importance de l'innovation dans l'activité économique. L'innovation est d'ailleurs considérée à l'échelle de l'entreprise, comme le coût à payer pour rester sur le marché (Kline et Rosenberg, 1986) alors qu'on admet au niveau macroéconomique que l'innovation est le principal moteur de la croissance économique (Solow, 1956; Romer, 1986).

Mais, ce qui suscite de plus en plus un intérêt particulier dans les milieux scientifiques et académiques, c'est la tendance récente et générale à la polarisation des industries innovantes et de production de connaissances collaboratives à l'intérieur des espaces territoriaux. Pourquoi la dimension territoriale prend-elle une importance croissante dans les politiques publiques en matière d'innovation ? Les clusters d'innovation présentent-ils des avantages spécifiques ?

Pour nous, il est clair que les pôles de compétitivité peuvent être considérés comme le point de jonction entre la *recherche et développement*, la *coopération technologique* et la *localisation*. La mise en commun des bénéfices de chacun de ces trois éléments devra profiter aux différents acteurs de l'innovation et spécialement aux entreprises.

8. Les travaux sur le développement régional ont longtemps mis en évidence un conflit entre équité régionale (*i. e.* distribution plus égalitaire du revenu par tête entre les régions) et efficacité économique (*i. e.* accroissement de la production ou du revenu national) (Martin, 2008). L'idée est qu'il existe un *trade-off* entre équité et efficacité. Autrement dit le taux de croissance du revenu national diminue lorsque le niveau d'équité régionale dépasse un certain niveau socialement acceptable. Cependant, les travaux récents de Alexiadis et Eleftheriou (2011) sur les 51 états des États-Unis montrent que l'efficacité économique peut être simultanément atteinte avec un niveau faible d'inégalité inter-régionale. Les auteurs en déduisent qu'il y a une complémentarité entre l'équité et l'efficacité.

L'objectif de ce premier chapitre est d'analyser théoriquement dans un premier temps cette nouvelle politique industrielle au travers des enjeux économiques de l'innovation (section 1.2), de la localisation (section 1.3) et de la coopération technologique (section 1.4) qu'elle mobilise. Ensuite, nous revenons sur la mise en place du dispositif des pôles à proprement parlé dans la section (1.5) avant de terminer par des réflexions critiques dans la section discussion et conclusion (section 1.6).

1.2 Enjeux de l'innovation

1.2.1 Approche macroéconomique

Les travaux de Solow (1956) sur la croissance ont montré que, du fait des rendements décroissants du capital, l'accumulation du capital permet d'expliquer dans une certaine mesure le démarrage de la croissance, mais pas sa poursuite à long terme. Solow en conclut que le coeur de la croissance économique observée aux Etats-Unis entre les années 1909 et 1949 est exogène au système productif. Il montre que ce facteur résiduel exogène, qui explique environ 87,5% de la croissance de la productivité du travail, est le progrès technique, ou au sens large l'innovation (ou la connaissance)⁹. Le modèle de Solow, bien qu'ayant démontré que l'innovation est le moteur de croissance, n'explique pas son origine. Il a cependant ouvert la voie à de nombreux travaux sur l'identification des principales sources du progrès technique ; ce, *in fine* pour en déduire des actions de politique économique. L'ensemble de ces travaux a donné lieu, dans les années 1990, à des théories de la croissance endogène impulsées par les travaux de Romer (1986)¹⁰.

La croissance endogène suppose que la croissance perpétuelle est entretenue par les rendements d'échelle croissants dans le processus d'accumulation du capital et que le progrès technique est endogène. L'innovation est non seulement au coeur de la croissance, mais elle est surtout le produit de la sphère économique¹¹.

9. On doit à Arrow (1962) la définition, la plus utilisée en économie, de l'innovation : une innovation est une information ou une connaissance nouvelle.

10. Un autre courant théorique de croissance endogène, dit de croissance schumpetérienne, est porté par Aghion et Howitt (1992). Ici, les modèles construits se focalisent sur les fondements micro-économiques de la croissance. Pour eux, la croissance est le résultat d'un processus de destruction créatrice à travers l'investissement en R&D des firmes.

11. Voir aussi Encaoua *et al.* (2004).

Elle ne tombe pas du ciel mais renvoie à des ressources investies en capital physique (Romer, 1986), en capital public (Barro, 1990), en capital humain (Lucas, 1988) et en capital technique et R&D (Romer, 1990, 1994). Dès lors, les théories de la croissance endogène reconnaissent à la connaissance, un rôle essentiel dans la croissance économique, prenant en compte ses caractéristiques particulières (nature de bien public¹² de la connaissance).

L'accumulation de la connaissance suite aux investissements en R&D, en formation ou apprentissage, en infrastructures améliore l'efficacité du capital supplémentaire investi et génère encore un accroissement du niveau de connaissance et du progrès technique. La loi des rendements décroissants ne s'applique donc pas à la connaissance. L'innovation devient un facteur de production supplémentaire au niveau macroéconomique et suscite beaucoup d'intérêt tant au niveau des politiques que des scientifiques. Ainsi, les théories de la croissance endogène ont ouvert une nouvelle perspective pour l'analyse économique de l'innovation et de la connaissance.

Cependant, la théorie de la croissance endogène semble incompatible avec les hypothèses néoclassiques de concurrence pure et parfaite, à cause des rendements croissants. En effet, suivant le théorème d'Euler¹³, on sait qu'en présence de rendements d'échelle croissant, la rémunération des facteurs à leur productivité marginale excède le produit (le revenu)¹⁴. Par conséquent, pour qu'il y ait accroissement de la connaissance, il faut que l'accumulation de la connaissance soit incitée par un autre mécanisme de rémunération ; ce d'autant plus que la connaissance a un caractère de bien public, donc difficilement appropriable une fois produite (Arrow, 1962). En d'autres termes, la croissance endogène suppose qu'en dynamique, l'activité d'innovation génère inéluctablement une concurrence

12. On distingue deux types de bien public ; le bien public pur, i. e. non rival et non exclusif (exemple : connaissances de base issues de la recherche fondamentale) ; le bien public dit marchand, i. e. non rival et exclusif (exemple : connaissances résultant des innovations industrielles (Crampes et Encaoua, 2005)).

13. Mas-Colell *et al.* (1995).

14. En effet, la théorie néoclassique de Solow fait l'hypothèse de rendements d'échelle constants ; autrement dit, selon le théorème d'Euler, la rémunération des facteurs à leur productivité marginale épuise tout le produit ; soient $Y = f(K, L)$ le niveau de production et K et L respectivement les facteurs capital et travail. On a : $Y = \frac{df}{dK}K + \frac{df}{dL}L$. La production est intégralement répartie entre salaire et profit ; chose impossible en présence de rendements d'échelle croissants.

imparfaite dans la sphère privée¹⁵. En effet, la production délibérée de connaissances doit nécessairement procurer à l'entreprise innovante une rémunération exclusive (une rente), source de pouvoir de monopole.

Cette contradiction du point de vue néoclassique renvoie à la question de l'efficacité du marché comme mécanisme de coordination et à celle de la structure de marché la plus efficace en matière d'incitation à l'innovation. Ce qui nous amène à analyser l'approche micro-économique des enjeux de l'innovation.

1.2.2 Approche microéconomique

L'analyse micro-économique montre que les entreprises engagées dans la R&D innovantes sont principalement motivées par la rente de l'innovation, rente qui constitue par ailleurs une condition nécessaire. En effet, la rente permet à une firme innovante de couvrir ses investissements fixes (souvent irrécupérables) nécessaires à l'activité d'innovation. Elle représente la différence entre le coût marginal (qui est égal au prix sur un marché concurrentiel) et le prix de vente. Alors, l'innovation de produit (et même de procédé), de par la rente qu'elle procure à l'innovateur, est source de monopole.

La question qui s'impose alors est la suivante : pour inciter à l'innovation de produit, source de compétitivité industrielle et de croissance, faut-il laisser l'activité d'innovation aux seules entreprises en situation de monopole (ou d'oligopole) ou plutôt favoriser la concurrence parfaite au nom de l'efficacité économique (au sens néoclassique) en faveur des consommateurs et de l'intérêt collectif ?

Sur la relation structure de marché et incitation à innover, l'une des thèses les plus connues est celle de Joseph Schumpeter. Schumpeter (1942) défendait l'idée que les grandes entreprises et souvent les monopoles étaient « le moteur principal du progrès technique ». Pour lui, du fait du pouvoir de marché des monopoles, ceux-ci étaient mieux placés que les entreprises d'un marché concurrentiel pour investir en R&D¹⁶. Schumpeter qualifiait alors les monopoles de "mal nécessaire"

15. On parle d'efficacité dynamique de la concurrence imparfaite et d'efficacité statique assurée par la concurrence parfaite.

16. La prédiction de Schumpeter en faveur de relations positives entre taille de l'entreprise, pouvoir de marché et progrès économique serait justifiée par le fait que les entreprises plus grandes et plus puissantes ont une grande capacité à s'approprier les bénéfices de l'innovation, à générer des marges pour autofinancer l'activité d'innovation, à supporter les risques (ce qui rassure les structures privées de financement de l'innovation), à bénéficier d'économie d'échelle

pour assurer l'efficacité dynamique du système économique. A l'inverse de l'hypothèse schumpetérienne, les partisans de la concurrence affirment que le marché concurrentiel permet de discipliner les firmes, favorise une plus grande diversité des approches technologiques et favorise la diffusion des innovations en maintenant la pression sur les prix des nouveaux produits (Guellec, 2009). Depuis lors, la « conjecture de Schumpeter¹⁷ » a été affinée par certains économistes, dont les plus importantes contributions théoriques sont celles de Arrow (1962), Gilbert et Newbery (1982) et Boone (2000).

Ainsi, dans l'analyse de la relation entre structure de marché monopolistique et incitation à innover, on fait une distinction entre un monopole dont le pouvoir de marché est durable du fait de fortes barrières à l'accès au marché et celui dont le pouvoir de marché est plus fragile et contestable par des concurrents entrants potentiels.

Les résultats montrent deux effets de sens contraire expliquant le comportement du monopole (ou firme installée)¹⁸ :

- (i) *L'effet de remplacement*, mis en évidence par Arrow (1962). Il montre que dans le cas d'innovation de procédé, l'incitation à innover d'un monopole (non soumis à une entrée potentielle) est plus faible que celle d'une entreprise concurrentielle. En effet, en innovant, le monopole se remplace lui-même en s'assurant un différentiel de gain ($\Delta\pi^m$) plus faible que celui d'une entreprise concurrente ($\Delta\pi^c$) qui passerait d'un gain nul à un gain positif. On a $\Delta\pi^m \leq \Delta\pi^c$.

- (ii) *L'effet d'efficacité*, mis en évidence par Gilbert et Newbery (1982) dans le cadre d'un modèle déterministe d'enchère. Le monopole est sous la menace d'un entrant concurrent potentiel. La firme qui exprime une forte disponibilité à investir acquiert l'exclusivité de l'innovation et en exploite les bénéfices. Si c'est l'entrant, alors il entre en concurrence duopolistique avec le titulaire et réalise un profit de duopole $\pi_e^d = \Delta\pi_e$. Au contraire si c'est le monopole qui investit, il

et d'effets de gamme dans le processus d'innovation, etc. Certains travaux empiriques comme Acs et Audretsch (1987), Acs et Audretsch (1988a) et Acs et Audretsch (1988b) ont analysé la relation entre taille des entreprises et innovation. Ils montrent d'une part, que les firmes de grande taille ont un avantage en termes d'innovation et d'autre part, que les petites firmes peuvent avoir un avantage surtout dans des industries très innovantes.

17. Cette expression fut employée par Tirole et Guesnerie (1985) et Tirole (1988) pour ne pas qualifier la conception de Schumpeter de « théorie ».

18. Voir Tirole et Guesnerie (1985) et Tirole (1988) pour des présentations complètes.

restera en monopole ; dans ce cas, son incitation à innover ($\Delta\pi^{t/e}$) sera égale, par définition, à la différence entre son profit s'il détient l'innovation (π^m) et son profit de duopole si c'est son rival qui acquiert l'innovation (π_t^d), i. e. $\Delta\pi^{t/e} = \pi^m - \pi_t^d$. Les résultats montrent que $\Delta\pi^{t/e} \geq \Delta\pi_e$ (condition connue sous le nom d'effet d'efficacité). Autrement dit, le monopole a plus d'incitation à innover et à rester en monopole que l'entrant à devenir duopoleur. Cet effet d'efficacité expliquerait dans une certaine mesure le persistance du monopole (Crampes et Encaoua, 2005).

Les deux effets se superposent dans une course aux brevets, il est alors difficile de déterminer l'effet dominant qui dépend de la nature de l'innovation :

Si l'innovation est drastique, l'effet de remplacement l'emporte puisque l'effet d'efficacité ne départage pas les deux firmes.

Si l'innovation est non drastique, les deux effets sont en compétition et l'effet d'efficacité peut l'emporter surtout si l'innovation est très mineure.

Dans tous les cas, ces résultats théoriques invalident la position de Schumpeter et montrent que la concurrence est de manière générale favorable aux incitations à l'innovation. On doit tout de même les relativiser, car les études empiriques sur la relation innovation-concurrence sur le marché des produits et services restent complexes et imprécises. De plus, certaines études comme celle de Boone (2000) montrent théoriquement qu'au delà d'un certain seuil, l'effet de la pression de la concurrence sur l'incitation peut être négatif. Selon Crampes et Encaoua (2005), ce résultat est confirmé par des études empiriques.

L'innovation, qu'elle soit favorisée par la concurrence ou non, n'interviendra que si elle procure une rente exclusive, donc si l'innovateur est protégé d'une certaine forme de concurrence. Du point de vue économique, la protection des résultats des activités de R&D se justifie à cause de la nature de bien public de l'innovation (externalités de connaissance), des effets de l'imitation et des coûts fixes importants. La présence d'externalités de connaissance rend difficile et même impossible une coordination socialement efficace de la production de l'innovation (Arrow, 1962). Les entreprises sous-investissent en R&D occasionnant un progrès technique socialement sous-optimal. Il faut donc du point de vue du planificateur social trouver des moyens adéquats pour assurer l'appropriation

des résultats de l'activité d'innovation par l'innovateur lui-même.

C'est ce qui caractérise l'essentiel des enjeux des politiques publiques en matière d'innovation, c'est-à-dire celui d'inciter à la fois à une production socialement efficace de l'innovation et profitable à l'innovateur. On recense en général deux mécanismes d'incitation : premièrement, la recherche publique (à travers les laboratoires et organismes publics de recherche, les subventions à des programmes communs) et deuxièmement, les droits de propriété privée créant un droit d'exploitation exclusif et monopolistique (brevets, licence, droits d'auteurs). Il existe aussi un autre mécanisme, à mi-chemin des deux premiers : il s'agit des institutions autorisant une collaboration limitée (les organismes de standardisation, Joint-ventures, alliances)¹⁹.

En dehors de ces instruments d'incitation qu'on peut qualifier de traditionnels, une nouvelle forme d'incitation à l'innovation et donc à la croissance économique, prend forme dans les paysages industriels des économies. En effet, on constate que les activités d'innovation revêtent de plus en plus un autre caractère, celui de la concentration géographique ou de la localisation ; si la théorie économique offre des arguments généraux à *la* Marshall (1920), Porter (1990), ou à *la* Krugman (1991b) sur la concentration des activités économiques dans l'espace, pour ce qui est du cas des industries innovantes, les ingrédients essentiels sont le « partage des indivisibilités » et l'existence « d'externalités de connaissance » (*cf.* section 1.3).

On comprend d'ores et déjà que la localisation des activités de production de connaissances représente un enjeu important pour l'incitation à l'innovation et pour la croissance économique. Plusieurs travaux dans la littérature économique, comme Martin et Ottaviano (1999) et Martin (1999), établissent un lien étroit entre localisation des activités et croissance. Pour Glaeser *et al.* (1992) et Riou (2003), les formes d'organisation industrielle localisées apparaissent comme une source de croissance économique et expliquent les inégalités régionales de la croissance.

Pour conclure cette section, notons que l'enjeu de l'innovation c'est la croissance économique. Pour y parvenir, il faut à la fois renforcer le financement de la recherche publique et inciter les acteurs privés de l'innovation à investir en

19. Crampes et Encaoua (2005)

R&D, source de compétitivité des entreprises. Au niveau de la sphère privée, cela peut se faire par la mise en place des moyens exclusifs d'appropriation des résultats de recherche mais aussi par le financement de la recherche privée. C'est dans ce sens que des institutions particulières de financement (fonds publics²⁰, capital-risques, *business angels*, marchés financiers spécialisés) se sont constitués afin de pallier à l'absence de financement de la part des institutions classiques (banques). A priori, le dispositif de pôle de compétitivité devra favoriser un écosystème financier, favorable à l'innovation et à la croissance.

1.3 Enjeux de la localisation de l'innovation

1.3.1 Arguments généraux

En initiant les politiques de clusters de R&D ou des pôles de compétitivité en France, les décideurs politiques se sont inscrits dans un objectif global de "favoriser la croissance par l'innovation, mais en adoptant une approche territoriale". En effet, selon Diact (2009), l'approche par les territoires en matière d'innovation est jugée plus efficace en raison de la nature même des activités de R&D : les activités innovantes sont spatialement très concentrées comparées aux activités de production, renforçant de ce fait les réseaux de production et d'échange de connaissances.

En fait, la concentration des activités industrielles dans l'espace n'est pas un phénomène nouveau. L'origine remonte aux observations d'Alfred Marshall à la fin du 19ème siècle. Marshall observe en Angleterre une forme d'organisation industrielle localisée, composée d'un nombre important de petites entreprises participant à la production d'un même bien, chacune étant spécialisée dans un segment de production (Courlet, 2002). La coordination entre ces entreprises est assurée à la fois par le marché (concurrence) et par la coopération et la réciprocité.

L'intuition de Marshall face à ce mode particulier d'organisation industrielle aussi efficace que le modèle fordiste prédominant, est qu'il existe des « économies externes » liées à la concentration et à la proximité de ces entreprises. Marshall

20. Le soutien public à R&D se fait en général sous deux formes : directe et indirecte. Les instruments de soutien direct prennent la forme de contrats de R&D, de subventions et de prêts tandis que les instruments dits indirects renvoient aux crédits d'impôts recherche et aux déductions fiscales.

qualifiera ce mode d'organisation de « district industriel », terme qui sera repris et vulgarisé un siècle plus tard par des économistes italiens, tel que Becattini (1991). Les économies externes marshalliennes, premières explications des causes de la localisation industrielle, indiquent qu'il existe des gains à la concentration des activités sur un espace donné. L'économiste François Perroux (1957) s'en inspire pour développer sa théorie des pôles de croissance, théorie qui a servi de fondement à la politique française de développement régional durant les trente glorieuses (1945-1973).

Marshall identifie trois sources d'externalités d'agglomération²¹ : marché local de compétences spécialisées, équipements spécifiques locaux, réseau d'interactions directes et de flux d'informations. Pour Duranton et Puga (2004), ces économies externes sont sous-tendues théoriquement par trois mécanismes, l'appariement, le partage et l'apprentissage. En effet, un marché local plus important améliore la qualité ou la probabilité du processus d'appariement entre offreurs et demandeurs de travail, acheteurs et fournisseurs. Il permet aussi un partage plus efficace des équipements, des risques et des gains de la spécialisation. Enfin il facilite l'apprentissage à travers la production, la diffusion et l'accumulation de nouvelles connaissances technologiques.

Notons qu'il a fallu attendre Krugman en 1991 pour fournir un corps théorique et cohérent aux intuitions d'Alfred Marshall. Aujourd'hui, la littérature économique se réfère à ce corpus théorique fondateur de ce qu'on appelle la « nouvelle économie géographique » initiée par Krugman, pour justifier les phénomènes d'agglomération des activités économiques en général et ceux des industries innovantes en particulier. Dans ce dernier cas, on parlera plutôt d'économie géographique de l'innovation.

Dans cette section, nous présentons dans un premier temps et de manière générale le résultat de l'analyse de Krugman (1991b); ensuite nous discutons spécifiquement des enjeux de la localisation des activités d'innovation dont les éléments essentiels sont les externalités de connaissances et le partage d'indivisibilité (ou de coûts). Mais avant, il nous paraît important de donner un contenu

21. Les économistes urbains distinguent deux types d'externalités d'agglomération : les *externalités d'urbanisation* qui renvoient à la simple co-localisation des entreprises sur un même site, sans que leurs activités soient reliées et les *externalités de localisation* qui sont réservées aux entreprises dont l'activité est similaire ou complémentaire (Belleflamme *et al.*, 2000). Selon cette typologie, les externalités de Marshall sont des externalités de localisation.

clair au concept de « cluster » qui sert de référence organisationnelle à la politique des pôles de compétitivité.

1.3.1.1 Cluster et avantage concurrentiel local

On note que le concept de cluster est indissociable de la « théorie de l'avantage concurrentiel » développée dans les années 1990 par Michael Porter, pour expliquer entre autres le succès de la *Silicon Valley* aux États-Unis. Porter définit alors les clusters de la manière suivante :

Clusters are geographic concentrations of interconnected companies, specialized suppliers, services providers, firm in related industries, and associated institutions (e.g., universities, standard agencies, trade associations) in a particular field that compete but also cooperate (Porter, 2000).

Pour lui, le cluster est un cadre conceptuel permettant de comprendre les moteurs de la compétitivité économique des régions et des nations. Par la proximité, l'intensification des interactions entre acteurs qu'il permet, le cluster représente une source d'avantage concurrentiel local pour les entreprises. Les déterminants de cet avantage concurrentiel sont modélisés par les quatre dimensions de ce que Porter appelle « diamant concurrentiel » (Porter, 2000). Ce sont : les ressources (*factors conditions*), la demande (*demand conditions*), les industries partenaires (*related and supporting industries*) et l'environnement stratégique et concurrentiel (*context for firm, strategy and rivalry*). Plus les interactions sont intenses, la demande exigeante et la concurrence vigoureuse, plus la qualité des ressources et des industries partenaires est élevée, et plus la compétitivité locale du cluster se renforce.

Les interactions et la compétitivité sont donc au centre de la théorie des clusters et de leur dynamique. En effet, selon Porter (1998), les clusters influencent la compétitivité des entreprises de trois manières : ils accroissent leur productivité en leur donnant un accès plus facile au marché du travail, à des informations spécialisés et à des complémentarités (entre inputs, coordination des activités, etc.), ils jouent un rôle vital dans l'amélioration de leur capacité à innover et enfin, les clusters stimulent la formation de nouvelles entreprises.

Avec le succès que connaît le concept de cluster le terme compétitivité des territoires est devenu un maître mot des politiques publiques (Madiès et Prager,

2008). Le concept s'est même imposé comme un acteur pivot des stratégies de développement et de politique d'innovation dans le monde.

Cependant, pour de nombreux scientifiques, le concept de cluster reste vague. Martin et Sunley (2003), par exemple, dénombrent au moins dix définitions différentes du concept avec des définitions différentes de périmètre géographique. Selon eux, le succès de la notion de cluster repose essentiellement sur ce caractère délibérément vague du concept de départ et de ses déclinaisons.

Après cette brève présentation du concept de cluster, nous abordons maintenant les arguments généraux de la théorie économique justifiant la localisation des activités économique, c'est-à-dire la présence de rendements croissants et de coûts de transport (Krugman, 1991b).

1.3.1.2 Rendements croissants et coûts de transport

Les théories de la localisation spatiale des facteurs de production ou de l'économie géographique trouvent leur fondement dans les travaux de Krugman (1991b). Elles utilisent souvent des modèles de concurrence monopolistique développés en économie industrielle par Dixit et Stiglitz (1977) permettant d'introduire le rôle des rendements croissants internes aux firmes et la préférence des agents pour la variété (Arthur, 1990; Fujita et Thisse, 1997; Riou, 2003)²². Elles visent à déterminer les arbitrages entre les forces de concentration et de dispersion et les localisations qui en résultent en fonction des rendements croissants, du niveau des coûts de transport et du degré de concurrence sur le marché. Les rendements croissants s'expliquent d'une part par la présence d'économies internes (indivisibilités de production dues à l'existence de coûts fixes, meilleure efficacité productive des facteurs, expérience acquise), et d'autre part par la présence d'économies externes d'agglomération marshalliennes.

Les travaux de Krugman, à l'instar des modèles théoriques de localisation, mettent l'accent sur les externalités pécuniaires²³ plutôt que sur de pures exter-

22. L'article de Fujita et Thisse (1997) est une excellente revue de littérature théorique sur la nouvelle économie géographique.

23. En effet, depuis Scitovsky (1954), on distingue deux types d'externalités : les externalités pécuniaires (qui renvoient aux bénéfices des interactions économiques qui se concrétisent au travers des mécanismes habituels du marché, *i.e* au travers du prix) et les externalités technologiques (qui traitent des effets d'interaction qui se produisent en dehors des marchés et affectent

nalités positives de technologie (Krugman, 1991b).

Dans son modèle, Krugman (1991b) considère une économie à deux régions et deux secteurs d'activités : le secteur agricole et le secteur industriel. L'agriculture, activité de type traditionnel, possède des rendements constants ; la population paysanne est totalement immobile et répartie également dans les deux régions. En revanche, l'industrie possède des rendements croissants et fabrique un bien différencié en un grand nombre de variétés. Chaque variété est produite par une seule firme. L'activité industrielle peut être localisée dans chacune des régions, et les travailleurs peuvent migrer d'une région à l'autre.

Krugman fait deux hypothèses sur la structure des coûts de transport entre les deux régions, : (1) le bien agricole est échangé sans coût de transport ; ce qui garantit un prix homogène dans les deux régions. A l'inverse, (2) la transaction de bien manufacturés entre les régions engendre des coûts de transport de la forme de l'*iceberg* de Samuelson (*i. e.* les coûts de transport sont inclus dans le bien transporté) ; autrement dit, pour chaque unité de bien manufacturé transportée d'une région à l'autre, seule une fraction $\tau < 1$ arrive à destination ; τ prend la forme de l'indice inverse des coûts de transport. De la valeur de τ , dépendra l'effet du coût de transport sur le choix de localisation des activités industrielles, toutes choses égales par ailleurs.

Les mécanismes du modèle de Krugman définissent des forces d'agglomération et des forces de dispersion²⁴ qui façonnent l'équilibre de localisation de long terme du secteur industriel (Riou, 2003). L'ampleur de ces forces dépend de la valeur du coût de transport ; par exemple, si une entreprise décide de se localiser dans une seule des régions, elle devra en particulier satisfaire une partie de la demande dans l'autre région et donc subir des coûts de transports ; pour éviter ces coûts (qui peuvent être importants), elle peut décider de s'installer dans les deux régions. Ainsi, de faibles coûts de transport favorisent la concentration des activités dans une seule région. De plus, les firmes ont intérêt à se localiser aux endroits où il existe des marchés de taille importante pour exploiter les rendements croissants, tout comme il est optimal pour les consommateurs de migrer vers la région produisant le plus grand nombre de variétés. La conjugaison de ces deux forces peut

directement les utilités des consommateurs ou les fonctions de production des entreprises).

24. On parle de forces centripètes pour l'agglomération et de forces centrifuges pour la dispersion ; voir Riou (2003) pour une présentation explicite de ces deux forces.

conduire à deux types d'équilibres : un équilibre symétrique avec une répartition égale des activités industrielles dans les deux régions d'une part, ou un équilibre centre-périphérie où tout est concentré dans une seule région, d'autre part. L'agglomération est d'autant plus probable qu'il existe des rendements croissants et de faibles coût de transport, toutes choses égales par ailleurs.

L'existence de rendements croissants est essentielle pour expliquer la polarisation d'activités économiques sur un site (Arthur, 1989). Bresnahan *et al.* (2001) expliquent en effet que les rendements croissants sont liés au mécanisme par lequel la croissance régionale guidée par l'entrepreneuriat décolle et devient un levier du développement national. On identifie, cependant, dans la littérature d'autres sources d'agglomération telles que la recherche de rente, les facteurs naturels (Rosenthal et Strange, 2004), l'esprit d'entreprise, la culture et les réseaux, la dépendance de sentier et le phénomène d'enfermement (Krugman, 1991a; Cortright, 2006).

Le modèle de Krugman (1991b) a été critiqué pour son caractère statique. Il met simplement en évidence qu'une perturbation initiale ou un « accident historique » peut, sous certaines conditions de faibles coûts de transport et de rendements croissants, amener à un processus endogène d'agglomération.

Abordons maintenant les arguments spécifiques à l'agglomération des industries innovantes.

1.3.2 Arguments spécifiques aux secteurs innovants

1.3.2.1 Externalités de connaissances

La théorie de l'innovation montre que l'allocation des ressources par le marché pour la production d'innovation est socialement sous-optimale (Arrow, 1962). Les raisons fondamentales qui expliquent cette distorsion sociale sont l'incertitude intrinsèque liée à l'activité d'innovation et la nature de bien public de la connaissance produite. Comme nous l'avons souligné précédemment, les externalités de connaissance engendrées sont une source de rendements croissants et d'appropriation imparfaite des bénéfices de l'innovation ; les théories de la croissance, Romer (1986) et Lucas (1988), s'appuient largement sur ces propriétés de la connaissance pour justifier la non-convexité des fonctions de production de

l'activité économique et la croissance auto-entretenu. Comme l'avait déjà fait remarquer Marshall (1920), les externalités de connaissance sont aussi une source d'agglomération.

On distingue souvent deux sortes de connaissance : la connaissance dite codifiée et la connaissance dite tacite. Le transfert des connaissances de nature tacite repose essentiellement sur des interactions face à face et des contacts répétés. Ces connaissances non standardisées sont jugées très utiles dans le processus d'innovation et justifient par ailleurs l'existence et la promotion des clusters R&D (Torre, 2008). La différence essentielle entre information standardisée et connaissances tacites est que le coût marginal de transmission de l'information est rendu invariant grâce à la révolution des télécommunications pendant que le coût marginal de transmission des connaissances tacites diminue avec les interactions sociales et les échanges entre agents colocalisés (Audretsch et Feldman, 2004). Le caractère localisé des externalités de connaissances résulte donc de la dimension tacite de la connaissance (Almeida et Kogut, 1999). On comprend bien que les entreprises proches géographiquement ont plus de chance d'échanger des connaissances.

Les externalités de connaissances, notamment de nature tacite, constituent donc un enjeu, voire le principal enjeu de la localisation des industries innovantes sur un territoire donné. Elles justifient le fait que la polarisation des activités innovantes présentent des spécificités par rapport à la polarisation des activités de production industrielles. En effet, la dimension tacite des connaissances semble freiner la transmission des savoirs et favoriser la polarisation des activités innovantes (Madiès et Prager, 2008). Dès lors, on se demande si les externalités de connaissances sont limitées dans l'espace et par quels mécanismes elles se transmettent ?

En général, les travaux en économie de l'innovation se basent sur l'estimation de la fonction de production de connaissance proposée par Griliches (1979) appliquée à des unités d'observation locales, pour estimer l'étendue des externalités de connaissances (Audretsch et Feldman, 2004). Supposons par exemple la fonction de production d'innovation I_i suivante :

$$I_i = \alpha(E_i)^{\beta_1}(R_i)^{\beta_2}(R_i^*)^{\beta_3}\epsilon_i$$

avec E_i une variable caractéristique des firmes ou des industries ou d'un pays, R_i les inputs de R&D interne et R_i^* le stock de recherche externe et qui participe à l'accroissement de I_i . Cette fonction exprime le fait que le résultat de l'activité d'innovation dépend des inputs de l'innovation²⁵. L'élasticité de l'innovation β_3 à une évolution du stock de recherche externe R_i^* mesure les effets des externalités de connaissances.

Jaffe (1989) utilise cette fonction de production de connaissance agrégée au niveau des États américains pour explorer l'existence des externalités de connaissance de la recherche universitaire vers les entreprises, ainsi que de leur étendue dans l'espace ; il estime la fonction :

$$P_{ik} = \alpha(R\&D_{ik})^{\beta_1}(U_{ik})^{\beta_2}(U_{ik} * C_{ik})^{\beta_3}\epsilon_i$$

avec P les brevets privés (un *proxy* de l'innovation), $R\&D$ les dépenses R&D privées, U les dépenses de recherche universitaire et C la coïncidence²⁶ géographique entre laboratoires de recherche privée et universitaires à l'intérieur de l'État ; (i) est l'État (l'unité géographique), (k) le secteur industriel et (ϵ) une perturbation aléatoire. Les résultats des estimations montrent que les élasticités β_1 , β_2 et β_3 sont toutes de signe significativement positif. Ceci signifie que les connaissances universitaires débordent et parviennent à d'autres agents économiques et aux laboratoires de recherche privées et que ces externalités sont localisées. L'auteur montre par ailleurs que l'État qui améliore son système de recherche universitaire incitera indirectement à l'innovation locale par le biais des dépenses privées en R&D. Ces résultats ont été confirmés par les travaux de Acs *et al.* (1992) et de Audretsch et Vivarelli (1994). Par ailleurs, Audretsch et Vivarelli (1994) précisent que les externalités de connaissances issues des universités voisines sont plus importantes pour les petites firmes que pour les grandes firmes.

Dans le même objectif de mesurer la dimension locale des externalités, Jaffe, Trajtenberg et Henderson (1993) adoptent une méthode différente de celle de

25. Audretsch et Feldman (2004) font remarquer que les estimations empiriques de la fonction de production sont très robustes au niveau agrégé tel que les pays, les industries et moins robustes au niveau micro-économique tel que l'entreprise.

26. L'indice de coïncidence géographique C prend la forme d'un coefficient de corrélation (Jaffe, 1989, p. 959).

Jaffe (1989). Ils considèrent que les externalités de connaissances laissent des traces sous forme de citations de brevets. En effet, pour les auteurs, les citations de brevets contenues dans un nouveau brevet constituent un stock de connaissances préalables permettant d'identifier, au moins partiellement, la trajectoire de diffusion des innovations ainsi que leur caractère géographique (Francois, 2001). Plus spécifiquement, Jaffe, Trajtenberg et Henderson (1993) comparent des probabilités de citation de brevets à partir de deux échantillons : citations de brevets et brevets de contrôle. A chaque brevet citant un brevet d'origine, ils associent aléatoirement un brevet de contrôle du même domaine technologique mais qui ne cite pas le même brevet d'origine. Les auteurs testent ensuite deux hypothèses, nulle et alternative, suivantes :

$$H_0 : P_{cit} = P_{cont}$$

$$H_1 : P_{cit} > P_{cont}$$

avec P_{cit} la probabilité que le brevet qui fait la citation soit localisé au même endroit que le brevet d'origine et P_{cont} la probabilité que le brevet de contrôle soit localisé au même endroit que le brevet d'origine (Francois, 2001). Les résultats montrent que les citations sont beaucoup plus localisées que les brevets de contrôle ; autrement dit, la probabilité que les brevets cités et les brevets qui les citent soit colocalisés est plus forte que la probabilité que les brevets cités et les brevets de contrôle soit colocalisés. Les auteurs en déduisent que les externalités de connaissance sont géographiquement contraintes.

Ce résultat est conforté par ceux de Almeida et Kogut (1999) qui ont testé les hypothèses de Jaffe *et al.* (1993) dans le secteur des semi-conducteurs. Par ailleurs, Almeida et Kogut (1999) se sont interrogés aussi sur la nature des canaux de transmission de la connaissance ; ils montrent que les travailleurs, notamment le réseau d'ingénieurs sont les vecteurs de transfert de connaissances à travers leur mobilité inter-firmes.

Plusieurs autres études confirment le rôle important des externalités technologiques dans la localisation des industries innovantes. Audretsch et Feldman (1996b) montrent, par exemple, que les activités d'innovation ont tendance à se localiser dans les industries à forte propension de production de nouvelles

connaissances (ces nouvelles connaissances étant capturées par la R&D industrielles, la R&D universitaires, compétences). Audretsch et Feldman (1996a) montrent cependant que cet effet de polarisation est surtout marqué pendant les premières phases du cycle de vie industrielle, les effets de congestion pouvant apparaître durant les phases de maturité et de déclin.

Les externalités de connaissances sont donc essentielles dans la justification des politiques des clusters d'innovation. En effet, la localisation et la proximité permettent de réduire l'incertitude inhérente à l'activité d'innovation, mais permettent aussi d'améliorer la capacité des firmes à échanger des informations de nature tacite et la capacité d'absorption des firmes (Cohen et Levinthal, 1989, 1990). Les externalités de connaissance poussent alors les centres de recherche et laboratoires privés ou publiques à se regrouper ; l'effet boule de neige qui en découle peut être suffisamment fort pour inciter les plus réfractaires à se joindre au groupe (Crampes et Encaoua, 2005).

En plus de ces externalités de connaissances qui engendrent des gains directs, la localisation des activités innovantes s'explique aussi par des gains indirects provenant du partage de coûts fixes ou partage des indivisibilités.

1.3.2.2 Partage des indivisibilités

L'activité de recherche nécessite souvent de lourds investissements pour les expérimentations (tels que les salles blanches dans les nanotechnologies), des infrastructures de transport ou d'énergie, et des inputs extérieurs (institutions de soutien à l'innovation, connaissances universitaires, services spécialisés, etc.). La localisation de ces infrastructures sur certains sites incite à la polarisation des industries innovantes.

Feldman (1994) regroupe sous le terme « infrastructure technologique » cet ensemble intégré et spatialement concentré de réseaux d'institutions complémentaires et de ressources qui procurent des inputs nécessaires au processus d'innovation²⁷. Cet ensemble indivisible et coûteux est un élément essentiel justifiant le développement des clusters d'innovation. Ottaviano (2008) et Riou (2003) montrent que l'amélioration des infrastructures génère des externalités et

27. Dans ce sens, un cluster R&D représente dans son ensemble une infrastructure technologique.

affecte la distribution géographique des activités économiques. Les firmes innovantes ont tendance à s'agglomérer là où il y a des ressources indispensables à l'innovation notamment les ressources à coûts fixes importants (Feldman, 1994; Feldman et Florida, 1994). Cela s'explique par le fait que la proximité des universités et des organismes bancaires et financiers favorisent l'accès à la main d'oeuvre qualifiée et au financement à un coût raisonnable pour l'entreprise innovante (Crampes et Encaoua, 2005). De ce fait, on comprend que des infrastructures technologiques bien développées profitent plus aux petites entreprises innovantes qui sont caractérisées par de faibles ressources propres car elles renforcent leur capacité d'innovation. Par conséquent, la localisation est particulièrement bénéfique aux petites entreprises (Feldman, 1994).

Les plateformes technologiques sont un parfait exemple d'invisibilité en Europe. Elles regroupent des infrastructures et équipements mutualisés de R&D et d'innovation destinés à offrir des services ou ressources (prestations, location d'équipements, etc.). Elles sont ouvertes aux acteurs des clusters d'innovation, notamment aux entreprises et en particulier aux petites et moyennes entreprises. Elles permettent à une communauté d'utilisateurs d'effectuer des travaux de R&D collaboratifs, des tests, des mises en production de pré-séries. En France, le financement des plateformes d'innovation répond à un appel d'offre de projets structurants ; il est tout de même réglementé par la commission européenne au titre d'activités non économiques²⁸.

Le partage des indivisibilités favorise la localisation des activités d'innovation mais peut être sujet à des effets négatifs. On a d'une part les effets de congestion (saturation des voies de transport, sur-utilisation des équipements, défaut d'approvisionnement en énergie, etc.) et d'autre part les effets de concurrence, surtout dans le recrutement de chercheurs avec un risque de "hold-up" (risque de voir les investissements en recherche partir avec leurs bénéficiaires à l'occasion de la surenchère sur les salaires et les conditions de travail). Ces effets seront d'autant plus forts qu'il s'agit de regroupement d'activités inventives relatives à un même secteur d'activité²⁹ (Crampes et Encaoua, 2005).

28. Cf. décision 2006/C 323/01 relatif à l'encadrement communautaire des aides d'État à la recherche, au développement et à l'innovation.

29. Il y a une discussion intéressante dans la littérature économique sur les avantages de la spécialisation ou la diversification des activités de recherche au sein des clusters d'innovation, voir Feldman et Audretsch (1999), Cortright (2006) et Beaudry et Schiffauerova (2009). Pour les

En conclusion, dans cette section nous avons mis en évidence les enjeux de la localisation des industries innovantes, universités et compétences locales au sein des structures collaboratives de production de connaissance. En effet, en dehors des arguments traditionnels de rendements croissants et de réduction des coûts de transaction, le dispositif des pôles vise à faciliter le partage des externalités de connaissances et le partage des indivisibilités et des coûts d'infrastructures, souvent inaccessibles aux entreprises les plus faibles.

1.4 Enjeux de la coopération technologique

1.4.1 Éléments théoriques

Les effets de la concurrence pour l'innovation ont été étudiés par Dasgupta et Stiglitz (1980), Loury (1979) et Lee et Wilde (1979). Les modèles développés³⁰ montrent que la concurrence que se livrent les firmes pour innover conduit à la fois à un sur-investissement en R&D par rapport à ce qu'il serait collectivement optimale de réaliser et à une dissipation de la rente de l'innovation³¹. Cela s'explique par le fait que chaque firme, cherchant à s'approprier en premier l'innovation, ignore en fait que l'accroissement de son effort de recherche affecte négativement les chances de découverte de ses concurrents ; par conséquent, si les firmes décident de coordonner leurs niveaux d'investissements (solution socialement optimale), elles vont éliminer ces externalités stratégiques, évitant *de facto* la duplication de l'effort de recherche.

On pourrait conclure que la coopération, en éliminant les externalités inhérentes à la concurrence pour l'innovation, permet d'atteindre le niveau d'effort de recherche à l'optimum social. Mais cette conclusion serait imparfaite car les modèles développés n'intègrent pas les externalités de connaissance, éléments

adeptes de la spécialisation, Marshall, Arrow et Romer, le regroupement d'industries innovantes d'un même secteur permet de raffiner la connaissance de manière cumulative. Les défenseurs de la diversification soutiennent plutôt que la diversité est source de succès, d'interaction, de création de nouvelles connaissances et de nouvelles industries.

30. Dasgupta et Stiglitz (1980) développent un modèle déterministe d'enchère de type *concours* tandis que Loury (1979) et Lee et Wilde (1980) utilisent un modèle stochastique de course au brevet de type *tournoi*.

31. L'article de Crampes et Encaoua (2005) présente une synthèse très pédagogique et simplifiée de ces modèles. D'autres travaux comme Reinganum (1989) font un tour d'horizon de la littérature en intégrant les aspects dynamiques.

particulièrement importants dans les industries innovantes. En effet, lorsqu'une partie des résultats de recherche d'une firme peut être capturée par les autres firmes concurrentes, on s'attend à ce que les firmes qui font de la R&D non coopérative soient moins incitées à innover. De ce fait, la prise en compte des externalités de connaissance dans les activités de R&D va faire de la coopération en R&D un objet de nombreuses études et surtout un outil stratégique des politiques de l'innovation.

En effet, la coopération entre acteurs s'inscrit non seulement dans une logique d'organisation des transactions entre contractants, à la Coase (1937), mais aussi dans une logique stratégique, *i. e.* de complémentarité ou d'interdépendance technologique, autour de l'activité d'innovation (Matt, 2000)³². La coopération en R&D émerge depuis plus de deux décennies dans le secteur technologique comme l'un des modes les plus utilisés de coordination des acteurs. L'une des plus importantes contributions à la littérature théorique sur la coopération en R&D est celle de d'Aspremont et Jacquemin (1988).

Dans leur modèle théorique, d'Aspremont et Jacquemin (1988) analysent les effets des accords de coopération en R&D sur les incitations privées à investir, sur les quantités de produits mis sur le marché final et sur le bien-être social en présence d'externalités de connaissance. Ils considèrent une industrie avec deux firmes qui font de l'innovation de procédé. Elles produisent sur le marché final un bien homogène et font face à une demande totale (inverse) de la forme $p = a - bQ$, où $Q = q_1 + q_2$ est la somme des quantités individuelles. Chaque firme i est caractérisée par un coût marginal de production de la forme :

$$c_i(x_i, x_j) = A - x_i - \beta x_j; \quad i = 1, 2; \quad i \neq j$$

où x_i est le niveau d'investissement en R&D de la firme i et β le niveau d'externalités de connaissance ou de spillovers ; le paramètre β indique que chaque firme profite indirectement de l'effort de recherche de sa concurrente. Les auteurs posent les restrictions suivantes : $0 < A < a$, $0 < \beta < 1$, $x_i + \beta x_j \leq A$ et $Q \leq a/b$. Le coût fixe de recherche pour la firme i est donné par $\frac{1}{2}\gamma x_i^2$ traduisant l'existence de rendements décroissants de l'effort de recherche.

32. Matt (2000) montre par ailleurs que la coopération en R&D peut servir de prétexte à des firmes similaires pour vendre sur le marché une quantité restreinte de produit à un prix élevé, surtout lorsque le flux d'information entre elles est très faible.

Les stratégies d'une firme consistent à choisir son niveau d'effort de recherche et sa quantité du bien à mettre sur le marché. Le modèle est construit sous forme d'un jeu à deux étapes où la coopération en R&D précède l'étape de production. Les auteurs comparent les stratégies d'équilibre des trois cas de figures suivants : les firmes se font concurrence en R&D, elles coopèrent en R&D, et elles coopèrent à la fois en R&D et en produit. Ils montrent qu'en présence d'un taux élevé de spillovers ($\beta > 0.5$), les firmes gagnent plus à former une structure coopérative au stade de la R&D qu'à se faire concurrence. En effet, l'internalisation des spillovers élève leurs niveaux d'efforts de R&D, réduit les coûts, augmente les niveaux de production et fait baisser les prix. La coopération accroît le profit des producteurs, mais également le bien-être des consommateurs, et donc le bien-être social, à condition qu'il n'y ait pas de comportement collusif au niveau de la production.

Depuis ces résultats des travaux de d'Aspremont et Jacquemin (1988, 1990)³³ sur les bénéfices à coopérer en R&D en présence d'externalités de connaissance et ceux de ses nombreuses extensions dans la littérature économique³⁴, la coopération en R&D est considérée par les théoriciens économistes et par les praticiens industriels comme un moyen efficace de stimuler l'innovation³⁵, la compétitivité des entreprises et la croissance économique. En effet, la coopération permet aux entreprises non seulement d'internaliser les spillovers, mais aussi de profiter de nouveaux marchés, d'exploiter les complémentarités, de définir des standards communs, de partager les coûts fixes de recherche et de minimiser

33. Henriques (1990) montre que le modèle de d'Aspremont et Jacquemin (1988) peut poser des problèmes de stabilité des équilibres pour certains valeurs des paramètres; Amir (2000) compare le modèle de d'Aspremont et Jacquemin (1988) et celui de Kamien, Zang et Muller (1992) et soutient que les propriétés du modèle de Kamien, Zang et Muller semblent plus pertinentes que celles du modèle de d'Aspremont et Jacquemin.

34. Voir par exemple Marjit (1991), Kamien *et al.* (1992), Combs (1992), Motta (1992), Vonortas (1994), De Bondt (1997), Amir et Wooders (1998), Amir (2000), Kamien et Zang (2000) et Miyagiwa et Ohno (2002).

35. Cette interprétation doit être relativisée car les choix coopératifs ne sont pas toujours stables. Kogut (1988) montre que 20% des alliances disparaissent au bout 5 à 6 ans après leur formation tandis que Cabon-Dhersin (2007) soutient que plus de la moitié des accords de coopérations sont voués à l'échec. Cela s'explique par le fait que les spillovers et l'incomplétude des contrats peuvent toujours susciter des comportements opportunistes et mettre à l'épreuve la stabilité des accords de R&D (Boivin et Vencatachellum, 1998; Cabon-Dhersin, 2007). Pour Kogut (1989), les liens construits sur les expériences historiques et les échanges d'informations technologiques entre deux firmes favorisent la stabilité de la coopération en R&D et la réciprocité.

les risques liés à l'activité de R&D. Fort de cela, bien que la politique de la concurrence européenne condamne la coopération entre les entreprises sur le marché, elle encourage les ententes horizontales au stade de la R&D ou stade pré-concurrentiel dans les secteurs industriels à fortes retombées technologiques tout en s'engageant à lutter contre les ententes illégales visant à restreindre la concurrence (Cabon-Dhersin, 2007).

1.4.2 Programmes de soutien à la coopération

La politique antitrust européenne veille à ce que les entreprises respectent les règles du jeu de la concurrence et à permettre l'ouverture à la concurrence des secteurs monopolistiques³⁶. Pour ce faire, elle utilise comme instruments l'interdiction et la sanction des ententes anticoncurrentielles³⁷, l'interdiction et la sanction des abus de position dominante³⁸, le contrôle des concentrations³⁹, le contrôle de la conformité des aides des États avec les règles de l'Union⁴⁰. Malgré cette réglementation, la coopération en R&D entre firmes concurrentes bénéficie d'une exemption. Les conditions de cette exemption sont définies par le règlement 1217/2010⁴¹ relatif à l'application de l'article 101 du Traité sur le fonctionnement de l'Union européenne (TFUE). Non seulement la Commission européenne autorise de façon dérogatoire les accords de coopération en R&D, mais aussi elle les encourage. Ainsi, plusieurs programmes européens de soutien

36. Cf. Articles 90-1 et 2 du Traité CE. Il s'agit d'accompagner la libéralisation des secteurs monopolistiques nationaux.

37. Cf. Article 81 du Traité de Rome. Il interdit les ententes anticoncurrentielles non bénéfiques aux consommateurs, i.e. tous les accords explicites ou implicites entre entreprises susceptibles d'induire des effets restrictifs de concurrence tel que les ententes verticales ou horizontales sur les prix, les quantités, la répartition de marchés, etc.

38. Cf. Article 82 du Traité de Rome. L'article condamne les abus de position dominante, i.e. les pratiques unilatérales par lesquelles des entreprises profitent de leur pouvoir de marché au détriment des consommateurs et de concurrents plus faibles.

39. Le premier règlement sur le contrôle de la concentration fut adopté en 1989, modernisé en 1990 et remplacé depuis le 20 janvier 2004 par le règlement 139/2004. Le contrôle des opérations de concentrations concerne les fusions, acquisitions et les prises de contrôle totales ou partielles. Il est soumis à des critères de chiffre d'affaire seuil des entreprises.

40. Cf. Articles 87, 88 et 89 du Traité CE. Ils encadrent les aides d'État, établissent les conditions de leur compatibilité avec le Traité communautaire et en fixent le cadre procédural. Les aides d'État sont en principe interdites sauf si elles répondent à un objectif d'intérêt commun dont les bénéfices collectifs sont plus importants que l'impact sur la concurrence et répondent donc à un souci d'efficacité économique.

41. Le règlement d'exemption est rentré en vigueur le 1er janvier 2011 et expire le 31 décembre 2022.

financier à la coopération ont vu le jour, dont les plus importants sont le PCRD et le CIP.

Le Programme cadre de recherche et de développement (PCRD)⁴² est l'un des principaux instruments communautaires de financement de la recherche et de l'innovation. Le premier a été lancé en 1984. Le septième du genre, qui s'inscrit dans la continuité des précédents, est en cours avec un budget global de plus de 50,5 milliards d'euros pour la période 2007-2013.

Le PCRD identifie la coopération comme l'un de ses objectifs spécifiques et structurants de l'effort de recherche européen. Le programme spécifique "Coopération"⁴³ est financé à hauteur de près de 60% du budget du PCRD. Il vise principalement à renforcer, via les projets collaboratifs, la coopération entre les différents acteurs du monde de la recherche (entre universités, industries, centres de recherche et pouvoirs publics) afin de donner des applications concrètes aux technologies et connaissances pour la société européenne dans neuf domaines spécifiques. Ce sont l'alimentation, l'agriculture et la biotechnologie, les hautes technologies (les nanosciences, les nanotechnologies, les matériaux et les nouvelles technologies de production), les technologies de l'information et de la communication, l'environnement, les sciences socio-économiques et humaines, les transports et l'énergie et la sécurité et l'espace. La mise en oeuvre de la recherche collaborative dans tous ces domaines implique indéniablement le renforcement de la coordination au niveau de la diffusion des connaissances et du transfert des résultats de la recherche.

Le Programme cadre pour l'innovation et la compétitivité (CIP)⁴⁴ se conjugue parfaitement avec le 7ème PCRD. Il encourage et facilite la participation des petites et moyennes entreprises au PCRD par l'intermédiaire de ses services ; les actions de ces deux programmes sont ainsi mises en oeuvre de manière parallèle et mutuelle. Notons qu'en plus de soutenir majoritairement les actions favorables à la compétitivité et la capacité des PME, le CIP soutient aussi la coopération entre

42. Cf. la décision No. 1982/2006/CE du parlement européen et Conseil du 18 décembre 2006 relatif au 7ème PCRD (2007-2013) parue au J.O. L412 du 30.12.2006 et voir http://cordis.europa.eu/fp7/understand_fr.html

43. Cf. la décision No. 2006/971/CE relative au programme spécifique Coopération du 19 décembre 2006 mettant oeuvre le 7ème PCRD (2007-2013) parue au J.O. L400 du 30.12.2006 et voir http://ec.europa.eu/cip/index_fr.htm.

44. Cf. la décision No. 1639/2006/CE du parlement européen et du Conseil (2007-2013) parue au J.O. L412 du 30.12.2006.

différents programmes nationaux et régionaux de promotion de l'innovation dans les entreprises. Il offre ainsi aux entreprises des moyens additionnels de bénéficier des idées, du savoir-faire et des opportunités de marché dans d'autres régions européennes. Le budget du CIP est de 3,621 milliards d'euros pour toute la durée du programme (2007-2013). Ce programme facilite ainsi l'accès au financement pour les entreprises dont les activités portent sur l'innovation, la recherche et le développement.

D'autres initiatives et programmes européens de moins grande importance financière tels que EUREKA et EUROSTARS⁴⁵ soutiennent aussi la coopération en R&D à travers le financement de projets de recherche collaborative des entreprises innovantes à fort potentiel de croissance. L'initiative intergouvernementale EUREKA soutient à la fois les grandes entreprises et les PME tandis que le programme EUROSTARS soutient uniquement les PME. Le financement de EUREKA est variable selon les pays ; en France il peut couvrir un maximum de 50% des dépenses R&D. Quant au programme EUROSTARS, le budget s'élève à 400 millions d'euros pour la période 2007-2013. D'autres fonds de nature structurelle tels que le Fonds européen de développement régional (FEDER)⁴⁶ encouragent l'établissement et le développement de la coopération transnationale autour de l'innovation.

En conclusion, les enjeux de la coopération technologique rejoignent les enjeux de la localisation des activités innovantes et ceux de l'innovation au travers non seulement du partage de connaissances, de savoir-faire et d'infrastructures locales mais aussi au travers du partage d'un accès plus facile au financement public de l'innovation. Les politiques publiques en matière d'innovation, dont les leviers essentiels sont d'améliorer la disponibilité des compétences de qualité et de faciliter la mobilisation des fonds de soutien aux activités d'innovation des entreprises, trouvent au travers des clusters d'innovation un facteur catalyseur. En effet, les politiques industrielles basées sur les clusters R&D de manière générale ou sur les pôles de compétitivité de manière spécifique, sont conçues dans l'esprit d'inciter les entreprises à générer l'innovation, source de croissance économique, en s'appuyant sur les bénéfices potentiels de la localisation et de la coopération

45. Voir <http://www.eurekanetwork.org/> et <http://www.eurostars-eureka.eu/>

46. Cf. le règlement No. 1080/2006/CE du Parlement européen et du Conseil du 5 juillet 2006 relatif au Fonds européen de développement régional, paru dans le J.O. L210 du 31.07.2006. et voir <http://europa.eu/>

technologique.

Dans la section suivante, nous décrirons en particulier le dispositif des pôles de compétitivité ainsi que les différents soutiens publics dont il bénéficie pour favoriser la coopération en R&D, l'innovation et la croissance.

1.5 Politique des pôles de compétitivité

1.5.1 Lancement et sélection

Le lancement et la mise en place du dispositif des pôles de compétitivité⁴⁷ a été le résultat de la mise en oeuvre des recommandations d'une série d'études dont les principales sont celles de la Datar (2004) et de Christian Blanc (2004)⁴⁸. Ces deux rapports font référence aux travaux de Porter sur les clusters.

La Datar, dans son rapport, apporte un éclairage sur l'évolution de l'économie française depuis les années 1980 (Diat, 2009). Elle aborde clairement dans un premier temps les réels problèmes de l'industrie française (baisse de 1,5 millions d'emplois depuis 1978, délocalisation, dés-industrialisation, perte de compétitivité, etc.) sans toutefois tomber dans le pessimisme qui prévalait dans les années 2000. En effet, la Datar estime que l'importance du potentiel de l'économie française peut justifier la mise en place d'une nouvelle politique industrielle basée sur le modèle de cluster à la Porter mais orientée sur les activités de R&D au niveau des territoires.

Tout comme le rapport Datar, le rapport de Christian Blanc met tout d'abord en évidence les points faibles de l'économie française (faible interaction entre les acteurs de l'innovation c'est-à-dire grandes entreprises, organismes de recherche et d'enseignement, organisation trop cloisonnée et trop verticale) avant de proposer lui aussi la constitution de clusters R&D, tissés autour d'acteurs locaux forts (Diat, 2009). En effet, pour Christian Blanc, l'échelle la plus pertinente

47. Pour plus d'informations voir le site officiel de la politique des pôles : <http://competitivite.gouv.fr/> ou le site <http://www.territoires.gouv.fr/>.

48. Christian Blanc (2004) : *Pour un écosystème de la croissance*, Rapport au Premier ministre, Assemblée nationale. Christian Blanc était député des Yvelines et chargé par le Premier ministre d'une mission sur les pôles de compétitivité. Il y a eu aussi le rapport Beffa (2005) intitulé *Pour une nouvelle politique industrielle* ; ce rapport préconise la relance de la politique industrielle en France et encourage l'innovation et l'efficacité de la R&D des entreprises.

pour développer et inscrire territorialement des collaborations entre ces différents acteurs serait la région.

Ainsi, parallèlement à la stratégie de Lisbonne 2000, la politique des pôles de compétitivité a été lancée officiellement par le Gouvernement lors du Comité interministériel de l'aménagement du développement du territoire (Ciadt)⁴⁹ du 14 septembre 2004 (Houel et Daunis, 2009). La politique des pôles est destinée à rapprocher sur un même **territoire**, des **entreprises** de toutes tailles, des unités de **recherche** publique (universités, laboratoires) ou privée, des centres de **formation** d'un même secteur d'activité, dans une démarche partenariale afin de dégager des synergies et élaborer des **projets innovants**. Elle a été inspirée par l'observation des effets d'agglomération, de mise en réseaux des entreprises et de bonne coopération entre compétences. Le rapprochement des acteurs industriels, scientifiques et de la formation d'un même territoire constitue en effet une source d'innovation, d'attractivité et de frein à la délocalisation. La politique des pôles ambitionne ainsi de « renforcer le potentiel industriel français, créer les conditions favorables à des nouvelles activités à forte **visibilité** internationale et ainsi améliorer l'**attractivité** des territoires et lutter contre les délocalisations »⁵⁰.

Suite au premier appel à projets national destiné à identifier les pôles éligibles⁵¹ au dispositif, plus d'une centaine de dossiers de candidature a été déposé dont 67 ont été labellisés lors du Ciadt du 12 juillet 2005. Après plusieurs fusions de pôles et de nouvelles labéllisations lors des Ciact du 6 mars 2006 et du 5 juillet 2007, on compte depuis décembre 2008, 71 pôles de compétitivité⁵². La période 2006-2008 a constitué la phase de formalisation et de structuration de la politique des pôles de compétitivité (Houel et Daunis, 2009).

Les pôles de compétitivité ont été repartis en trois catégories en fonction de leur rayonnement potentiel : les pôles mondiaux (7), les pôles à vocation mondiale

49. Le Ciadt a été remplacé en 2005 par le Comité interministériel de l'aménagement et de compétitivité des territoires ou Ciact (Diact, 2009).

50. Voir le dossier de presse du Ciadt de septembre 2004 (<http://www.territoires.gouv.fr/>).

51. L'appel à projet indique 4 critères pour être labellisé ; ces quatre critères représentent la clé du succès du pôle, ce sont : (i) une stratégie de développement économique cohérente avec le plan de développement du territoire, (ii) une visibilité internationale suffisante sur les plans industriel et technologique, (iii) un partenariat avec un acteur et un mode de gouvernance structuré et opérationnel assurant des synergies en matière de R&D et de formation, (iv) une capacité à créer des richesses nouvelles à forte valeur ajoutée (Diact, 2009).

52. Voir la carte des pôles de compétitivité en Annexe 1.

(10) et les pôles nationaux (54). Ils sont implantés sur l'ensemble des régions du territoire français métropolitain et couvrent une diversité des secteurs d'activité allant des domaines à faible intensité technologique aux domaines à forte intensité technologique. On compte aussi, de manière plus restreinte, des secteurs tels que le secteur maritime, cosmétique, finance et commerce, textile, sports et la filière équine (Diact, 2009).

1.5.2 Organisation et actions stratégiques

Chaque pôle a une organisation propre, le plus souvent, une association selon la loi de 1901. La présidence est assurée par un acteur privé ; il existe un contrat cadre qui régit les relations entre le pôle, l'État et les collectivités territoriales. Le pôle est composé d'acteurs industriels, académiques et des collectivités locales. Les pôles comptent en général entre 100 à 200 membres, voire plus de 200 à 500 pour certains pôles mondiaux (exemple : Minalogic, Aerospace Valley) ou à vocation mondiale (exemple : Cap Digital). Dans la majorité des cas, le nombre d'entreprises est élevé comparé aux autres membres, avec un nombre de plus en plus croissant de PME. En effet, l'intégration des PME au sein des pôles reste un défi majeur de la politique des pôles. La Diact (2009) indique que le nombre de PME était de 5.545 en 2007 contre 997 pour les grandes entreprises pour l'ensemble des pôles.

Les structures de gouvernance des pôles sont en général de trois types : un conseil d'administration représentatif de l'ensemble des acteurs, un bureau exécutif ou cellule d'animation qui se charge de pilotage stratégique et opérationnel et un groupe technique ou comité de labélisation assurant l'expertise et la sélection de projets R&D collaboratifs (Diact, 2009).

Les pôles de compétitivité sont considérés comme des vecteurs de projets collaboratifs. Ainsi, les projets R&D sont au coeur de leurs activités. En plus des projets de R&D, les pôles initient des projets structurants (projets de plateformes d'innovation) et des projets hors R&D. Ces derniers types de projet (les projets d'investissement immobiliers, de veille et intelligence économique) sont un complément nécessaire aux pôles pour renforcer la compétitivité des entreprises et le développement économique des territoires hôtes.

Les actions des pôles consistent, entre autres, à définir une stratégie,

faire émerger des projets collaboratifs, gérer les compétences, promouvoir le développement du pôle à l'international.

Chaque pôle doit ainsi définir une stratégie commune de développement en parfaite cohérence avec la stratégie globale du territoire hôte. Pour ce qui concerne l'émergence des projets de R&D, notons que chaque pôle a sa méthode. En règle générale les pôles initient de manière périodique, des activités favorisant des échanges formels ou informels d'informations et de connaissance pouvant aboutir à des initiatives communes. On peut citer, entre autres, des foires à recherche ou des ateliers d'innovation (Minalogic, Techtera), des appels à projets internes aux pôles (Axelera), des journées collaboratives (Lyonbiopole). On note que plus de 4000 projets de R&D collaboratifs ont été labellisés depuis la mise en place du dispositif des pôles de compétitivité (Diact, 2009).

Enfin, les pôles de compétitivité proposent souvent de nombreux services à leurs adhérents permettant à ceux-ci de renforcer leurs coopérations R&D et d'acquérir des outils indispensables à leur compétitivité. Il s'agit par exemple d'actions de formation, de services de promotion et de valorisation des petites entreprises, services de gestion des compétences (mise en place de plateformes mutualisées dédiées à la gestion des compétences, des cartographies des compétences). Les pôles développent aussi des actions de promotion à l'international à travers des manifestations internationales (salons) et des partenariats avec des clusters étrangers.

1.5.3 Suivi, soutien public et évaluation

L'État joue un rôle central dans la politique des pôles, tant au niveau du suivi de la structuration et du fonctionnement que de l'accompagnement financier des pôles.

Au niveau du suivi du fonctionnement des pôles de compétitivité, l'État intervient à travers le groupe de travail interministériel (GTI) dont l'animation est assurée conjointement par la Diact et le Ministère de l'économie, des finances et de l'emploi. Un correspondant GTI a été désigné pour chaque pôle et sert d'intermédiaire entre les différents ministères, les organes du GTI et le pôle. Le GTI a pour mission de coordonner l'action de l'État auprès des pôles par l'aide à la structuration, la mise en oeuvre des engagements publics financiers auprès

des pôles, la diffusion des informations de bonnes pratiques, la promotion d'un environnement global favorable à l'innovation des entreprises (Diact, 2009).

Au niveau de l'accompagnement financier, les pôles bénéficient de soutiens provenant à la fois des fonds publics dédiés aux pôles (Fonds unique interministériel ou FUI), des agences de l'État (ANR, OSEO) et des collectivités territoriales.

Le Fonds unique interministériel (FUI) a été créé depuis le lancement de la politique des pôles pour susciter et stimuler les meilleurs projets collaboratifs de R&D. Il est logé au sein du fonds de compétitivité des entreprises (FCE) de la Direction générale de la compétitivité, de l'industrie et des services (DGCIS, ex-DGE) du ministère de l'économie, de l'industrie et de l'emploi. Il concentre l'ensemble des crédits d'innovation des principaux ministères contributeurs (ministères chargés de l'industrie, de la défense, de l'équipement, de l'agriculture, de la santé, et de l'aménagement du territoire). La gestion de ce fonds a été confié à OSEO à partir de janvier 2010. Les projets susceptibles d'être financés par le FUI sont retenus à l'issu d'appels à projets⁵³, à raison de deux par an. Le fonds est destiné de manière général à soutenir la recherche appliquée pour aider au développement de nouveaux produits et services susceptibles d'être mis sur le marché à court et moyen terme. Il est affecté au financement partiel des structures de gouvernance (crédits d'animation) et au financement des projets de R&D et des projets structurants (crédits d'intervention).

Pour être éligibles, les projets de R&D doivent être collaboratifs (*i.e.* impliquer au moins deux entreprises et un laboratoire ou organisme de recherche public, ou un organisme de formation) et être préalablement sélectionnés par au moins un pôle. Les critères⁵⁴ de sélection des projets sont entre autres, le contenu technologique innovant, la qualité du partenariat, les retombées en matière de création de valeur, d'activités et d'emplois, les perspectives commerciales (marchés visés), le caractère incitatif de l'aide (justification de l'intervention publique), les aspects stratégiques et structurants du projet au regard des objectifs du pôle, la complémentarité avec d'autres projets sélectionnés par le

53. Le 14^{ème} appel à projets de R&D des pôles, dans le cadre du Fonds unique ministériel a pris fin le 27 avril 2012 à 12 heures. La liste des projets sélectionnés sera publiée fin juillet 2012.

54. Pour plus de détails, voir le cahier des charges des différentes appels à projets sur <http://competitivite.gouv.fr/>.

pôle et faisant l'objet de soutiens publics.

Depuis 2005, les appels à projets du fonds unique interministériel ont permis de soutenir 1096 projets de R&D, entraînant un montant global de dépenses en R&D d'environ 5 milliards d'euros, 2,1 milliards de financement publics dont 1,3 Milliard d'euros par l'État (FUI), ce qui a mobilisé environ 15.000 chercheurs⁵⁵. Les fonds publics sont octroyés principalement sous forme de subventions des projets et sous forme d'exonérations fiscales⁵⁶ sur des postes de chercheurs pour les entreprises.

Le financement public des pôles de compétitivité implique aussi divers partenaires et agences de l'État telles que l'agence nationale de la recherche (ANR), l'OSEO Innovation et la Caisse des Dépôts et de Consignations (CDC)⁵⁷. L'ANR vise à soutenir des projets à forte composante de recherche en amont. Dans le cadre de la politique des pôles, elle accorde un complément de financement pour les projets des pôles sélectionnés dans le cadre de ses appels à projets. L'OSEO Innovation, spécialisé dans l'appui aux PME, intervient en faveur des PME dont les projets s'inscrivent dans les axes de recherche de pôles de compétitivité. La CDC intervient dans le financement en fonds propres des entreprises membres du pôle et dans le soutien des projets des plates-formes technologiques (exemple : Bâtiments de haute technologie du pôle Minalogic). Selon Diact (2009), l'ANR et l'OSEO Innovation ont soutenu les projets des pôles en moyenne respectivement à hauteur de 190 millions d'euros et 80 millions d'euros par an durant la première phase de la politique des pôles. En dehors des financements de l'État et des collectivités locales, le développement des pôles de compétitivité bénéficie aussi de soutiens européens dans le cadre de la stratégie de Lisbonne, au travers des programmes cadres tels que le 7ème PCRD, le CIP et des initiatives telles que EUREKA et FEDER.

La première phase de la politique des pôles de compétitivité (2006-2008) a été

55. Pour les détails, voir <http://competitivite.gouv.fr/>

56. La base législative de ces exonérations fiscales est définie par l'article 24 de la loi de finance pour 2005. Pour bénéficier des exonérations, l'entreprise doit répondre aux deux conditions suivantes : (i) elle doit être implantée dans les zones de R&D d'un pôle définies par décret en Conseil d'État. Notons qu'une zone R&D est définie pour chaque pôle et ouvre droit à des financements complémentaires pour les entreprises. Elle a pour but d'encourager la concentration des activités de R&D et est censé constitué un élément décisif du succès des pôles. (ii) L'entreprise doit être impliquée dans un projet R&D collaboratif agréé par les services de l'État.

57. Voir <http://competitivite.gouv.fr/>

évaluée entre novembre 2007 et juin 2008 par un Groupe d'experts internationaux (Cabinet Boston Consulting Group et CM international)⁵⁸, sous maîtrise d'ouvrage de la Diact. Cette évaluation a porté à la fois sur l'analyse de l'efficacité du dispositif de soutien public aux pôles de compétitivité et sur l'examen de l'organisation et des actions de chacun des 71 pôles. Les résultats et analyses de cette évaluation montrent que l'activité des pôles a été globalement positive. Par exemple, le FUI a été jugé bénéfique puisqu'il a permis un accroissement du nombre de projets collaboratifs ; selon les évaluateurs, beaucoup de projets n'auraient pas eu lieu sans l'existence de ce fonds ; ce fond apparaît comme un facteur d'attraction des entreprises au sein des pôles (Diact, 2009). Les conclusions recommandent donc à l'État, entre autres, le maintien des grands principes du dispositif des pôles de compétitivité, la consolidation et la poursuite de la dynamique positive de coopération suscitée par les pôles de compétitivité. L'État doit aussi intégrer davantage la politique des pôles de compétitivité dans l'ensemble des politiques de recherche et d'appui à l'innovation. Il ressort néanmoins que seulement 39 pôles ont atteint les objectifs de la politique des pôles de compétitivité, 19 pôles partiellement et que les 13 autres doivent être reconfigurés en profondeur.

Fort de ces résultats, l'État a décidé de pérenniser la politique des pôles pour une nouvelle période triennale 2009-2012. Cette deuxième phase, dite phase de maturation, est dénommée « Pôle de compétitivité 2.0 » (Chabault et Perret, 2011). L'État a décidé, avec l'aide des collectivités territoriales, d'accompagner cette nouvelle phase mais en articulant son soutien autour de trois axes majeurs : le renforcement de l'animation et du pilotage stratégique des pôles à travers une feuille de route stratégique et des contrats de performance, le soutien de la mutualisation des moyens à travers les plateformes d'innovation, le développement de l'écosystème de croissance et d'innovation de chaque pôle (*i.e.* mise en synergie du pôle avec l'ensemble des politiques et des acteurs de l'innovation au plan local et national, attirer des financements privés, etc.). En effet, si les financements publics des pôles sont abondants, les financements privés sont quasi inexistantes. La phase 2.0 des pôles ambitionne donc d'attirer vers l'écosystème de financement (majoritairement public), des investisseurs de capital risque et

58. Voir le rapport de synthèse BCG et CM international (2008) : *Évaluation des pôles de compétitivité. Synthèse des rapports d'évaluation*, 13p. sur <http://territoires.gouv.fr>

des investisseurs *business angels*⁵⁹. En plus, les pôles devront mieux intégrer le développement durable, renforcer la collaboration entre eux ainsi que leur stratégie de développement à l'international. L'État a décidé d'affecter 1,5 milliard d'euros au lancement du pôle 2.0, dont 50 millions d'euros pour le financement partiel des structures de gouvernance, 495 millions d'euros pour les projets de R&D et 105 millions d'euros pour les projets structurants, 600 millions d'euros pour l'ANR et 205 millions d'euros pour l'OSEO et la CDC.

L'évaluation de la phase « pôles 2.0 » a débuté fin 2011. Les conclusions seront rendues publiques à l'été 2012. Dans le cadre d'un appel d'offre européen, un consortium - cabinets BearingPoint, Erdyn et Technopolis - a été mandaté par la Diact et la DGCIS pour effectuer ce travail. L'évaluation porte à la fois sur l'analyse de l'efficacité du dispositif national de soutien public et d'accompagnement des pôles et sur l'examen de l'activité, de la performance et de la dynamique des projets de chaque pôle⁶⁰. Elle devra permettre au gouvernement de mesurer, *in fine*, d'une part la pertinence et la cohérence afin d'étudier l'opportunité de la reconduction de la politique dans une troisième phase et d'autre part de rendre compte des résultats et des progrès réalisés par chaque pôle de compétitivité.

1.6 Discussion et conclusion

La politique de pôles est basée sur les bénéfices de la localisation des activités innovantes (partage de connaissances, partage des spécificités technologiques des territoires, partage des indivisibilités), de la coopération technologique (internationalisation des externalités de connaissance) et de l'innovation (accroissement de la compétitivité des entreprises). Elle accorde de ce fait une importance particulière aux externalités de connaissance dont l'impact sur les activités des firmes doit être évalués et discuté.

Après cette revue de littérature, il convient de faire quelques réflexions sur

59. Dans ce sens, des pôles de compétitivité ont créé une association dénommée *Polinvest* pour organiser leurs relations avec les acteurs du capital investissement et aider leurs membres dans la recherche de financement en fonds propres (voir <http://competitivite.gouv.fr/financement-prive/>).

60. Voir le cahier des charges en date du 22 juillet 2011 pour l'étude portant sur l'évaluation des pôles de compétitivité (Datar et DGCIS) et le communiqué de presse du 14 /02/2012 du consortium retenu pour cette évaluation (<http://competitivite.gouv.fr>)

les structures de gouvernance des pôles et sur le système de financement.

La structure de gouvernance traduit la capacité réelle du pôle à susciter des liens et/ou à renforcer des relations de coopération préexistantes entre acteurs de l'innovation. Or, la proximité géographique suscitée par les pôles ne garantit pas l'existence de relations denses, vue l'hétérogénéité des acteurs des pôles. Ainsi, la structure de gouvernance du pôle doit favoriser la convergence des capacités et des attentes des acteurs. Cette tâche constitue sans doute une réelle difficulté à laquelle fait face l'ensemble des pôles ; elle soulève par ailleurs le problème de l'intégration réelle des petites entreprises.

Pour ce qui concerne « l'écosystème des financements » des pôles, il est majoritairement constitué de fonds publics. Ces financements publics couvrent l'ensemble du processus d'innovation depuis la recherche amont (ANR) jusqu'à l'application innovante (OSEO, FUI). Cependant, l'action publique directe peut être perturbatrice si on tient compte des effets d'éviction qu'elle pourrait engendrer, entravant ainsi l'émergence d'une offre de financement privée plus compétitive (Prager, 2008). Les politiques publiques en faveur des pôles doivent donc favoriser l'émergence d'un environnement propice à l'innovation et qui permet d'attirer les financements privés tels que les *venture capital*, les *business angels* ou autres investissements spécialisés. A ce propos, la *Silicon Valley* est un parfait exemple de réussite de ce modèle peu interventionniste car il bénéficie d'une forte infrastructure de services et d'organismes financiers privés.

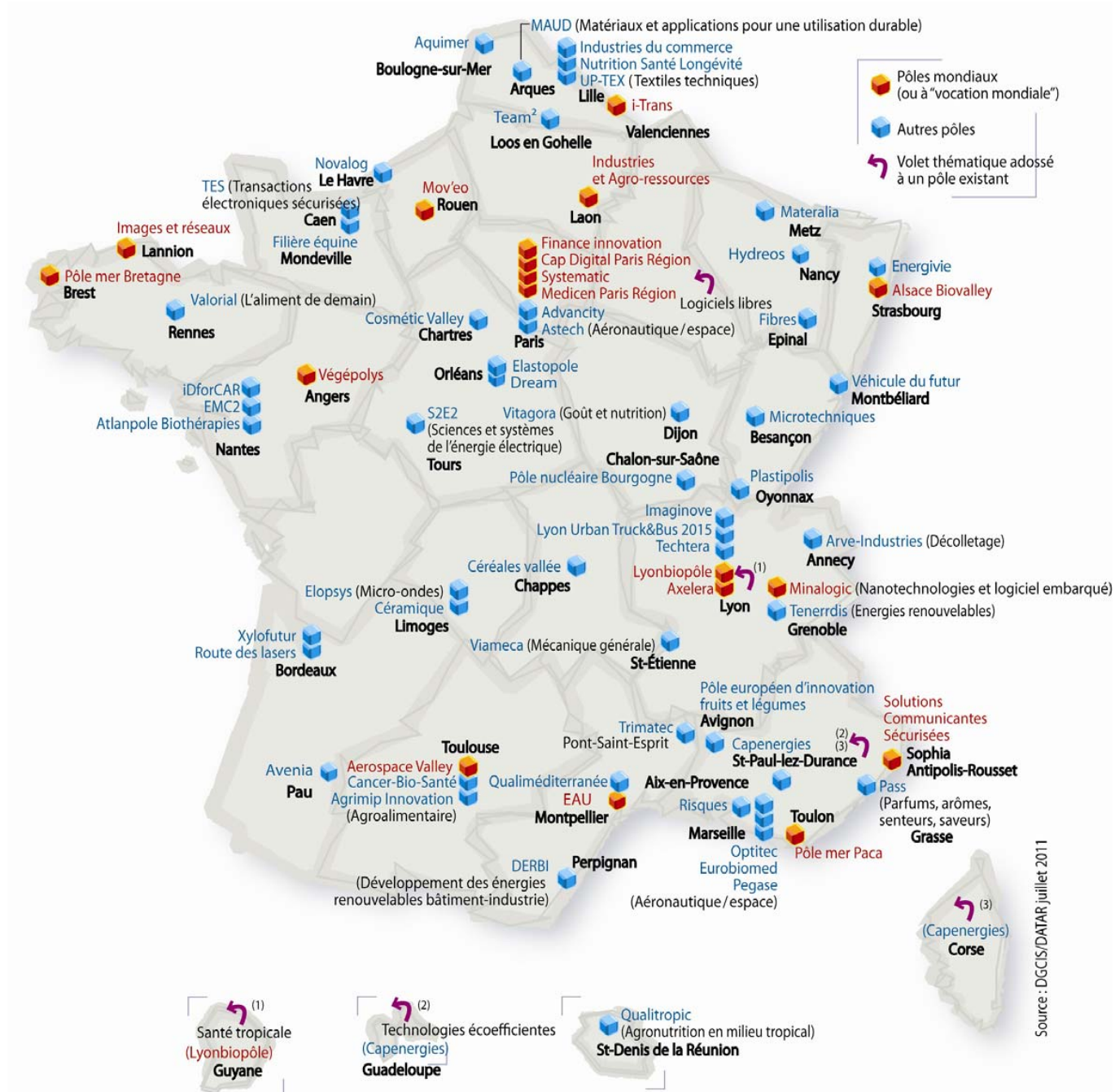
De toute évidence, le soutien public des pôles à travers le fonds unique interministériel et les agences de l'État a un effet incitatif sur le développement des projets R&D collaboratifs, même si cet effet ne garantit pas la qualité des collaborations établies. Dans les chapitres deux et trois suivants, nous analyserons exclusivement les effets non financiers ou informationnels des pôles sur les activités des firmes. Il s'agira en particulier d'étudier l'impact de l'intensification des externalités de connaissance favorisée par les pôles sur les efforts de R&D des entreprises innovantes ainsi que sur leurs activités de production.

1.7 Annexes

Carte des 71 pôles de compétitivité français

(mise à jour juillet 2011)

Pour en savoir plus sur chaque pôle de compétitivité : www.competitivite.gouv.fr



Source : DGCIS/DATAR, juillet 2011

Chapitre 2

Pôle de compétitivité, spillovers et coopération R&D

2.1 Introduction

Les nouvelles formes d'organisation des systèmes productifs qui émergent de plus en plus dans les pays industrialisés se fondent sur l'économie de la connaissance (Blanc, 2004). De ce fait, et en conformité avec la stratégie de Lisbonne, la France a initié en 2004 une nouvelle politique industrielle basée sur les pôles de compétitivité. La politique des pôles de compétitivité s'inspire du modèle des clusters (Porter, 1990) et a pour objectif de créer de la compétitivité et de la croissance par la recherche et l'innovation. Pour ce faire, elle place la coopération en R&D au coeur de sa stratégie en favorisant le développement des projets R&D collaboratifs entre entreprises, institutions de recherche et institutions de formation. Le discours politique justifie cet intérêt porté à la coopération R&D en s'appuyant sur les résultats de la littérature sur l'économie de l'innovation. En effet, les travaux pionniers en économie de la recherche et l'innovation, notamment ceux de Arrow (1962), Loury (1979), Lee et Wilde (1979), Kline et Rosenberg (1986), Dasgupta et Stiglitz (1980) ont montré la nécessité pour les acteurs de l'innovation de coordonner leurs connaissances du fait des incertitudes et des externalités de connaissances qui caractérisent le marché de l'innovation ; lesquelles incertitudes et externalités désincitent les firmes à investir en R&D.

Pour inciter à l'innovation, plusieurs mécanismes sont utilisés dont la

coopération *ex-ante* en R&D. En effet, depuis bientôt deux décennies, une vague d'études sur la coopération en R&D entre firmes, notamment d'Aspremont et Jacquemin (1988, 1990), Suzumura (1992), Katz (1986), De Bondt (1997), Kamien et Zang (2000), Miyagiwa et Ohno (2002) montrent de manière générale qu'en présence d'un niveau important d'externalités de connaissance, la coopération R&D au stade pré-concurrentiel est socialement profitable dans les industries innovantes. Elle permet d'internaliser les externalités, d'accroître le niveau de dépenses R&D des firmes ainsi que de leurs profits. De ce fait, les externalités de connaissance présentées dans la théorie néoclassique comme une défaillance de marché de l'innovation (Arrow, 1962), ne sont plus nécessairement considérées comme néfastes. Elles sont plutôt perçues comme un facteur de production dont il faut mesurer l'impact. L'analyse de leurs effets dans la coopération est d'autant plus intéressante dans le cas des clusters innovants que ceux-ci favorisent la polarisation et l'intensification des externalités de connaissances (Acs *et al.*, 1994; Jaffe, 1989; Jaffe *et al.*, 1993; Audretsch et Vivarelli, 1994; Feldman et Florida, 1994; Audretsch et Feldman, 1996b; Almeida et Kogut, 1999; Audretsch et Feldman, 2004). En effet, l'intérêt porté par les pouvoirs publics aux clusters R&D comme stratégie principale des politiques industrielles d'innovation est certes lié aux succès de l'innovation, notamment dans le domaine de hautes technologies (Baptista, 1996), mais est particulièrement lié aux économies externes que réalisent les firmes agglomérées (Marshall, 1920; Krugman, 1991b; Porter, 2000).

L'objectif de ce chapitre est d'analyser formellement les effets des pôles de compétitivité sur les incitations à innover des firmes en relation de coopération R&D ainsi que sur la performance de la coopération en R&D. Autrement dit, la coopération R&D au sein des pôles est-elle préférable (individuellement et socialement) à la coopération R&D en dehors des pôles ?

Pour tenter de répondre à ces questionnements, nous développons un modèle dans lequel les firmes coopèrent en R&D mais sont en concurrence sur le marché du produit final. On suppose que les firmes ne reçoivent pas de financement public dans leurs activités de R&D. Le modèle est globalement inspiré du travail pionnier de d'Aspremont et Jacquemin (1988) et particulièrement de Kamien et Zang (2000). L'originalité de notre travail repose sur le fait que, en plus de la capacité d'absorption des firmes, nous intégrons l'aspect localisé des externalités. Ainsi, le duopole coopératif co-localisé sur un même territoire avec d'autres firmes

innovantes, bénéficie à la fois des externalités pécuniaires, des externalités de connaissances liées à la coopération et des externalités de connaissances non liées à la coopération.

Le modèle est développé sous forme de jeu en deux étapes : à la première étape, les deux firmes coordonnent leurs décisions d'investissement en R&D pour réduire leurs coûts marginaux de production ; à la seconde étape, elles rentrent en concurrence sur le marché du produit final. Nous simulons et comparons par résolution numérique les niveaux d'investissement en R&D à l'équilibre coopératif pour les deux situations suivantes : absence de pôle de compétitivité (i.e. marché pur) et présence de pôle de compétitivité. Nos principaux résultats sont : le pôle crée une incitation informationnelle à l'innovation et améliore le bien-être social ; il améliore aussi la performance de la coopération. Autrement dit, l'appartenance commune au pôle renforce les incitations des firmes à coopérer en R&D et à innover. Enfin, les résultats montrent que les pôles peuvent conduire à des situations inattendues du point de vue des objectifs des pôles (risque de monopolisation du marché se prolongeant au delà de la période de coopération en R&D).

Le reste du chapitre est structuré de la manière suivante : dans la section (2.2), nous modélisons les externalités localisées. Dans la section (2.3), nous proposons et caractérisons une forme fonctionnelle de l'effort effectif de R&D des firmes. Dans la section (2.4), nous développons et résolvons analytiquement le jeu et simulons numériquement les différents équilibres. Dans la section (2.5), nous analysons, à proprement parlé, les effets des pôles sur les incitations des firmes à innover. Dans la section (2.6), nous abordons l'approche normative au regard de l'optimum social avant de finir par la discussion de nos résultats à la section (2.7).

2.2 Externalités localisées

Les firmes se co-localisent pour bénéficier, entre autres, d'économies externes localisées (Marshall, 1920). On distingue en général deux types d'externalités ou de spillovers¹ : les externalités pécuniaires et les externalités de connaissance ou technologiques (Scitovsky, 1954). Notre objectif dans cette section est de

1. Dans tout le chapitre, nous utiliserons le terme externalité plutôt que spillovers, bien que nous utilisons *spillovers* dans le titre du chapitre

formaliser ces économies externes dans le cas de firmes co-localisées et engagées dans des activités de R&D.

Externalités pécuniaires

Les externalités pécuniaires renvoient aux bénéfices des interactions qui se concrétisent au travers des mécanismes habituels du marché. Elles permettent aux firmes co-localisées d'accéder aux inputs à des coûts inférieurs à ceux des firmes localisées ailleurs. On distingue deux types d'externalités pécuniaires, les externalités liées à l'activité économique locale générale et celles liées à la présence de firmes de même base scientifique ou opérant dans le même domaine.

Les externalités liées à l'activité économique locale générale telles que les infrastructures locales de transfert technologique peuvent devenir défavorables en cas d'effets de congestion tel que la pollution ou la congestion urbaine. Soit $\mathbb{I} = \{1, \dots, n\}$ l'ensemble des firmes co-localisées sur un territoire donné et notons $\theta_0(n) > 0$ la mesure de ces externalités pour chaque firme appartenant à $\mathbb{I}$. On pose l'hypothèse suivante :

Hypothèse 1. *Il existe un seuil $\bar{n}$ tel que pour tout $n \leq \bar{n}$, $\frac{\partial \theta_0}{\partial n} \geq 0$ et pour tout $n > \bar{n}$, $\frac{\partial \theta_0}{\partial n} < 0$.*

Les externalités pécuniaires liées à la présence d'autres firmes innovantes utilisant les mêmes bases scientifiques ou opérant dans le même domaine sont, par exemple, le partage d'inputs, d'infrastructures communes et de compétences spécialisées entre les firmes de connaissances mutuellement pertinentes. Ce partage engendre une baisse du coût d'usage des inputs et des coûts d'appariement offre/demande de la main d'oeuvre sur le marché local (Fujita *et al.*, 2001; Duranton et Puga, 2004).

Pour modéliser ces externalités, distinguons l'ensemble des n firmes co-localisées en deux groupes, celles dont les connaissances sont mutuellement pertinentes et les autres. Soit $\alpha \in [0, 1]$ la part des firmes innovantes de connaissances mutuellement pertinentes. Pour simplifier, on ne distingue pas de degrés intermédiaires de pertinence. Soit $\theta_1(m) > 0$ la mesure de ces externalités pour une firme pertinente, avec $m = \alpha.n$ le nombre total de firmes pertinentes. De même ici, il peut y avoir des effets de congestion tels que la hausse des salaires des travailleurs qualifiés. On pose l'hypothèse suivante :

Hypothèse 2. *Il existe un seuil $\bar{m}$ tel que pour tout $m \leq \bar{m}$, $\frac{\partial \theta_1}{\partial m} \geq 0$ et pour tout $m > \bar{m}$, $\frac{\partial \theta_1}{\partial m} < 0$.*

Remarque 1. On n'a pas nécessairement $\alpha \cdot \bar{n} = \bar{m}$.

Externalités de connaissances

Les activités d'innovation localisées donnent lieu à des externalités de connaissances localisées. Chacune des m firmes pertinentes bénéficient des externalités de connaissances provenant de l'activité des autres firmes pertinentes engagées en R&D. Lorsque deux firmes innovantes et de connaissances pertinentes sont engagées dans une coopération en R&D, elles bénéficient en sus d'externalités de connaissance liées spécifiquement à cette relation de coopération. Notons β le paramètre (exogène) représentant l'intensité des externalités de connaissance liée à cette coopération, avec $0 \leq \beta \leq 1$ et γ l'intensité des externalités de connaissance (relativement à β) en provenance des $(m-2)$ firmes pertinentes non coopérantes, avec $0 \leq \gamma \leq 1$ ². Chacune des deux partenaires de la coopération en R&D bénéficie donc à la fois de β et de γ .

Dans la littérature sur l'innovation technologique telle que d'Aspremont et Jacquemin (1988) et Kamien et Zang (2000), on interprète de manière classique β comme une mesure du niveau d'appropriation des résultats des activités de R&D. Ainsi, une valeur élevée de β peut signifier soit une imperfection du mécanisme de la propriété intellectuelle face aux imitateurs, soit une forte divulgation des résultats des R&D. Dans une relation de coopération en R&D, il est plus commode de l'interpréter comme l'intensité du partage (volontaire) d'information.

Quant à γ , il revêt une importance capitale dans la mesure où il rend compte de l'impact de l'émergence des pôles de compétitivité sur les externalités de connaissance. En effet, selon les pouvoirs publics, l'émergence des pôles de compétitivité devrait permettre, entre autres, d'activer les relations de coopération entre les firmes co-localisées qui s'ignoraient totalement et/ou d'intensifier les échanges d'information technologiques entre les celles qui interagissaient moins. Pour tenir compte de l'accroissement des échanges d'informa-

2. L'inégalité $\gamma \leq 1$ implique que les externalités de connaissance entre les firmes en coopération sont plus intenses que celles qui proviennent des $(m-2)$ firmes pertinentes non coopérantes. Certains auteurs comme Matt (2000) qualifie β d'externalités de connaissance volontaires et $\beta\gamma$ d'externalités de connaissance involontaires.

tions et de la fréquence des rencontres entre acteurs qu'impliquent les pôles, nous modélisons l'émergence de pôle de compétitivité comme un accroissement du paramètre γ . En d'autres termes, nous supposons que le pôle permet aux deux firmes en coopération R&D d'échanger et de bénéficier plus d'informations avec les $(m - 2)$ autres firmes avec qui elles ne collaborent pas.

2.3 Effort effectif de R&D

L'activité d'innovation des m firmes pertinentes donne lieu à des externalités de connaissance. Cependant, pour bénéficier des externalités de connaissance en provenance des autres, chaque firme doit disposer d'une capacité d'absorption. Cohen et Levinthal (1989)³ définissent la capacité d'absorption d'une firme comme sa capacité à reconnaître, assimiler et exploiter le flux de nouvelles informations provenant de l'extérieur. Plus la capacité d'absorption de la firme est grande, plus les externalités ont d'effet sur son activité d'innovation.

Nous supposons, à l'instar de Kamien et Zang (2000), Wiethaus (2005) et de Leahy et Neary (2007), que la capacité d'absorption des firmes est limitée. Autrement dit, une firme innovante ne peut absorber qu'une partie des connaissances produites par les autres firmes innovantes.

Reprenons notre exemple précédent des deux firmes pertinentes en coopération R&D. Nous les appelons firmes i et j et supposons qu'elles investissent respectivement x_i et x_j en R&D. Chaque firme bénéficie de deux sources d'externalités de connaissances : celles provenant de la firme coopérante et celles en provenance des $(m - 2)$ firmes restantes avec lesquelles elle ne coopère pas.

On suppose par ailleurs que chaque firme est caractérisée par un facteur d'apprentissage δ_k , avec $0 \leq \delta_k \leq 1$, $k = i, j$, mesurant sa difficulté à apprendre et absorber les connaissances extérieures. Lorsque $\delta_k = 0$, la firme ne présente aucune difficulté à apprendre et donc à absorber les connaissances extérieures ; lorsque $\delta_k = 1$, la firme est incapable d'apprendre et d'absorber les connaissances

3. Cohen et Levinthal (1989, 1990) soutiennent que les firmes investissent en R&D pour deux raisons : améliorer leur profitabilité et pour accroître leur capacité d'absorption des connaissances extérieures. Autrement dit, si l'on admet à la suite de Arrow (1962) que l'innovation (ou la connaissance produite) n'est pas parfaitement appropriable par l'innovateur, on comprend cependant qu'elle n'est pas libre d'accès pour les autres firmes. En effet, la capacité d'absorption apparaît comme un « coût » pour bénéficier des externalités de connaissances.

extérieures.

Ainsi, pour la firme i par exemple, la prise en compte explicite de ces deux sources d'externalité de connaissance et de sa capacité d'absorption dans son activité de R&D nous amène à considérer son effort effectif de R&D. Soit X_i l'effort effectif R&D de la firme i . Implicitement,

$$X_i = X_i(x_i, x_j, \bar{x}, \beta, \gamma, \delta_i) \quad (2.1)$$

avec x_i et x_j représentant respectivement l'effort propre de R&D de la firme i et l'effort propre de R&D de la firme j ; $\bar{x}$ représente l'effort de R&D (supposé exogène) de chacune des $(m - 2)$ firmes avec lesquelles la firme i ne coopère pas en R&D. β est un paramètre exogène qui représente l'intensité des externalités de connaissance ou l'intensité des échanges d'information entre la firme i et la firme j ; γ est l'intensité des externalité de connaissance en provenance des $(m - 2)$ firmes pertinentes avec lesquelles les firmes i et j ne coopèrent pas.

Pour simplifier la présentation, nous écrivons $X_i \equiv X_i(x_i, x_j)$, toutes choses égales par ailleurs. On pose l'hypothèse suivante :

Hypothèse 3. $X_i(x_i, x_j)$ est de classe C^2 , concave en x_i , inférieur au coût marginal de production de la firme i , et tel que pour tout $x_i \geq 0$ et $x_j \geq 0$:

- (i). $X_i(0, x_j) = 0$ et $X_i(x_i, 0) \geq x_i$
- (ii). $\frac{\partial X_i(x_i, x_j)}{\partial x_i} > 0$ et $\frac{\partial X_i(x_i, x_j)}{\partial x_j} > 0$.

Le point (i) suppose que la firme i doit être nécessairement engagée dans une activité de R&D pour bénéficier des externalités de connaissance en provenance des autres firmes co-localisées. Il traduit aussi le fait que la firme i peut bénéficier d'externalités de connaissance des autres firmes pertinentes avec lesquelles elle ne coopère pas directement. Le point (ii) suppose que l'effort effectif R&D de la firme i est croissant avec x_i et x_j .

Pour expliciter $X_i(x_i, x_j)$, nous proposons la forme fonctionnelle suivante :

$$X_i = x_i + \beta(1 - \delta_i)(x_i)^{\delta_i}[x_j^{1-\delta_i} + \gamma((m-2)\bar{x})^{1-\delta_i}] \quad (2.2)$$

Cette spécification est inspirée de celle proposée par Kamien et Zang (2000). En effet, dans leurs travaux, Kamien et Zang (2000) modélisent l'effort effectif de R&D en incorporant la capacité d'absorption comme une variable stratégique dans les modèles d'entreprises communes de recherche. Considérant deux firmes en interaction stratégique, ils proposent la forme $X_i = x_i + \beta(1 - \delta_i)(1 - \delta_j)(x_i)^{\delta_i}(x_j)^{1-\delta_i}$ dans laquelle les δ_i représentent le type ou approche de R&D. L'effort effectif de l'activité de R&D de la firme i est écrit comme la somme de son propre effort de R&D, i.e. x_i , et d'une fraction de l'effort de R&D de la firme rivale j . Si $\delta = 1$ les firmes ont des approches différentes ou idiosyncratiques alors que pour $\delta = 0$, les firmes ont des approches semblables. Les auteurs analysent les incitations à innover des firmes et montrent que la coopération en R&D incite d'une part, les firmes à choisir des approches semblables de recherche et d'autre part, améliore leurs niveaux d'investissements en R&D.

La forme de l'effort effectif de R&D proposée par Kamien et Zang (2000) n'intègre pas la dimension de localisation des deux firmes i et j en interaction stratégique ainsi que la présence d'activités innovation d'autres firmes co-localisées dont elles pourraient bénéficier. Notre proposition (2.2) inclut ces aspects et montre que l'effort effectif de R&D de la firme i est égal à la somme de son propre effort de R&D, d'une fraction de l'effort de R&D de la firme j et d'une fraction de l'effort de R&D de chacune des $(m-2)$ firmes innovantes co-localisées.

On note que X_i vérifie l'hypothèse 3, ce qui montre bien que la firme i ne peut bénéficier des externalités de connaissances que si elle est engagée dans une activité de R&D. En outre, X_i est homogène de degré 1 par rapport aux inputs x_i , x_j et $\bar{x}$; il est donc à rendement d'échelle constant.

Comme Kamien et Zang (2000), nous définissons la capacité d'absorption (soit $\Phi(x_i, \delta_i)$) de la firme i comme la portion de son effort effectif de R&D qui provient des externalités de connaissances générées par les activités de R&D de la firme j et des $(m-2)$ autres firmes pertinentes co-localisées.

Soit

$$\Phi(x_i, \delta_i) = (1 - \delta_i)(x_i)^{\delta_i} \quad (2.3)$$

avec $0 \leq \Phi_i(x_i, \delta_i) < 1$ pour tout $x_i > 0$ et $0 \leq \delta_i \leq 1$. Notons que si $\Phi_i(x_i, \delta_i) = 1$, alors la firme absorbe totalement les externalités de connaissance tandis que si $\Phi_i(x_i, \delta_i) = 0$, il est impossible pour elle d'apprendre et de les absorber.

Si on analyse les effets de l'effort propre de R&D de la firme i sur sa capacité d'absorption, on obtient pour tout $\delta < 1$: $\frac{\partial \Phi_i}{\partial x_i} = \delta_i(1 - \delta_i)(x_i)^{\delta_i-1} > 0$ et $\frac{\partial^2 \Phi_i}{\partial x_i^2} = -\delta_i(1 - \delta_i)^2(x_i)^{\delta_i-2} < 0$; ce qui signifie qu'investir en R&D accroît la capacité d'absorption de la firme i mais cet accroissement se fait à un taux décroissant. Autrement dit, l'effet de x_i sur Φ_i est d'autant plus important que la firme i a initialement une faible capacité d'absorption.

2.4 Le modèle

Soit $\mathbb{A} = \{1, \dots, m\}$ l'ensemble des firmes pertinentes co-localisées sur un territoire donné, $\mathbb{A} \subset \mathbb{I}$. Considérons un duopole composé des firmes $i \in \mathbb{A}$ et $j \in \mathbb{A}$, $i \neq j$, chacune investissant x_k ($x_k \geq 0$, $k = i, j$) dans une activité R&D lui permettant de réduire ensuite son coût marginal de production c_k ($c_k \geq 0$, $k = i, j$) et de mettre sur le marché de produit une quantité q_k , ($q_k \geq 0$, $k = i, j$), d'un bien non différencié. Chaque unité d'output est vendue sur le marché à un prix $p(Q)$ avec $Q = q_i + q_j$, $Q \geq 0$. En clair, il s'agit d'un jeu de duopole à deux étapes dans lequel la décision d'investir en R&D pour chacune des firmes à l'étape 1 anticipe sa décision subséquente de production à l'étape 2. On suppose que dans chacune des étapes, les deux joueurs agissent de manière simultanée. Le timing du jeu est le suivant :

Étape 1 : les firmes i et j coordonnent leurs décisions d'investissement en R&D. Elles choisissent simultanément x_i et x_j en anticipant leurs niveaux de production à l'étape 2. L'investissement leur permet de réduire leur coût marginal de production à l'étape 2.

Étape 2 : les firmes i et j s'engagent dans une compétition à la Cournot; elles déterminent chacune leur niveau d'output q_i et q_j , étant donné leur niveau

d'effort R&D respectifs x_1 et x_j à l'étape 1. Les gains des joueurs consistent en les profits réalisés à la seconde étape moins la somme des dépenses investies en R&D à l'étape 1.

Supposons que la demande du marché $p(Q)$ est linéaire, décroissante et égale à :

$$p(Q) = \max(0, a - Q) \quad (2.4)$$

En considérant la présence d'externalités localisées, on suppose que le coût marginal de production de la firme i , c_i , est donné par :

$$c_i(x_i, x_j) = \max(0, A - \theta_0(n) - \theta_1(m) - X_i(x_i, x_j)); \quad i = 1, 2; i \neq j. \quad (2.5)$$

avec $a > A > 0$, $a > c_i$, X_i est l'effort effectif de R&D donné en (2.2), les économies externes non technologiques $\theta_0(n)$ et $\theta_1(m)$ sont définies par les hypothèses 1 et 2.

Comparons notre modèle de coût marginal à celui développé par d'Aspremont et Jacquemin (noté modèle AJ). Soit $\tilde{c}_i$ le coût marginal dans le modèle AJ; $\tilde{c}_i = a - x_i - \beta x_j$ avec $x_i + \beta x_j = X_i(x_i, x_j)$. L'effort effectif de R&D dans le modèle AJ ne tient pas compte de la capacité d'absorption des firmes. Cela suppose implicitement que la firme i absorbe totalement les externalités de connaissance provenant des activités de recherche de la firme j . On montre que la prise en compte de la capacité d'absorption dans le processus d'innovation a un effet important sur le coût marginal de production : elle renforce l'efficacité des investissements propres en R&D des firmes en termes de réduction du coût marginal de production. Soit $\tilde{\xi} \equiv -\tilde{c}_{x_i}$ l'efficacité de x_i dans le modèle AJ et $\xi \equiv -c_{x_i}$ l'efficacité de x_i dans notre modèle. On calcule que $\xi = \tilde{\xi} + \varepsilon$, avec $\varepsilon = \delta_i \beta (1 - \delta_i) x_i^{\delta_i - 1} [x_j^{1 - \delta_i} + \gamma((m - 2)\bar{x})^{1 - \delta_i}] \geq 0$ pour tout $x_i \geq 0$, $x_j \geq 0$ et $\delta \leq 1$.

Supposons que le coût de R&D de chaque firme est $\Gamma_k(x_k)$, $k = i, j$ et présente une forme quadratique telle que $\Gamma_k(x_k) = \frac{\mu}{2} x_k^2$, $k = i, j$; $\mu \geq 1$ est un paramètre⁴.

4. Le paramètre μ contrôle le coût d'une diminution du coût marginal de production; plus μ est grand, plus il est coûteux de baisser d'une unité le coût marginal de production.

Ces fonctions de coût sont convexes en x_k et assurent la décroissance des rendements des investissements en R&D. La fonction de profit π_i de la firme i est donnée par :

$$\pi_i(q_i, q_j) = pq_i - c_i q_i - \Gamma_i; \quad i = 1, 2; i \neq j \quad (2.6)$$

La résolution complète du jeu se fera par induction à rebours en déterminant d'abord les quantités d'équilibre parfait en sous-jeux de Cournot-Nash (q_i^*, q_j^*) sur le marché du produit (à l'étape 2) pour toutes valeurs de x_i et x_j et ensuite en déterminant le niveau optimal d'effort R&D à l'équilibre (x_i^*, x_j^*) de chacune des firmes à l'étape 1.

2.4.1 Concurrence sur le marché de produit

Soit $\mathbb{B}_i = [0, \infty)$ (respectivement $\mathbb{B}_j = [0, \infty)$), l'ensemble des niveaux de production réalisables par la firme i (respectivement firme j) à l'étape 2.

La détermination de la quantité d'équilibre q_i^* de la firme i se fait par la résolution du problème de :

$$\max_{q_i \in \mathbb{B}_i} \pi_i \quad (2.7)$$

Les fonctions de réactions de Cournot ou fonctions de meilleures réponses à l'équilibre, $R_i(q_j) : \mathbb{B}_j \rightarrow \mathbb{B}_i$ et $R_j(q_i) : \mathbb{B}_i \rightarrow \mathbb{B}_j$, spécifient le niveau optimal d'output de chaque firme étant donné le niveau d'output de l'autre firme⁵.

Caractérisons ici l'équilibre de Cournot. Réécrivons d'abord les fonctions de profit de i et de j en utilisant la condition sur le prix donnée en (2.4), i. e. $q_i + q_j \leq a$. Pour la firme i , le profit en (2.6) se réécrit comme suit (on pose $\theta_0(n) = \theta_0$ et $\theta_1(m) = \theta_1$) :

$$\pi_i(x_i, x_j, q_i, q_j) = \begin{cases} (a - Q - A + \theta_0 + \theta_1 + X_i)q_i - (\mu/2)x_i^2 & \text{si } q_i \leq a - q_j \\ -(\mu/2)x_i^2 & \text{si } q_i > a - q_j \end{cases} \quad (2.8)$$

5. Les ensembles des productions réalisables $\mathbb{B}_i$ et $\mathbb{B}_j$ et les fonctions de profits π_i et π_j déterminent la forme stratégique du jeu à l'étape 2, les stratégies étant les quantités. A l'équilibre de Cournot, $q_i^* \in \mathbb{B}_i$ et $q_j^* \in \mathbb{B}_j$. Les conditions d'existence de cet équilibre sont que les π soient différentiables, strictement concaves et que les conditions aux limites appropriées au problème de maximisation soient satisfaites.

La fonction de meilleure réponse $R_i(q_j)$ est donnée par :

$$R_i(q_j) = \begin{cases} \frac{1}{2}(a - A + \theta_0 + \theta_1 + X_i - q_j) & \text{si } q_j \leq a - A + \theta_0 + \theta_1 + X_i \\ 0 & \text{si } q_j > a - A + \theta_0 + \theta_1 + X_i \end{cases} \quad (2.9)$$

De même, par symétrie, la fonction de meilleure réponse de la firme j à la firme i , est donnée par :

$$R_j(q_i) = \begin{cases} \frac{1}{2}(a - A + \theta_0 + \theta_1 + X_j - q_i) & \text{si } q_i \leq a - A + \theta_0 + \theta_1 + X_j \\ 0 & \text{si } q_i > a - A + \theta_0 + \theta_1 + X_j \end{cases} \quad (2.10)$$

L' équilibre intérieur de Cournot-Nash $\{q_i^*, q_j^*\}$ est donné par l'intersection des deux fonctions de meilleures réponses $R_i(q_j)$ et $R_j(q_i)$. On obtient

$$\begin{cases} q_i^* = \frac{1}{3}(a - A + \theta_0 + \theta_1 + 2X_i - X_j) \\ q_j^* = \frac{1}{3}(a - A + \theta_0 + \theta_1 + 2X_j - X_i) \end{cases} \quad (2.11)$$

car q_i et q_j satisfont simultanément les deux conditions suivantes : $q_i \in \overline{\mathbb{B}}_i$ avec $\overline{\mathbb{B}}_i = \{q_i \in \mathbb{B}_i : q_i \leq a - A + \theta_0 + \theta_1 + X_j\}$ et $q_j \in \overline{\mathbb{B}}_j$ avec $\overline{\mathbb{B}}_j = \{q_j \in \mathbb{B}_j : q_j \leq a - A + \theta_0 + \theta_1 + X_i\}$. Les deux firmes sont donc présentes sur le marché.

Si l'une de ces conditions n'est pas satisfaite ($q_i \notin \overline{\mathbb{B}}_i$ ou $q_j \notin \overline{\mathbb{B}}_j$), l'équilibre de Nash conduit à la monopolisation du marché de produit par l'une des deux firmes. Elle produira q^m tandis que l'autre firme sortira du marché bien qu'ayant investi en R&D à l'étape 1, i.e. :

$$\text{si } q_i^m > a - A + \theta_0 + \theta_1 + X_j \Rightarrow \begin{cases} q_i^m = \frac{1}{2}(a - A + \theta_0 + \theta_1 + X_i) \\ q_j = 0 \end{cases} \quad (2.12)$$

$$\text{si } q_j^m > a - A + \theta_0 + \theta_1 + X_i \Rightarrow \begin{cases} q_j^m = \frac{1}{2}(a - A + \theta_0 + \theta_1 + X_j) \\ q_i = 0 \end{cases} \quad (2.13)$$

La représentation graphique de (2.11), (2.12) et (2.13) est donnée par la figure (2.1)⁶ suivante.

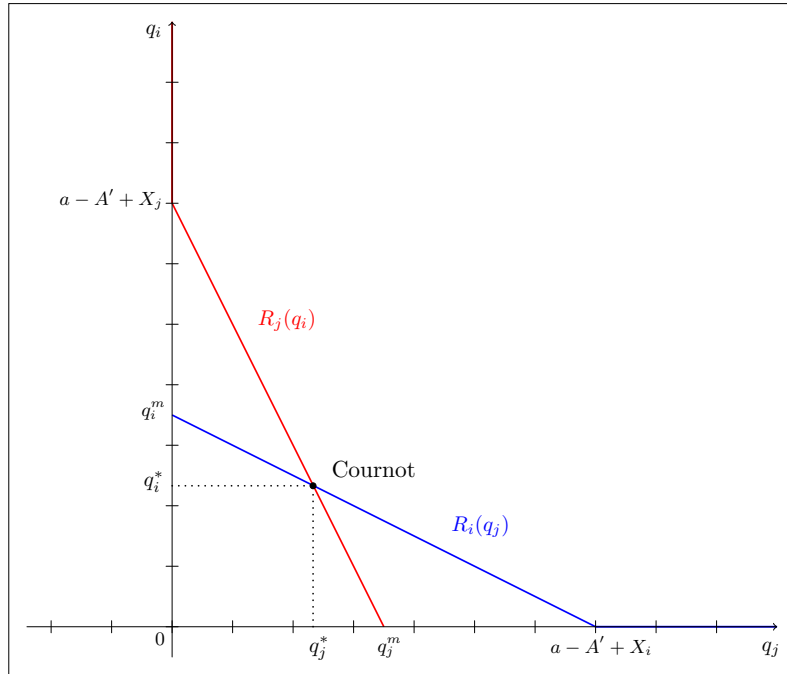


FIGURE 2.1 – Équilibre de Cournot-Nash

Avant de résoudre l'étape 2, réécrivons le profit (2.6) de chaque firme suivant les conditions définies en (2.11), (2.12) et (2.13) et du niveau d'effort R&D effectif X_i de la firme i .

La condition (2.11) implique $\frac{1}{2}(X_j - a + A - \theta_0 - \theta_1) \leq X_i \leq 2X_j + a - A + \theta_0 + \theta_1$ et des fonctions de profit données par $\{\pi_i = (q_i^*)^2 - \frac{\mu}{2}(x_i)^2; \pi_j = (q_j^*)^2 - \frac{\mu}{2}(x_j)^2\}$.

6. On écrira $A' = A - \theta_0 + \theta_1$ dans toutes les représentations graphiques.

La condition (2.12) implique $X_i \geq 2X_j + a - A + \theta_0 + \theta_1$ et des fonctions de profit des firmes i et j données par $\{\pi_i^m = (q_i^m)^2 - \frac{\mu}{2}(x_i)^2; \pi_j = 0 - \frac{\mu}{2}(x_j)^2\}$.

La condition (2.13) implique $X_i \leq \frac{1}{2}(X_j - a + A - \theta_0 - \theta_1)$ et des fonctions de profits données par $\{\pi_i = 0 - \frac{\mu}{2}(x_i)^2; \pi_j^m = (q_j^m)^2 - \frac{\mu}{2}(x_j)^2\}$.

2.4.2 Coopération en R&D

A la première période, les firmes décident de coordonner leurs investissements R&D. Elles vont donc choisir leurs niveaux d'investissement x_i et x_j qui maximisent leur profit joint (Π) étant données les quantités d'équilibre q_i^* et q_j^* à l'étape 2. On écrit le programme de maximisation suivant :

$$\max_{x_i, x_j} \{ \Pi = \pi_i + \pi_j \} \quad (2.14)$$

La condition de premier ordre pour la firme i est telle que :

$$\frac{d\Pi}{dx_i} = \frac{\partial \Pi}{\partial x_i} + \frac{\partial \Pi}{\partial q_i} \frac{dq_i^*}{dx_i} + \frac{\partial \Pi}{\partial q_j} \frac{dq_j^*}{dx_i} = 0 \quad (2.15)$$

L'équation (2.15) montre que la coopération permet à chaque firme d'internaliser les externalités qu'elle procure à l'autre firme. Pour la firme i , ces externalités sont données par $\frac{\partial \Pi}{\partial q_j} \frac{dq_j^*}{dx_i}$. Elles sont qualifiées « d'effets stratégiques » de l'investissement R&D de la firme i sur l'output de la firme j à l'étape 2. On note que $\frac{\partial \Pi}{\partial q_j} \frac{dq_j^*}{dx_i} < 0$ car $\frac{\partial \Pi}{\partial q_j} < 0$ et $\frac{dq_j^*}{dx_i} > 0$. Pour tout q_i et q_j donnés à l'étape 2, l'expression du profit joint (Π) pour la résolution de la condition de premier ordre (2.15) est telle que :

$$\Pi_{ij} = \begin{cases} (q_i^m)^2 - \frac{\mu}{2}(x_i)^2 - \frac{\mu}{2}(x_j)^2 & \text{si } X_i \geq 2X_j + a - A + \theta_0 + \theta_1 \\ (q_j^m)^2 - \frac{\mu}{2}(x_j)^2 - \frac{\mu}{2}(x_i)^2 & \text{si } X_i \leq \frac{1}{2}(X_j - a + A - \theta_0 - \theta_1) \end{cases} \quad (2.16)$$

et enfin

si $\frac{1}{2}(X_j - a + A - \theta_0 - \theta_1) \leq X_i \leq 2X_j + a - A + \theta_0 + \theta_1$, alors :

$$\Pi_{ij} = (q_i^*)^2 + (q_j^*)^2 - \frac{\mu}{2}(x_i)^2 - \frac{\mu}{2}(x_j)^2 \quad (2.17)$$

Les conditions de profit (2.16) et (2.17) permettent de définir trois zones possibles représentées sur la figure (2.2) suivante.

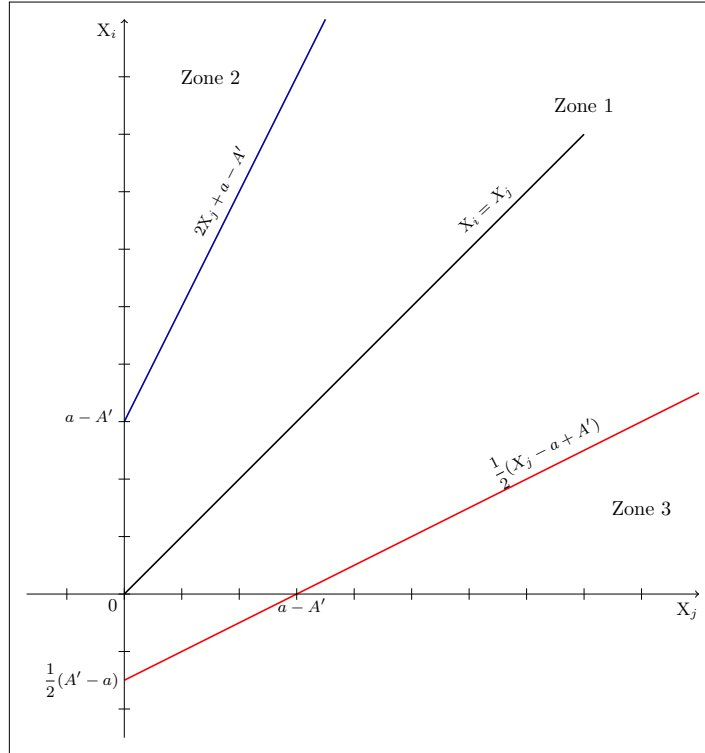


FIGURE 2.2 – Zones de profit II

La résolution de (2.15) permet d'identifier un maximum des profits joints, pour des valeurs des efforts effectifs X_i et X_j , à l'intérieur de la zone 1. Ce maximum, s'il existe, correspond à un effort de R&D symétrique à l'équilibre, i.e. $x_i^* = x_j^*$, du fait de la symétrie de la condition de premier ordre (2.15). Par ailleurs, il est tout à fait possible que le maximum des profits joints atteigne la zone 2 ou la zone 3 ; dans ces cas, l'expression du profit sera (2.16) avec une seule firme en situation de monopole sur le marché du produit, le maximum des profits joints correspondant à des efforts R&D non-symétriques ($x_i^* \neq x_j^*$)⁷. Si nous

7. On montre à la section (2.5) que dans ces conditions, les seuls équilibres (optima

privilegions à ce stade la solution qui permet aux deux firmes d'être actives⁸ sur le marché du produit, alors nous utilisons le profit joint défini en (2.17). Autrement dit, pour tout X_i tel que $\frac{1}{2}(X_j - a + A - \theta_0 - \theta_1) \leq X_i \leq 2X_j + a - A + \theta_0 + \theta_1$, la fonction de profit est :

$$\begin{aligned} \Pi_{ij} = & \frac{1}{9} (a - A + \theta_0 + \theta_1 + 2X_i - X_j)^2 + \frac{1}{9} (a - A + \theta_0 + \theta_1 + 2X_j - X_i)^2 \\ & - \frac{\mu}{2}(x_i)^2 - \frac{\mu}{2}(x_j)^2 \end{aligned} \quad (2.18)$$

En considérant les expressions de X_i et X_j définies en (2.2), l'équation (2.18) devient :

$$\begin{aligned} \Pi_{ij} = & \frac{1}{9} \left(-A + \theta_0 + \theta_1 + 2[x_i + \beta(1 - \delta_i)(x_i)^{\delta_i} [x_j^{1-\delta_i} + \gamma((m-2)\bar{x})^{1-\delta_i}]] \right. \\ & \left. - x_j + \beta(1 - \delta_j)(x_j)^{\delta_j} [x_i^{1-\delta_j} + \gamma((m-2)\bar{x})^{1-\delta_j}] \right)^2 \\ & + \frac{1}{9} \left(-A + \theta_0 + \theta_1 + 2[x_j + \beta(1 - \delta_j)(x_j)^{\delta_j} [x_i^{1-\delta_j} + \gamma((m-2)\bar{x})^{1-\delta_j}]] \right. \\ & \left. - x_i + \beta(1 - \delta_i)(x_i)^{\delta_i} [x_j^{1-\delta_i} + \gamma((m-2)\bar{x})^{1-\delta_i}] \right)^2 \\ & - \frac{\mu}{2}(x_i)^2 - \frac{\mu}{2}(x_j)^2 \end{aligned} \quad (2.19)$$

La recherche analytique et explicite du point maximum $\{x_i^*, x_j^*\}$ de cette fonction de profit joint (2.19) serait très difficile. Nous procédons donc par simulation de l'équilibre par une résolution numérique de la condition de premier ordre (2.15). Pour ces simulations, nous posons les restrictions sur les paramètres β et δ_k , $k = i, j$. On suppose $0,5 \leq \beta \leq 1$ et $0 < \delta_k < 0,5$. La première restriction sur le paramètre exogène β se justifie par le fait que selon la littérature théorique, le recours à la coopération au stade pré-concurrentiel est souhaitable pour des valeurs élevées de β (d'Aspremont et Jacquemin, 1988; Kamien et Zang, 2000;

parétiens) sont les équilibres en coin.

8. On pourrait bien imaginer que les deux firmes i et j négocient un accord de coopération R&D qui leur garantit chacune une part du marché du produit.

Miyagiwa et Ohno, 2002), l'objet de notre étude étant d'évaluer l'effet des pôles sur les résultats de la coopération R&D. Nous justifions la seconde restriction par le cadre général de l'étude qui s'intéresse aux firmes ayant une base scientifique similaire et qui sont technologiquement proches. Globalement, chaque firme a une faible difficulté à apprendre des autres.

2.5 Effets des pôles sur l'incitation à innover

Sur la base des simulations et pour mettre en évidence l'effet de l'émergence des pôles de compétitivité sur l'incitation à innover, nous analysons l'effet de γ sur les niveaux d'efforts des firmes à l'équilibre. Soit γ^S l'intensité des externalités de connaissances hors coopération sur le marché pur, i. e. en absence de pôle; soit γ^P l'intensité des externalités de connaissances hors coopération en présence de pôle de compétitivité. La mise en place du pôle engendre un accroissement ($\Delta\gamma > 0$) du paramètre γ tel que $\Delta\gamma = \gamma^P - \gamma^S > 0$.

Proposition 1. *A valeurs données de β et de μ , il existe des valeurs seuils $\bar{\delta}$ et $\bar{\gamma}$ telles que :*

- (i) *pour tout $\delta \leq \bar{\delta}$, il existe toujours une unique solution intérieure symétrique $x^*(\gamma)$ quelque soit γ*
- (ii) *pour tout $\delta > \bar{\delta}$, il existe une unique solution intérieure symétrique $x^*(\gamma)$ si et seulement si $\gamma \leq \bar{\gamma}$.*

Proposition 2. *Pour tout γ_1 et γ_2 tel qu'un équilibre intérieur existe, si $\gamma_1 < \gamma_2$, alors $x^*(\gamma_1) < x^*(\gamma_2)$.*

Proposition 3. $\bar{\delta} = \bar{\delta}(\mu)$ avec $\frac{\partial \bar{\delta}(\mu)}{\partial \mu} > 0$.

Démonstration. Voir l'annexe A □

La proposition (2) montre que pour tout niveau de spillovers R&D hors coopération $\gamma^P \leq \bar{\gamma}$, l'émergence du pôle de compétitivité renforce les incitations à la R&D en corrigeant le sous-investissement qui caractérise l'absence de pôles. Le niveau d'investissement R&D à l'équilibre de chacune des firmes i et j au sein du pôle de compétitivité (x^P) est donc supérieur à ce qu'elle aurait investi à l'équilibre en l'absence de pôle (x^S), c'est-à-dire que $x^P > x^S$.

On montre par la proposition (1) que pour tout $\delta > \bar{\delta}$, il n'y a pas de solution symétrique intérieure au problème de maximisation (2.15) lorsque γ dépasse une valeur seuil $\bar{\gamma}$. En effet, l'extremum symétrique (x) calculé dans ce cas est un point col (ou selle) et non un maximum car les valeurs propres de la matrice hessienne de la fonction de profit joint (2.19) considérée sont de signes contraires.

Pour éviter cette situation, une solution serait de situer notre analyse dans le meilleur cas, celui qui suppose les conditions de l'existence d'une solution symétrique intérieure à l'équilibre ; c'est-à-dire supposer toujours que $\delta \leq \bar{\delta}$, ou que $\gamma \leq \bar{\gamma}$ lorsque $\delta > \bar{\delta}$. On notera à ce sujet que la proposition (3) montre qu'un accroissement de μ repousse le niveau seuil $\bar{\delta}$, toutes choses égales par ailleurs. Cependant, à ce stade, cette option réduirait considérablement la portée de notre analyse.

Considérons alors le cas pour lequel il n'y a pas de solution symétrique au problème de maximisation de l'équation (2.15), i. e. le cas où $\delta > \bar{\delta}$ et $\gamma > \bar{\gamma}$, et analysons le comportement de R&D possible des firmes i et j . Illustrons cette analyse par deux exemples numériques.

Exemple 1. On montre que pour $(\beta; \delta; \mu) = (0, 5; 0, 4; 3)$, si $\gamma = 0, 4$, la simulation de l'équilibre par la résolution numérique de la condition de premier ordre (2.15) donne un point col de valeur $x_i = x_j = 0, 201$. Mais si nous supposons qu'à l'équilibre $x_j^* = 0$, alors l'investissement en R&D à l'équilibre pour la firme i est $x_i^* = 0, 513$. Ce qui donne des niveaux d'effort effectif de R&D $X_i = 0, 880$ $X_j = 0$ et un profit joint $\Pi(0, 513, 0) = 0, 451$. On montre que $\frac{1}{2}(X_j - a + A - \theta_0 - \theta_1) \leq X_i \leq 2X_j + a - A + \theta_0 + \theta_1$. La fonction du profit (2.19) utilisée est bien correcte. Nous sommes donc dans une zone (zone 1) où les deux firmes produisent sur le marché de produit à l'étape 2 mais où une seule firme investit en R&D à l'étape 1. Nous avons une solution en coin en R&D.

Exemple 2. Pour les mêmes valeurs des paramètres $(\beta; \delta; \mu)$ de l'exemple 1, si γ augmente et passe à 0,6, on a toujours un point col de valeur 0,252. Mais si on suppose qu'à l'équilibre, $x_j^* = 0$, alors on montre par simulation que $x_i^* = 0, 828$. Ce qui donne des niveaux d'effort R&D effectif $X_i = 1, 492$ et $X_j = 0$ et un profit joint $\Pi(0, 828, 0) = 0, 763$. On montre que $X_i \geq 2X_j + a - A + \theta_0 + \theta_1$. On se trouve dans la zone où la firme j ne produit pas à l'étape 2 de sorte que l'expression du profit (2.19) utilisée n'est plus appropriée. Il faut plutôt utiliser

l'expression du profit issue de la condition (2.12). On bute sur la frontière entre la zone où les deux firmes produisent sur le marché (i.e. zone 1) et celle où une des firmes, notamment la firme j , ne produit pas (i.e. zone 2). Nous sommes en présence d'une solution en coin en R&D et sur le marché de produit.

On montre ainsi que pour tout niveau d'externalités de connaissance hors coopération R&D supérieur au seuil $\bar{\gamma}$, il n'y a pas d'équilibre intérieur symétrique mais un équilibre en coin⁹. Pour maximiser leur profit joint, les firmes sont incitées à concentrer techniquement leurs activités de R&D sur une seule d'entre elle, quitte à ce que l'autre firme ne produise plus à l'étape 2.

Dans ces cas définis par les zones 2 et 3, la stabilité de la coopération R&D repose sur des transferts monétaires effectifs entre les firmes.

La figure (2.3) suivante illustre le mouvement des firmes i et j vers les équilibres en coin lorsque $\gamma > \bar{\gamma}$ pour tout $\delta > \bar{\delta}$, β et μ donnés.

9. Si $\delta > \bar{\delta}$, $\forall \gamma > \bar{\gamma}$, on montre que toute combinaison de choix d'effort R&D à l'étape 1 $(x_i, x_j) \neq (x_i^*, 0)$ ou $(0, x_j^*)$ ne maximise pas la fonction de profit. Ainsi, dans l'exemple 1, si nous supposons $x_j^* = 0,07$ au lieu de $x_j^* = 0$, la solution au problème de maximisation de (2.19) donne $x_i = 0,340$ avec $X_i = 0,695$, $X_j = 0,289$ et $\Pi(0,340; 0,07) = 0,392$. Ce profit est inférieur à celui de la solution en coin $\Pi(0,513; 0) = 0,451$. De même dans l'exemple 2, en utilisant la fonction de profit approprié issue de la condition (2.12), si $x_j^* = 0$, on trouve $x_i^* = 0,750$ avec $X_i = 1,398$ et $X_j = 0$ et $\Pi(0,750; 0) = 0,741$; mais si on pose $x_j^* = 0,07$, on trouve $x_i^* = 0,649$ avec $X_i = 1,303$ et $X_j = 0,397$ et $\Pi(0,649; 0,07) = 0,504$ inférieur au profit de la solution en coin précédente.



Proposition 4. *Pour tout $\delta > \bar{\delta}$, on a $\bar{\gamma} = \bar{\gamma}(\mu)$ et $\frac{\partial \bar{\gamma}(\mu)}{\partial \mu} > 0$.*

☐

(i). Pour tout $\delta \leq \bar{\delta}$, l'accroissement de μ entraîne une baisse du niveau de l'investissement à l'équilibre symétrique i. e. $\frac{\partial x^*(\gamma, \mu)}{\partial \mu} < 0$

(ii). En présence de solutions en coin, i. e. lorsque $\delta > \bar{\delta}$ et $\forall \gamma > \bar{\gamma}$, l'accroissement de μ favorise un retour à la solution intérieure symétrique en repoussant le niveau seuil $\bar{\gamma}$.

ment de μ engendre un accroissement du coût total de la R&D $\frac{1}{2}\mu(x_i)^2 + \frac{1}{2}\mu(x_j)^2$. La fonction de profit brut étant convexe de (x_i, x_j) , plus les firmes différencient leurs niveaux d'effort R&D (et donc leurs niveaux d'output), plus elles augmentent leur profit joint, toutes choses égales par ailleurs. A l'inverse, lorsque μ augmente considérablement toutes choses égales par ailleurs, les deux firmes minimisent le coût total de R&D et améliorent leur profit joint en investissant le même montant en R&D. Cela est dû au fait que la fonction de coût R&D des firmes est une fonction convexe de (x_i, x_j) . Ainsi donc l'opposé de cette fonction de coût est une fonction concave.

L'analyse précédente sur le comportement R&D des firmes i et j lorsque $\delta > \bar{\delta}$ et $\gamma > \bar{\gamma}$ sera discutée dans la section 7. Mais on comprend d'ores et déjà que l'effet bénéfique espéré de la politique des pôles de compétitivité dépend de certaines conditions sur l'intensité des externalités ainsi que de la facilité avec laquelle les firmes i et j peuvent apprendre des autres acteurs du pôle. Pour la suite de notre analyse, nous caractériserons les effets des pôles de compétitivité uniquement dans le cas de l'existence d'une solution intérieure symétrique à l'équilibre. Nous utilisons alors l'équation du profit symétrique et nous supposons que soit $\delta \leq \bar{\delta} \forall \gamma$, soit $\delta > \bar{\delta}$ pour tout $\gamma \leq \bar{\gamma}$, toutes choses étant égales par ailleurs.

Proposition 5. *Toutes choses égales par ailleurs, l'effet du pôle sur l'incitation à innover est le suivant :*

- (i) augmentation avec β , i. e. $\frac{\partial^2 x^*(\gamma, \beta)}{\partial \gamma \partial \beta} > 0$
- (ii) diminution avec δ , i. e. $\frac{\partial^2 x^*(\gamma, \beta)}{\partial \gamma \partial \delta} < 0$.

Démonstration. Voir l'annexe C □

La proposition (5) montre que l'intensité du partage d'information et de connaissances (β) entre les deux firmes i et j qui coopèrent en R&D amplifie l'effet positif du pôle sur leurs incitations à innover. Ce résultat est en faveur de l'accroissement du niveau d'échange d'information entre les firmes en coopération R&D. Il s'inscrit parfaitement dans la littérature théorique sur les avantages des entreprises communes de recherche (Kamien *et al.*, 1992; Combs, 1992). Autrement dit, on montre que les pôles améliorent la performance de la coopération R&D. En d'autres termes, l'appartenance commune au pôle renforce l'incitation

des firmes à coopérer. Par ailleurs, quand la firme a plus de difficulté à absorber les connaissances, l'effet du pôle sur l'incitation à innover décroît.

2.6 Analyse du bien-être social

Soit $w(Q)$, le bien-être collectif¹⁰ défini par la somme du surplus des consommateurs sur le marché du produit et des profits des firmes i et j . Dans le cas de duopole symétrique, on a :

$$w(Q) = \int_0^{\bar{Q}} p(Q)dQ - p\bar{Q} + 2\pi \quad (2.20)$$

avec $\bar{Q} = q_i^* + q_j^*$. On note que le calcul du surplus collectif néglige l'effet positif des activités de R&D des firmes i et j sur les autres firmes co-localisées¹¹. Après calcul, l'expression (2.20) devient :

$$w(x, \gamma) = \frac{4}{9} \left(a - A + \theta_0 + \theta_1 + x + \beta(1 - \delta)x^\delta [x^{1-\delta} + \gamma((m-2)\bar{x})^{1-\delta}] \right)^2 - \mu x^2 \quad (2.21)$$

Comme nous l'avons vu dans la section précédente, la création d'un pôle de compétitivité améliore l'incitation des firmes à innover. Il est donc important d'analyser les canaux de transmission de cette incitation et d'évaluer ses implications sur le bien-être social.

Proposition 6. *Le pôle améliore le bien-être social. Il crée une incitation informationnelle à travers, d'une part le partage de connaissances et, d'autre part la production de nouvelles connaissances.*

Démonstration. La variation totale du welfare $\Delta w(x, \gamma)$ suite à l'émergence du pôle de compétitivité est la résultante de deux effets ou variations partielles du welfare, notés Δw_1 et Δw_2 , i.e. $\Delta w(x, \gamma) = \Delta w_1 + \Delta w_2$.

La première variation partielle, i. e. Δw_1 , est engendrée par l'accroissement du niveau de partage de connaissance, capturée par $\Delta\gamma > 0$, suite à la mise en

10. La mise en place et le fonctionnement des pôles de compétitivité peuvent engendrer des coûts qui ne sont pas pris en compte dans cette analyse.

11. Si ces effets sont intégrés, ils vont dans le sens de l'amélioration du bien-être social.

place du pôle. Soit $w_\gamma(x, \gamma)$ la variation marginale du welfare par rapport à γ toutes choses égales par ailleurs. Alors pour un $\Delta\gamma = \gamma^P - \gamma^S > 0$, on a :

$$\Delta w_1 = \int_{\gamma^S}^{\gamma^P} w_\gamma(x^S, \gamma) d\gamma \quad (2.22)$$

Le seconde variation partielle, i. e. Δw_2 , est engendrée par l'accroissement de la production de nouvelles connaissances, capturée par $\Delta x > 0$, après la mise en place du pôle. Soit $w_x(x, \gamma)$ la variation marginale du welfare par rapport à x , toutes choses égales par ailleurs. Alors pour un $\Delta x = x^P - x^S > 0$, on a :

$$\Delta w_2 = \int_{x^S}^{x^P} w_x(x, \gamma^P) dx \quad (2.23)$$

□

La figure (2.5) suivante représente $w(x, \gamma)$, Δw_1 et Δw_2 , tous les autres paramètres étant constants.

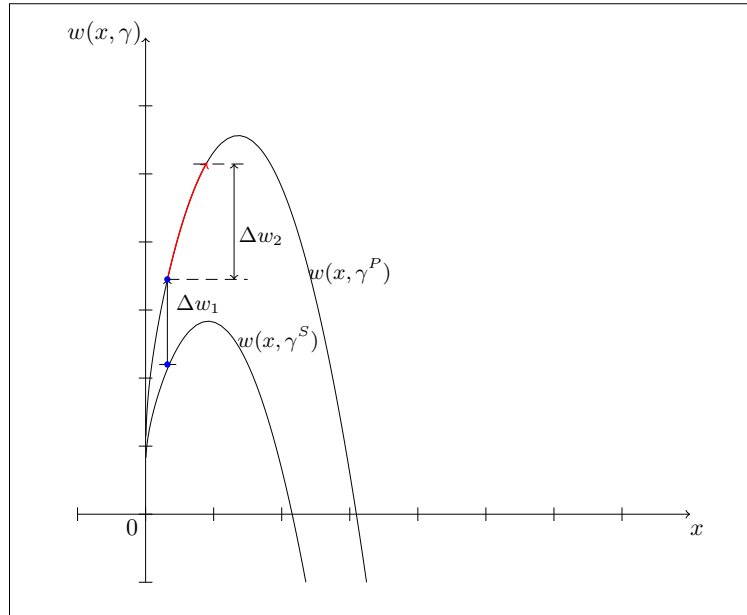


FIGURE 2.5 – Le surplus collectif

Cette figure montre que l'effet Δw_1 est toujours positif : c'est le déplacement vers le haut de la courbe du welfare de $w(x, \gamma^S)$ à $w(x, \gamma^P)$.

Au contraire, Δw_2 peut-être positif ou négatif selon le niveau de production de nouvelles connaissances atteint au sein du pôle : c'est le déplacement vers la droite sur la courbe du welfare $w(x, \gamma^P)$. Nos simulations montrent cependant que Δw_2 est toujours positif au sein du pôle quelque soit γ . La production de nouvelles connaissances ou le niveau de R&D au sein du pôle n'engendre pas un déplacement sur la courbe du welfare tel que Δw_2 soit négatif. Ce qui veut dire que $\Delta w(x, \gamma^P) > 0$.

Pour illustrer cette analyse, considérons deux exemples d'émergence de pôle de compétitivité. Le premier exemple impliquant un accroissement faible $\Delta\gamma = 0,1$ et le second exemple un accroissement plus élevé $\Delta\gamma = 0,4$.

Exemple 3. supposons que $\gamma^S = 0,1$ et $\gamma^P = 0,2$, soit $\Delta\gamma = 0,1$. Étant donné $(\beta; \delta; \mu) = (0,7; 0,2; 2)$, les niveaux d'efforts d'équilibre sont $x^S = 0,351$ et $x^P = 0,474$ (cf. tableau 1-2, annexe A). Le calcul des variations du surplus collectif donne $\Delta w_1 = w(x^S, \gamma^P) - w(x^S, \gamma^S) = 0,504$ et $\Delta w_2 = w(x^P, \gamma^P) - w(x^S, \gamma^P) = 0,147$, soit $\Delta w = 0,651 > 0$.

Exemple 4. on suppose que $\gamma^S = 0,1$ et $\gamma^P = 0,5$ soit $\Delta\gamma = 0,4$. Dans les mêmes conditions que précédemment, on a $x^S = 0,351$ et $x^P = 0,890$ (cf. tableau 1-2, annexe A). Ce qui donne $\Delta w_1 = 2,453$ et $\Delta w_2 = 0,694$, soit $\Delta w = 3,147 > 0$.

Ces exemples montrent que $\Delta w_1 > 0$, $\Delta w_2 > 0$ et $\Delta w > 0$ pour tout γ . Le pôle crée des incitations informationnelles et améliore le surplus collectif. Mais, ces incitations sont-elles suffisantes pour permettre d'atteindre l'investissement en R&D socialement optimal au sein des pôles ? Pour répondre à cette question, nous devons résoudre le problème de maximisation suivant :

$$\max_x w(x, \gamma^P) \quad (2.24)$$

Nous simulons le niveau d'investissement en R&D socialement optimal $\tilde{x}$ par une résolution numérique de la condition de premier ordre, $\frac{\partial w(x, \gamma^P)}{\partial x} = 0$, pour tout γ étant donné β , δ , et μ , les résultats permettent de faire la proposition suivante :

Proposition 7. *L'effort R&D des firmes à l'équilibre au sein du pôle de compétitivité, (x^P) , est socialement sous-optimal.*

Démonstration. Voir Annexe D □

Les résultats des simulations montrent que, quelque soit γ^P , l'optimum social, $\tilde{x}$, est toujours supérieur à x^P . Il y a donc sous-investissement privé en R&D au sein des pôles. Ces investissements privés des firmes ne maximisent pas le surplus social. En effet, les firmes i et j ne capturent pas la totalité de la variation du surplus des consommateurs engendrée par la présence de pôle (car il y a une impossibilité de discriminer parfaitement les prix aux consommateurs). L'incitation informationnelle qu'apporte donc l'émergence des pôles n'est pas suffisante pour atteindre l'optimum social. Il y a donc un intérêt particulier à trouver d'autres moyens pour renforcer l'incitation à innover des firmes au sein des pôles.

2.7 Discussion et conclusion

Dans ce chapitre, nous avons développé un modèle théorique pour analyser les effets de la mise en place des pôles de compétitivité sur la relation de coopération en R&D. Dans ce modèle, deux firmes sont engagées dans un contrat de coopération en R&D et sont en compétition à la Cournot sur le marché du produit. Elles bénéficient par ailleurs de spillovers de connaissances de la part des autres acteurs du pôle de compétitivité. On suppose que les firmes ne bénéficient d'aucune subvention publique pour mener leurs activités de R&D.

L'analyse des effets de pôles de compétitivité sur l'incitation à l'innovation met en évidence trois principaux résultats :

Premièrement, l'émergence des pôles de compétitivité crée des incitations informationnelles à la R&D. Ces incitations permettent d'accroître le niveau d'investissement en R&D des firmes et de se rapprocher un peu plus de l'optimum social. On améliore donc la situation mais sans répondre totalement à la question classique du sous-investissement en R&D.

Deuxièmement, l'effet incitatif du pôle à l'innovation est amplifié par la coopération en R&D. Autrement dit, le pôle améliore la performance de la coopération en R&D ; l'appartenance commune au pôle renforce l'incitation des

firmer à coopérer et à innover. Ce résultat nous paraît intéressant et vient s'ajouter à celui de d'Aspremont et Jacquemin (1988). En effet, d'Aspremont et Jacquemin (1988) ont montré que la coopération R&D améliore le niveau d'investissement et le profit des entreprises innovantes. Ainsi si les pôles de compétitivité renforcent l'incitation à coopérer, alors ils renforcent les résultats de cette coopération.

Troisièmement, on montre que l'émergence des pôles de compétitivité peut conduire les firmes en coopération à concentrer techniquement leurs activités de R&D sur une seule firme, surtout lorsque les projets R&D coopératifs sont coûteux et que les externalités de connaissance hors coopération atteignent une certaine intensité. Cela engendre un équilibre non symétrique et un risque de conduire à terme à une situation de monopole sur le marché de produit se prolongeant au-delà de la période de coopération en R&D. Ces comportements inattendus du point de vue des objectifs de la politique des pôles méritent réflexion d'autant plus qu'on s'interroge sur l'efficacité de cette situation à long terme.

Quelles sont les implications de nos résultats ? Ces résultats théoriques sont complémentaires à la littérature théorique existante sur la coopération R&D. Notre premier résultat met en évidence la nécessité de trouver des moyens incitatifs complémentaires pour renforcer les incitations des firmes à innover au sein des pôles de compétitivité. C'est d'ailleurs tout l'enjeu des politiques de subventions à la R&D en faveur des firmes et spécialement en faveur des firmes membres des pôles de compétitivité français de hautes technologies. Les projets R&D collaboratifs labellisés par les pôles de compétitivité bénéficient ainsi d'importantes subventions publiques.

Le deuxième résultat implique que le pôle de compétitivité joue un rôle catalyseur au niveau des firmes car il renforce leur incitation à coopérer et à innover. Il est donc souhaitable de préserver non seulement les acquis de la politique des pôles mais aussi de les renforcer surtout dans le domaine des hautes technologies.

Par ailleurs, pour ce qui concerne les risques de basculement dans un partenariat asymétrique en matière de R&D évoqués dans le troisième résultat, cela implique qu'il y a un peut-être un risque à avoir des externalités de connaissance très intenses au sein du pôle (monopolisation, concentration ou comportements anticoncurrentiels préjudiciables aux consommateurs finaux) . Ce risque

doit d'une part, être évalué du point de vue du welfare en particulier à long terme et d'autre part, doit être exploré par des analyses empiriques.

Enfin, cette étude ouvre plusieurs pistes de réflexion ; la première consisterait par exemple à intégrer un troisième acteur, l'État, dont le rôle serait de subventionner les deux firmes en coopération R&D au sein du pôle de compétitivité et d'en analyser les effets. Le deuxième serait d'analyser et comparer l'efficacité de la coopération en termes de bien-être dans les solutions symétrique et asymétrique et d'en tirer les conséquences.

2.8 Annexes

A. Preuve des propositions 1, 2 et 3

Les tableaux (1-1), (1-2) et (1-3) ci-dessous donnent les niveaux de R&D à l'équilibre symétrique $x^*(\gamma)$ pour des valeurs données des paramètres β , δ et μ . Ces tableaux montrent que $x^*(\gamma)$ croît avec γ . Ils montrent aussi qu'à valeur donnée β et $\forall \mu \geq 2$, il existe un seuil $\bar{\delta}$ en dessous duquel il existe toujours une solution symétrique intérieure qui maximise le profit. Ainsi, $\bar{\delta} \in]0,1, 0,2]$ lorsque $\beta = 0,5$ et $\forall \mu \geq 2$ (cf. tableau 1-1), $\bar{\delta} \in]0,2, 0,3]$ lorsque $\beta = 0,7$ et $\forall \mu \geq 2$ (cf. tableau 1-2) et $\bar{\delta} \in]0,2, 0,3]$ lorsque $\beta = 0,9$ et $\forall \mu \geq 2$ (cf. tableau 1-3). En outre, on note que pour des $\delta > \bar{\delta}$, à valeur donnée de β et de μ , la solution symétrique intérieure n'existe que pour des γ inférieurs à un certain seuil $\bar{\gamma}$. Par exemple, pour $(\beta; \delta; \mu) = (0,5; 0,2; 2)$, $\bar{\gamma} \in]0,5, 0,6]$ (cf. tableau 1-1); pour $(\beta; \delta; \mu) = (0,7; 0,3; 3)$, $\bar{\gamma} \in]0,4, 0,5]$ (cf. tableau 1-2) et pour $(\beta; \delta; \mu) = (0,9; 0,3; 5)$, $\bar{\gamma} \in]0,6, 0,7]$ (cf. tableau 1-3).

Tableau 1-1.

$(\beta; \delta)$	$(0,5; 0,1)$				$(0,5; 0,2)$				$(0,5; 0,3)$			
μ	2	3	4	5	2	3	4	5	2	3	4	5
(γ)												
0,0	0,210	0,127	0,091	0,071	0,198	0,121	0,087	0,068	0,188	0,115	0,083	0,065
0,1	0,303	0,187	0,137	0,109	0,269	0,168	0,124	0,099	0,238	0,149	0,109	0,087
0,2	0,400	0,249	0,184	0,148	0,343	0,216	0,160	0,129	0,290	0,183	0,135	0,108
0,3	0,499	0,313	0,232	0,187	0,421	0,265	0,198	0,159	.	0,218	0,162	0,130
0,4	0,601	0,377	0,281	0,226	0,502	0,317	0,236	0,191	.	0,254	0,189	0,152
0,5	0,705	0,444	0,330	0,267	0,586	0,370	0,276	0,223	.	.	0,217	0,174
0,6	0,812	0,511	0,381	0,308	.	0,425	0,317	0,256	.	.	.	0,198
0,7	0,920	0,579	0,432	0,349	.	0,482	0,359	0,290	.	.	.	.
0,8	1,029	0,648	0,484	0,392	.	0,540	0,403	0,326	.	.	.	.
0,9	1,140	0,719	0,536	0,434	.	.	0,447	0,362	.	.	.	.
1,0	1,252	0,789	0,590	0,477	.	.	0,493	0,398	.	.	.	.

Tableau 1-2.

$(\beta ; \delta)$	$(0, 7 ; 0, 1)$				$(0, 7 ; 0, 2)$				$(0, 7 ; 0, 3)$			
μ	2	3	4	5	2	3	4	5	2	3	4	5
(γ)												
0,0	0,256	0,150	0,106	0,082	0,237	0,140	0,100	0,077	0,219	0,132	0,094	0,073
0,1	0,411	0,245	0,177	0,140	0,351	0,212	0,154	0,122	0,298	0,182	0,132	0,105
0,2	0,575	0,344	0,250	0,199	0,474	0,287	0,210	0,167	0,383	0,234	0,171	0,136
0,3	0,744	0,447	0,325	0,259	0,605	0,367	0,268	0,214	.	0,289	0,211	0,168
0,4	0,919	0,553	0,403	0,321	0,744	0,451	0,330	0,263	.	0,348	0,254	0,203
0,5	1,098	0,661	0,482	0,385	0,890	0,539	0,394	0,315	.	.	0,300	0,238
0,6	1,281	0,771	0,563	0,449	1,043	0,630	0,461	0,368	.	.	.	0,276
0,7	1,467	0,883	0,645	0,515	1,201	0,725	0,530	0,423	.	.	.	.
0,8	1,656	0,997	0,728	0,582	1,364	0,822	0,601	0,479	.	.	.	.
0,9	1,847	1,112	0,813	0,649	1,532	0,923	0,674	0,538	.	.	.	.
1,0	2,040	1,129	0,898	0,718	1,704	1,020	0,749	0,597	.	.	.	.

Tableau 1-3.

$(\beta ; \delta)$	$(0, 9 ; 0, 1)$				$(0, 9 ; 0, 2)$				$(0, 9 ; 0, 3)$			
μ	2	3	4	5	2	3	4	5	2	3	4	5
(γ)												
0,0	0,316	0,177	0,122	0,094	0,284	0,163	0,114	0,088	0,256	0,150	0,106	0,082
0,1	0,557	0,316	0,223	0,174	0,456	0,264	0,189	0,148	0,372	0,219	0,157	0,124
0,2	0,815	0,464	0,329	0,258	0,647	0,375	0,268	0,211	0,501	0,294	0,212	0,167
0,3	1,085	0,617	0,439	0,345	0,854	0,494	0,353	0,279	0,645	0,377	0,270	0,213
0,4	1,363	0,776	0,552	0,434	1,076	0,620	0,444	0,350	.	0,466	0,333	0,262
0,5	1,649	0,939	0,669	0,526	1,309	0,753	0,538	0,424	.	0,562	0,400	0,314
0,6	1,941	1,105	0,787	0,619	1,553	0,892	0,637	0,502	.	.	0,472	0,370
0,7	2,238	1,274	0,908	0,714	1,807	1,036	0,740	0,582	.	.	.	.
0,8	2,540	1,446	1,030	0,811	2,070	1,185	0,846	0,665	.	.	.	.
0,9	2,845	1,620	1,154	0,909	2,341	1,339	0,955	0,751	.	.	.	.
1,0	3,155	1,796	1,280	1,008	2,619	1,497	1,067	0,839	.	.	.	.

B. Preuve de la proposition 4

On analyse ici la variation de la valeur seuil $\bar{\gamma}$ pour tout β et $\delta > \bar{\delta}$ donné. Les tableaux (2-1), (2-2), (2-3) et (2-4) ci-dessous montrent qu'il existe un seuil $\bar{\gamma}$ au dessus duquel on n'a plus de solution symétrique au problème de maximisation (2.14) avec $\bar{\gamma} = \bar{\gamma}(\mu)$ et $\frac{\partial \bar{\gamma}(\mu)}{\partial \mu} > 0$. Autrement dit, le paramètre μ repousse vers le haut la valeur seuil $\bar{\gamma}$. Par exemple, pour tout $(\beta; \delta) = (0, 5; 0, 2)$, si $\mu = 2$, $\bar{\gamma} \in]0, 5, 0, 6]$ alors que si $\mu = 3$, $\bar{\gamma} \in]0, 8, 0, 9]$ (cf. tableau 2-1).

Tableau 2-1. valeurs de $x^*(\gamma, \mu)$ étant donné $\beta = 0, 5$ et $\delta = 0, 2 \geq \bar{\delta}$

μ	γ										
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
2	0,198	0,269	0,343	0,421	0,502	0,586	.	.	.	.	.
3	0,121	0,168	0,216	0,265	0,317	0,370	0,425	0,482	0,540	.	.
4	0,087	0,124	0,160	0,198	0,236	0,276	0,317	0,359	0,403	0,447	0,493
5	0,068	0,099	0,129	0,159	0,191	0,223	0,256	0,290	0,326	0,326	0,398

Tableau 2-2. valeurs de $x^*(\gamma, \mu)$ étant donné $\beta = 0, 5$ et $\delta = 0, 3 \geq \bar{\delta}$

μ	γ										
	0,0	0,1	0,2	0,2	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
2	0,188	0,238	0,290	.	.	.	.	.	.	.	.
3	0,115	0,149	0,183	0,218	0,254	.	.	.	.	.	.
4	0,083	0,109	0,135	0,162	0,189	0,217	.	.	.	.	.
5	0,065	0,087	0,108	0,130	0,152	0,174	0,198	.	.	.	.

Tableau 2-3. valeurs de $x^*(\gamma, \mu)$ étant donné $\beta = 0, 7$ et $\delta = 0, 3 \geq \bar{\delta}$

μ	γ										
	0,0	0,1	0,2	0,2	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
2	0,219	0,298	0,383	.	.	.	.	.	.	.	.
3	0,132	0,182	0,234	0,289	0,348	.	.	.	.	.	.
4	0,094	0,132	0,171	0,211	0,254	0,300	.	.	.	.	.
5	0,073	0,105	0,136	0,168	0,203	0,238	0,276	.	.	.	.

Tableau 2-4. valeurs de $x^*(\gamma, \mu)$ étant donné $\beta = 0, 9$ et $\delta = 0, 3 \geq \bar{\delta}$

μ	γ										
	0,0	0,1	0,2	0,2	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
2	0,256	0,372	0,501	0,645	.	.	.	.	.	.	.
3	0,150	0,219	0,294	0,377	0,466	0,562	.	.	.	.	.
4	0,106	0,157	0,212	0,270	0,333	0,400	0,472	.	.	.	.
5	0,082	0,124	0,167	0,213	0,262	0,314	0,370	.	.	.	.

C. Preuve de la proposition 5

C1. Preuve de la proposition 5i

On montre à travers les tableaux de simulation (3-1) à (3-9) ci-dessous l'incitation à innover des firmes augmente avec l'émergence du pôle et que cet effet incitatif du pôle s'accroît avec le niveau de partage d'information β entre les firmes qui coopèrent en R&D, étant donnés les paramètres δ et μ . En d'autres termes, $\frac{\Delta x^*(\gamma)}{\Delta \gamma} > 0$ et $\frac{\Delta^2 x^*(\gamma, \beta)}{\Delta \gamma \Delta \beta} = \frac{\Delta^2 x^*(\gamma, \beta)}{\Delta \beta \Delta \gamma} > 0$

Tableau 3-1. Effet incitatif du pôle en fonction de β (pour $\delta = 0,1$ et $\mu = 3$)

δ	μ	β	γ	x^*	$\frac{\Delta x^*}{\Delta \gamma}$	$\frac{\Delta^2 x^*}{\Delta \gamma \Delta \beta}$
0,1	3	0,5	0,1	0,187	-	-
0,1	3	0,5	0,2	0,249	0,62	-
0,1	3	0,5	0,3	0,313	0,64	-
0,1	3	0,5	0,4	0,377	0,64	-
0,1	3	0,5	0,5	0,444	0,67	-
0,1	3	0,5	0,6	0,511	0,67	-
0,1	3	0,7	0,1	0,245	-	-
0,1	3	0,7	0,2	0,344	0,99	1,85
0,1	3	0,7	0,3	0,447	1,03	1,95
0,1	3	0,7	0,4	0,553	1,06	2,10
0,1	3	0,7	0,5	0,661	1,08	2,05
0,1	3	0,7	0,6	0,771	1,10	2,15
0,1	3	0,9	0,1	0,316	-	-
0,1	3	0,9	0,2	0,464	1,48	1,45
0,1	3	0,9	0,3	0,617	1,53	2,50
0,1	3	0,9	0,4	0,776	1,59	2,65
0,1	3	0,9	0,5	0,939	1,63	2,75
0,1	3	0,9	0,6	1,105	1,66	2,60

Tableau 3-2. Effet incitatif du pôle en fonction de β (pour $\delta = 0,1$ et $\mu = 4$)

δ	μ	β	γ	x^*	$\frac{\Delta x^*}{\Delta \gamma}$	$\frac{\Delta^2 x^*}{\Delta \gamma \Delta \beta}$
0,1	4	0,5	0,1	0,137	-	-
0,1	4	0,5	0,2	0,184	0,47	-
0,1	4	0,5	0,3	0,232	0,48	-
0,1	4	0,5	0,4	0,281	0,49	-
0,1	4	0,5	0,5	0,330	0,49	-
0,1	4	0,5	0,6	0,381	0,51	-
0,1	4	0,7	0,1	0,177	-	-
0,1	4	0,7	0,2	0,250	0,73	1,30
0,1	4	0,7	0,3	0,325	0,75	1,35
0,1	4	0,7	0,4	0,403	0,78	1,45
0,1	4	0,7	0,5	0,482	0,79	1,50
0,1	4	0,7	0,6	0,563	0,81	1,50
0,1	4	0,9	0,1	0,233	-	-
0,1	4	0,9	0,2	0,329	0,96	1,15
0,1	4	0,9	0,3	0,439	1,10	1,75
0,1	4	0,9	0,4	0,552	1,13	1,75
0,1	4	0,9	0,5	0,669	1,17	1,90
0,1	4	0,9	0,6	0,787	1,18	1,85

Tableau 3-3 Effet incitatif du pôle en fonction de β (pour $\delta = 0,1$ et $\mu = 5$)

δ	μ	β	γ	x^*	$\frac{\Delta x^*}{\Delta \gamma}$	$\frac{\Delta^2 x^*}{\Delta \gamma \Delta \beta}$
0,1	5	0,5	0,1	0,109	-	-
0,1	5	0,5	0,2	0,148	0,39	-
0,1	5	0,5	0,3	0,187	0,39	-
0,1	5	0,5	0,4	0,226	0,39	-
0,1	5	0,5	0,5	0,267	0,41	-
0,1	5	0,5	0,6	0,308	0,41	-
0,1	5	0,7	0,1	0,140	-	-
0,1	5	0,7	0,2	0,199	0,59	1,00
0,1	5	0,7	0,3	0,259	0,60	1,05
0,1	5	0,7	0,4	0,321	0,62	1,15
0,1	5	0,7	0,5	0,385	0,64	1,15
0,1	5	0,7	0,6	0,449	0,64	1,15
0,1	5	0,9	0,1	0,174	-	-
0,1	5	0,9	0,2	0,258	0,84	1,25
0,1	5	0,9	0,3	0,345	0,87	1,35
0,1	5	0,9	0,4	0,434	0,89	1,35
0,1	5	0,9	0,5	0,526	0,92	1,40
0,1	5	0,9	0,6	0,619	0,93	1,45

Tableau 3-4. Effet incitatif du pôle en fonction de β (pour $\delta = 0,2$ et $\mu = 3$)

δ	μ	β	γ	x^*	$\frac{\Delta x^*}{\Delta \gamma}$	$\frac{\Delta^2 x^*}{\Delta \gamma \Delta \beta}$
0,2	3	0,5	0,1	0,168	-	-
0,2	3	0,5	0,2	0,216	0,48	-
0,2	3	0,5	0,3	0,265	0,49	-
0,2	3	0,5	0,4	0,317	0,52	-
0,2	3	0,5	0,5	0,370	0,53	-
0,2	3	0,5	0,6	0,425	0,55	-
0,2	3	0,7	0,1	0,212	-	-
0,2	3	0,7	0,2	0,287	0,75	1,35
0,2	3	0,7	0,3	0,367	0,80	1,55
0,2	3	0,7	0,4	0,451	0,84	1,60
0,2	3	0,7	0,5	0,539	0,88	1,75
0,2	3	0,7	0,6	0,630	0,91	1,80
0,2	3	0,9	0,1	0,264	-	-
0,2	3	0,9	0,2	0,375	1,11	1,80
0,2	3	0,9	0,3	0,494	1,19	1,95
0,2	3	0,9	0,4	0,620	1,26	2,10
0,2	3	0,9	0,5	0,753	1,33	2,25
0,2	3	0,9	0,6	0,892	1,39	2,40

Tableau 3-5. Effet incitatif du pôle en fonction de β (pour $\delta = 0,2$ et $\mu = 4$)

δ	μ	β	γ	x^*	$\frac{\Delta x^*}{\Delta \gamma}$	$\frac{\Delta^2 x^*}{\Delta \gamma \Delta \beta}$
0,2	4	0,5	0,1	0,124	-	-
0,2	4	0,5	0,2	0,160	0,36	-
0,2	4	0,5	0,3	0,198	0,38	-
0,2	4	0,5	0,4	0,236	0,38	-
0,2	4	0,5	0,5	0,267	0,40	-
0,2	4	0,5	0,6	0,317	0,41	-
0,2	4	0,7	0,1	0,154	-	-
0,2	4	0,7	0,2	0,210	0,56	1,00
0,2	4	0,7	0,3	0,268	0,58	1,00
0,2	4	0,7	0,4	0,330	0,62	1,20
0,2	4	0,7	0,5	0,394	0,64	1,20
0,2	4	0,7	0,6	0,461	0,67	1,30
0,2	4	0,9	0,1	0,189	-	-
0,2	4	0,9	0,2	0,268	0,79	1,15
0,2	4	0,9	0,3	0,353	0,85	1,35
0,2	4	0,9	0,4	0,444	0,91	1,45
0,2	4	0,9	0,5	0,538	0,94	1,50
0,2	4	0,9	0,6	0,637	0,99	1,60

Tableau 3-6. Effet incitatif du pôle en fonction de β (pour $\delta = 0,2$ et $\mu = 5$)

δ	μ	β	γ	x^*	$\frac{\Delta x^*}{\Delta \gamma}$	$\frac{\Delta^2 x^*}{\Delta \gamma \Delta \beta}$
0,2	5	0,5	0,1	0,099	-	-
0,2	5	0,5	0,2	0,129	0,30	-
0,2	5	0,5	0,3	0,159	0,30	-
0,2	5	0,5	0,4	0,191	0,32	-
0,2	5	0,5	0,5	0,223	0,32	-
0,2	5	0,5	0,6	0,256	0,33	-
0,2	5	0,7	0,1	0,122	-	-
0,2	5	0,7	0,2	0,167	0,45	0,75
0,2	5	0,7	0,3	0,214	0,47	0,85
0,2	5	0,7	0,4	0,263	0,49	0,85
0,2	5	0,7	0,5	0,315	0,52	1,00
0,2	5	0,7	0,6	0,368	0,53	1,00
0,2	5	0,9	0,1	0,148	-	-
0,2	5	0,9	0,2	0,211	0,63	0,90
0,2	5	0,9	0,3	0,279	0,68	1,05
0,2	5	0,9	0,4	0,350	0,71	1,10
0,2	5	0,9	0,5	0,424	0,74	1,10
0,2	5	0,9	0,6	0,502	0,78	1,25

Tableau 3-7. Effet incitatif du pôle en fonction de β (pour $\delta = 0,2$ et $\mu = 3$)

δ	μ	β	γ	x^*	$\frac{\Delta x^*}{\Delta \gamma}$	$\frac{\Delta^2 x^*}{\Delta \gamma \Delta \beta}$
0,3	3	0,5	0,1	0,149	-	-
0,3	3	0,5	0,2	0,183	0,34	-
0,3	3	0,5	0,3	0,218	0,35	-
0,3	3	0,5	0,4	0,254	0,36	-
0,3	3	0,5	0,5	.	-	-
0,3	3	0,5	0,6	.	-	-
0,3	3	0,7	0,1	0,182	-	-
0,3	3	0,7	0,2	0,234	0,52	0,90
0,3	3	0,7	0,3	0,289	0,55	1,00
0,3	3	0,7	0,4	0,348	0,59	1,15
0,3	3	0,7	0,5	.	-	-
0,3	3	0,7	0,6	.	-	-
0,3	3	0,9	0,1	0,219	-	-
0,3	3	0,9	0,2	0,294	0,75	1,15
0,3	3	0,9	0,3	0,377	0,83	1,40
0,3	3	0,9	0,4	0,466	0,89	1,50
0,3	3	0,9	0,5	0,562	0,96	-
0,3	3	0,9	0,6	.	-	-

Tableau 3-8. Effet incitatif du pôle en fonction de β (pour $\delta = 0,3$ et $\mu = 4$)

δ	μ	β	γ	x^*	$\frac{\Delta x^*}{\Delta \gamma}$	$\frac{\Delta^2 x^*}{\Delta \gamma \Delta \beta}$
0,3	4	0,5	0,1	0,109	-	-
0,3	4	0,5	0,2	0,135	0,26	-
0,3	4	0,5	0,3	0,162	0,27	-
0,3	4	0,5	0,4	0,189	0,27	-
0,3	4	0,5	0,5	0,217	0,28	-
0,3	4	0,5	0,6	.	-	-
0,3	4	0,7	0,1	0,132	-	-
0,3	4	0,7	0,2	0,171	0,39	0,65
0,3	4	0,7	0,3	0,211	0,40	0,65
0,3	4	0,7	0,4	0,254	0,43	0,80
0,3	4	0,7	0,5	0,300	0,46	0,90
0,3	4	0,7	0,6	.	-	-
0,3	4	0,9	0,1	0,157	-	-
0,3	4	0,9	0,2	0,212	0,55	0,80
0,3	4	0,9	0,3	0,270	0,58	0,90
0,3	4	0,9	0,4	0,333	0,63	1,00
0,3	4	0,9	0,5	0,400	0,67	1,05
0,3	4	0,9	0,6	0,472	0,27	-

Tableau 3-9. Effet incitatif du pôle en fonction de β (pour $\delta = 0,3$ et $\mu = 5$)

δ	μ	β	γ	x^*	$\frac{\Delta x^*}{\Delta \gamma}$	$\frac{\Delta^2 x^*}{\Delta \gamma \Delta \beta}$
0,3	5	0,5	0,1	0,087	-	-
0,3	5	0,5	0,2	0,108	0,21	-
0,3	5	0,5	0,3	0,130	0,22	-
0,3	5	0,5	0,4	0,152	0,22	-
0,3	5	0,5	0,5	0,174	0,22	-
0,3	5	0,5	0,6	0,198	0,24	-
0,3	5	0,7	0,1	0,105	-	-
0,3	5	0,7	0,2	0,136	0,31	0,50
0,3	5	0,7	0,3	0,168	0,32	0,50
0,3	5	0,7	0,4	0,203	0,35	0,65
0,3	5	0,7	0,5	0,238	0,35	0,65
0,3	5	0,7	0,6	0,276	0,38	0,70
0,3	5	0,9	0,1	0,124	-	-
0,3	5	0,9	0,2	0,167	0,43	0,60
0,3	5	0,9	0,3	0,213	0,46	0,70
0,3	5	0,9	0,4	0,262	0,49	0,70
0,3	5	0,9	0,5	0,314	0,52	0,85
0,3	5	0,9	0,6	0,370	0,56	0,90

C2. Preuve de la proposition 5ii

Les tableaux de simulation (3-10) à (3-18) ci-dessous montrent que l'effet incitatif des pôles à l'innovation décroît avec le niveau de difficulté des firmes dans l'absorption des connaissances extérieures. Ainsi, pour tout β et μ donnés, $\frac{\Delta^2 x^*(\gamma, \delta)}{\Delta \gamma \Delta \delta} = \frac{\Delta^2 x^*(\gamma, \delta)}{\Delta \delta \Delta \gamma} < 0$

Tableau Tableau 3-10. Effet incitatif du pôle en fonction de δ (pour $\beta = 0,5$ et $\mu = 3$)

β	μ	δ	γ	x^*	$\frac{\Delta x^*}{\Delta \gamma}$	$\frac{\Delta^2 x^*}{\Delta \gamma \Delta \delta}$
0,5	3	0,1	0,1	0,187	-	-
0,5	3	0,1	0,2	0,249	0,62	-
0,5	3	0,1	0,3	0,313	0,64	-
0,5	3	0,1	0,4	0,377	0,64	-
0,5	3	0,1	0,5	0,444	0,67	-
0,5	3	0,1	0,6	0,511	0,67	-
0,5	3	0,2	0,1	0,168	-	-
0,5	3	0,2	0,2	0,216	0,48	-1,4
0,5	3	0,2	0,3	0,265	0,49	-1,4
0,5	3	0,2	0,4	0,317	0,52	-1,2
0,5	3	0,2	0,5	0,370	0,53	-1,4
0,5	3	0,2	0,6	0,425	0,55	-1,2
0,5	3	0,3	0,1	0,149	-	-
0,5	3	0,3	0,2	0,183	0,34	-1,4
0,5	3	0,3	0,3	0,218	0,35	-1,4
0,5	3	0,3	0,4	0,254	0,36	-1,6
0,5	3	0,3	0,5	.	-	-
0,5	3	0,3	0,6	.	-	-

Tableau 3-11. Effet incitatif du pôle en fonction de δ (pour $\beta = 0,5$ et $\mu = 4$)

β	μ	δ	γ	x^*	$\frac{\Delta x^*}{\Delta \gamma}$	$\frac{\Delta^2 x^*}{\Delta \gamma \Delta \delta}$
0,5	4	0,1	0,1	0,137	-	-
0,5	4	0,1	0,2	0,184	0,47	-
0,5	4	0,1	0,3	0,232	0,48	-
0,5	4	0,1	0,4	0,281	0,49	-
0,5	4	0,1	0,5	0,330	0,49	-
0,5	4	0,1	0,6	0,381	0,51	-
0,5	4	0,2	0,1	0,124	-	-
0,5	4	0,2	0,2	0,160	0,36	-1,1
0,5	4	0,2	0,3	0,198	0,38	-1,0
0,5	4	0,2	0,4	0,236	0,38	-1,1
0,5	4	0,2	0,5	0,267	0,40	-0,9
0,5	4	0,2	0,6	0,317	0,41	-1,0
0,5	4	0,3	0,1	0,109	-	-
0,5	4	0,3	0,2	0,135	0,26	-1,0
0,5	4	0,3	0,3	0,162	0,27	-1,1
0,5	4	0,3	0,4	0,189	0,27	-1,1
0,5	4	0,3	0,5	0,217	0,28	-
0,5	4	0,3	0,6	.	-	-

Tableau 3-12. Effet incitatif du pôle en fonction de δ (pour $\beta = 0,5$ et $\mu = 5$)

β	μ	δ	γ	x^*	$\frac{\Delta x^*}{\Delta \gamma}$	$\frac{\Delta^2 x^*}{\Delta \gamma \Delta \delta}$
0,5	5	0,1	0,1	0,109	-	-
0,5	5	0,1	0,2	0,148	0,39	-
0,5	5	0,1	0,3	0,187	0,39	-
0,5	5	0,1	0,4	0,226	0,39	-
0,5	5	0,1	0,5	0,267	0,41	-
0,5	5	0,1	0,6	0,308	0,41	-
0,5	5	0,2	0,1	0,099	-	-
0,5	5	0,2	0,2	0,129	0,30	-0,9
0,5	5	0,2	0,3	0,159	0,30	-0,9
0,5	5	0,2	0,4	0,191	0,32	-0,7
0,5	5	0,2	0,5	0,223	0,32	-0,9
0,5	5	0,2	0,6	0,256	0,33	-0,8
0,5	5	0,3	0,1	0,087	-	-
0,5	5	0,3	0,2	0,108	0,21	-0,9
0,5	5	0,3	0,3	0,130	0,22	-0,8
0,5	5	0,3	0,4	0,152	0,22	-1,0
0,5	5	0,3	0,5	0,174	0,22	-1,0
0,5	5	0,3	0,6	0,198	0,24	-0,9

Tableau 3-13. Effet incitatif du pôle en fonction de δ (pour $\beta = 0,7$ et $\mu = 3$)

β	μ	δ	γ	x^*	$\frac{\Delta x^*}{\Delta \gamma}$	$\frac{\Delta^2 x^*}{\Delta \gamma \Delta \delta}$
0,7	3	0,1	0,1	0,245	-	-
0,7	3	0,1	0,2	0,344	0,99	-
0,7	3	0,1	0,3	0,447	1,03	-
0,7	3	0,1	0,4	0,553	1,06	-
0,7	3	0,1	0,5	0,661	1,08	-
0,7	3	0,1	0,6	0,771	1,10	-
0,7	3	0,2	0,1	0,212	-	-
0,7	3	0,2	0,2	0,287	0,75	-2,4
0,7	3	0,2	0,3	0,367	0,80	-2,3
0,7	3	0,2	0,4	0,451	0,84	-2,2
0,7	3	0,2	0,5	0,539	0,88	-2,0
0,7	3	0,2	0,6	0,630	0,91	-1,9
0,7	3	0,3	0,1	0,182	-	-
0,7	3	0,3	0,2	0,234	0,52	-2,3
0,7	3	0,3	0,3	0,289	0,55	-2,5
0,7	3	0,3	0,4	0,348	0,59	-2,5
0,7	3	0,3	0,5	.	-	-
0,7	3	0,3	0,6	.	-	-

Tableau 3-14. Effet incitatif du pôle en fonction de δ (pour $\beta = 0,7$ et $\mu = 4$)

β	μ	δ	γ	x^*	$\frac{\Delta x^*}{\Delta \gamma}$	$\frac{\Delta^2 x^*}{\Delta \gamma \Delta \delta}$
0,7	4	0,1	0,1	0,177	-	-
0,7	4	0,1	0,2	0,250	0,73	-
0,7	4	0,1	0,3	0,325	0,75	-
0,7	4	0,1	0,4	0,403	0,78	-
0,7	4	0,1	0,5	0,482	0,79	-
0,7	4	0,1	0,6	0,563	0,81	-
0,7	4	0,2	0,1	0,154	-	-
0,7	4	0,2	0,2	0,210	0,56	-1,7
0,7	4	0,2	0,3	0,268	0,58	-1,7
0,7	4	0,2	0,4	0,330	0,62	-1,6
0,7	4	0,2	0,5	0,394	0,64	-1,5
0,7	4	0,2	0,6	0,461	0,67	-1,4
0,7	4	0,3	0,1	0,132	-	-
0,7	4	0,3	0,2	0,171	0,39	-1,7
0,7	4	0,3	0,3	0,211	0,40	-1,8
0,7	4	0,3	0,4	0,254	0,43	-1,9
0,7	4	0,3	0,5	0,300	0,46	-1,8
0,7	4	0,3	0,6	.	-	-

Tableau 3-15. Effet incitatif du pôle en fonction de δ (pour $\beta = 0,7$ et $\mu = 5$)

β	μ	δ	γ	x^*	$\frac{\Delta x^*}{\Delta \gamma}$	$\frac{\Delta^2 x^*}{\Delta \gamma \Delta \delta}$
0,7	5	0,1	0,1	0,140	-	-
0,7	5	0,1	0,2	0,199	0,59	-
0,7	5	0,1	0,3	0,259	0,60	-
0,7	5	0,1	0,4	0,321	0,62	-
0,7	5	0,1	0,5	0,385	0,64	-
0,7	5	0,1	0,6	0,449	0,64	-
0,7	5	0,2	0,1	0,122	-	-
0,7	5	0,2	0,2	0,167	0,45	-1,4
0,7	5	0,2	0,3	0,214	0,47	-1,3
0,7	5	0,2	0,4	0,263	0,49	-1,3
0,7	5	0,2	0,5	0,315	0,52	-1,2
0,7	5	0,2	0,6	0,368	0,53	-1,1
0,7	5	0,3	0,1	0,105	-	-
0,7	5	0,3	0,2	0,136	0,31	-1,4
0,7	5	0,3	0,3	0,168	0,32	-1,5
0,7	5	0,3	0,4	0,203	0,35	-1,4
0,7	5	0,3	0,5	0,238	0,35	-1,7
0,7	5	0,3	0,6	0,276	0,38	-1,5

Tableau 3-16. Effet incitatif du pôle en fonction de δ (pour $\beta = 0,9$ et $\mu = 3$)

β	μ	δ	γ	x^*	$\frac{\Delta x^*}{\Delta \gamma}$	$\frac{\Delta^2 x^*}{\Delta \gamma \Delta \delta}$
0,9	3	0,1	0,1	0,316	-	-
0,9	3	0,1	0,2	0,464	1,48	-
0,9	3	0,1	0,3	0,617	1,53	-
0,9	3	0,1	0,4	0,776	1,59	-
0,9	3	0,1	0,5	0,939	1,63	-
0,9	3	0,1	0,6	1,105	1,66	-
0,9	3	0,2	0,1	0,264	-	-
0,9	3	0,2	0,2	0,375	1,11	-3,7
0,9	3	0,2	0,3	0,494	1,19	-3,4
0,9	3	0,2	0,4	0,620	1,26	-3,3
0,9	3	0,2	0,5	0,753	1,33	-3,0
0,9	3	0,2	0,6	0,892	1,39	-2,7
0,9	3	0,3	0,1	0,219	-	-
0,9	3	0,3	0,2	0,294	0,75	-3,6
0,9	3	0,3	0,3	0,377	0,83	-3,6
0,9	3	0,3	0,4	0,466	0,89	-3,7
0,9	3	0,3	0,5	0,562	0,96	-3,7
0,9	3	0,3	0,6	.	-	-

Tableau 3-17. Effet incitatif du pôle en fonction de δ (pour $\beta = 0,9$ et $\mu = 4$)

β	μ	δ	γ	x^*	$\frac{\Delta x^*}{\Delta \gamma}$	$\frac{\Delta^2 x^*}{\Delta \gamma \Delta \delta}$
0,9	4	0,1	0,1	0,223	-	-
0,9	4	0,1	0,2	0,329	0,96	-
0,9	4	0,1	0,3	0,439	1,10	-
0,9	4	0,1	0,4	0,552	1,13	-
0,9	4	0,1	0,5	0,669	1,17	-
0,9	4	0,1	0,6	0,787	1,18	-
0,9	4	0,2	0,1	0,189	-	-
0,9	4	0,2	0,2	0,268	0,79	-1,7
0,9	4	0,2	0,3	0,353	0,85	-2,5
0,9	4	0,2	0,4	0,444	0,91	-2,2
0,9	4	0,2	0,5	0,538	0,94	-2,3
0,9	4	0,2	0,6	0,637	0,99	-1,9
0,9	4	0,3	0,1	0,157	-	-
0,9	4	0,3	0,2	0,212	0,55	-2,4
0,9	4	0,3	0,3	0,270	0,58	-2,7
0,9	4	0,3	0,4	0,333	0,63	-2,8
0,9	4	0,3	0,5	0,400	0,67	-2,7
0,9	4	0,3	0,6	0,472	0,72	-2,7

Tableau 3-18. Effet incitatif du pôle en fonction de δ (pour $\beta = 0,9$ et $\mu = 5$)

β	μ	δ	γ	x^*	$\frac{\Delta x^*}{\Delta \gamma}$	$\frac{\Delta^2 x^*}{\Delta \gamma \Delta \delta}$
0,9	5	0,1	0,1	0,174	-	-
0,9	5	0,1	0,2	0,258	0,84	-
0,9	5	0,1	0,3	0,345	0,87	-
0,9	5	0,1	0,4	0,434	0,89	-
0,9	5	0,1	0,5	0,526	0,92	-
0,9	5	0,1	0,6	0,619	0,93	-
0,9	5	0,2	0,1	0,148	-	-
0,9	5	0,2	0,2	0,211	0,63	-2,1
0,9	5	0,2	0,3	0,279	0,68	-1,9
0,9	5	0,2	0,4	0,350	0,71	-1,8
0,9	5	0,2	0,5	0,424	0,74	-1,8
0,9	5	0,2	0,6	0,502	0,78	-1,5
0,9	5	0,3	0,1	0,124	-	-
0,9	5	0,3	0,2	0,167	0,43	-2,0
0,9	5	0,3	0,3	0,213	0,46	-2,2
0,9	5	0,3	0,4	0,262	0,49	-2,2
0,9	5	0,3	0,5	0,314	0,52	-2,2
0,9	5	0,3	0,6	0,370	0,56	-2,2

D. Preuve de la proposition 7

Tableau 4-1.

$(\beta ; \delta ; \mu)$	$(0, 5 ; 0, 1 ; 3)$		$(0, 5 ; 0, 2 ; 4)$		$(0, 5 ; 0, 3 ; 5)$	
γ	x^P	$\tilde{x}$	x^P	$\tilde{x}$	x^P	$\tilde{x}$
0,2	0,249	0,586	0,160	0,343	0,108	0,223
0,4	0,377	0,879	0,236	0,502	0,152	0,310
0,6	0,511	1,186	0,317	0,674	0,198	0,406
0,8	0,648	1,503	0,403	0,857	.	-

Tableau 4-2.

$(\beta ; \delta ; \mu)$	$(0, 7 ; 0, 1 ; 4)$		$(0, 7 ; 0, 2 ; 5)$		$(0, 7 ; 0, 3 ; 5)$	
γ	x^P	$\tilde{x}$	x^P	$\tilde{x}$	x^P	$\tilde{x}$
0,2	0,250	0,575	0,167	0,356	0,136	0,289
0,4	0,403	0,919	0,263	0,559	0,203	0,432
0,6	0,563	1,281	0,368	0,782	0,276	0,594
0,8	0,728	1,656	0,479	1,021	.	-

Tableau 4-3.

$(\beta ; \delta ; \mu)$	$(0, 9 ; 0, 1 ; 5)$		$(0, 9 ; 0, 2 ; 2)$		$(0, 9 ; 0, 3 ; 4)$	
γ	x^P	$\tilde{x}$	x^P	$\tilde{x}$	x^P	$\tilde{x}$
0,2	0,258	0,589	0,647	2,712	0,212	0,501
0,4	0,434	0,985	1,076	4,665	0,333	0,804
0,6	0,619	1,402	1,553	6,858	0,472	1,159
0,8	0,811	1,834	2,070	9,237	.	-

Chapitre 3

Pôle de compétitivité, incertitude et adoption de technologies génériques

3.1 Introduction

Le dispositif des pôles de compétitivité est un élément central de la nouvelle politique industrielle française. Cette politique industrielle a été lancée en 2004 et s'inspire du modèle des clusters de Porter (1990) et principalement du modèle historique de la Silicon Valley aux États-Unis. Initialement pensés pour les industries de hautes technologies, les pôles de compétitivité (au nombre de 71) concernent aujourd'hui plusieurs secteurs d'activité (industrie, énergie, télécommunication, secteurs traditionnels comme l'agriculture, l'agro-alimentaire, le textile) et des domaines technologiques de maturité différente (nanotechnologie, biotechnologie).

Nous nous proposons dans cette étude d'analyser théoriquement l'effet de ce nouveau dispositif sur le comportement des firmes dans l'adoption des nouvelles technologies ainsi que sur leurs niveaux d'effort en R&D. La littérature sur l'innovation montre qu'adopter une innovation, quelle qu'en soit la nature, n'est pas sans risques. En effet, l'adoptant (i.e. firme ou consommateur final) ne connaît pas toujours la profitabilité de l'innovation du fait de l'asymétrie d'information entre lui et l'innovateur (Arrow, 1962). L'innovateur lui-même n'est pas certain

d'avoir du succès technologique (i.e. incertitude technologique) et fait face aussi à une incertitude commerciale (Arora et Gambardella, 2010).

Nous nous intéresserons aux nanotechnologies qui sont des technologies à forte opportunité technologique¹. Elles sont qualifiées de technologies génériques². Le concept de technologie générique a été introduit et consacré par l'article de Bresnahan et Trajtenberg (1995). Il désigne l'ensemble des technologies caractérisées par leur potentielle utilisation comme facteur de production dans un grand nombre de secteurs d'activité, leur dynamisme technologique et leur complémentarité technologique avec des technologies existantes ou potentielles. A la suite de Bresnahan et Trajtenberg (1995), des travaux comme ceux de Lipsey *et al.* (1998a), Lipsey *et al.* (1998b), Jovanic et Rousseau (2005) ont mis l'accent sur les caractéristiques des technologies génériques³.

Dans leur article, Bresnahan et Trajtenberg (1995) modélisent la relation verticale entre un secteur amont producteur d'une technologie générique (semi-conducteur) et des secteurs aval utilisateurs (informatique, appareils auditifs, TV, scanners). Cette relation fournisseur/clients est coordonnée par les mécanismes de marché sans relation contractuelle entre les firmes. La relation est décrite sous forme de jeu simultané dans lequel chaque secteur choisit son niveau d'investissement en R&D, permettant d'évaluer ainsi les incitations à innover des firmes. Les auteurs montrent que les incitations à innover des secteurs restent socialement faibles du fait de la présence de complémentarité technologique et des

1. Dans la configuration territoriale des pôles de compétitivité, les nanotechnologies sont développées au sein du pôle Minalogic à Grenoble dans la région Rhône-Alpes. Les opportunités technologiques d'un secteur représentent le potentiel de progrès technique que recèle l'activité correspondante. La notion d'opportunité technologique renvoie, par exemple, au fait que 1 euro investi en recherche ne conduit pas nécessairement au même gain de productivité selon le potentiel technologique de l'activité où il est investi (Astebro et Dahlin, 2005; Crampes et Encaoua, 2005)

2. Une étude intéressante sur la nature des nanotechnologies, technologies génériques émergentes ou technologies génériques matures, est donnée par Youtie *et al.* (2008); pour d'autres lectures et discussions, voir Menz et Ott (2011), Roco *et al.* (2010), Graham et Iacopetta (2009), Thoma (2009), Bozeman *et al.* (2008), Palmberg et Nikulainen (2006), Lipsey *et al.* (1998a), Lipsey *et al.* (1998b)

3. L'article de Lipsey *et al.* (1998b) explique que les technologies génériques impliquent à la fois d'énormes complémentarités technologiques et hicksiennes; les articles de Lipsey *et al.* (1998a) et Jovanic et Rousseau (2005) mettent l'accent sur les changements importants qu'entraîne la découverte d'une technologie générique (changements structurels, changements de politiques publiques, etc.); ils tentent en outre d'expliquer la baisse de productivité transitoire au niveau macroéconomique généralement observée après l'introduction d'une technologie générique, phénomène qualifié de *Paradoxe de productivité de Solow* (Jacobs et Nahuis, 2002).

externalités verticales et horizontales. Ces externalités posent des problèmes de coordination des acteurs de l'innovation et donnent de fortes motivations pour créer et accroître le degré de coopération et de contrats explicites, d'une part entre secteur générique et secteurs associés, et d'autre part entre secteurs associés. Ce résultat a constitué le point de départ de nos réflexions théoriques. En effet, les pôles de compétitivité semblent constituer une réponse aux problèmes de coordination des acteurs de l'innovation mis en évidence par Bresnahan et Trajtenberg (1995) car ils sont censés accroître les relations de coopération entre les firmes.

La littérature sur l'adoption des nouvelles technologies est très abondante. Une récente et excellente synthèse est faite par Hoppe (2002)⁴. L'auteur met l'accent sur deux éléments importants permettant de catégoriser l'ensemble des modèles théoriques : l'incertitude et l'interaction stratégique sur le marché du produit final. S'agissant du premier, plusieurs travaux comme Jensen (1982), McCardle (1985) et Reinganum (1989) montrent que l'incertitude sur la profitabilité de la nouvelle technologie réduit ou accroît l'incitation à l'adoption selon que les croyances sont pessimistes ou optimistes ; d'où l'importance de la collecte des informations. Celle-ci peut se faire, entre autres, par l'observation de l'expérience de premiers adoptants. Cependant Mariotti (1992) et Kapur (1995) montrent que cette perspective d'apprentissage social retarde l'adoption, sauf en présence de coordination explicite des adoptants. Le deuxième élément, c'est-à-dire la prise en compte de l'interaction stratégique, introduit le fait que l'incitation à l'adoption pour une firme dépend de la décision d'adoption des firmes rivales. La rivalité peut donc accélérer l'adoption ou la retarder selon l'avantage dont dispose la firme (Reinganum, 1981; Karshenas et Stoneman, 1993; Hoppe, 2002).

Le modèle que nous développons s'inspire, d'une part du travail de Bresnahan et Trajtenberg (1995) et d'autre part, des travaux théoriques relatifs à l'adoption de nouvelles technologies notamment la contribution importante de Jensen (1982) et de ses variantes dans McCardle (1985) et Jensen (1988). Nous supposons donc une relation verticale entre un fournisseur de technologie générique et un intégrateur.

Pour analyser l'impact des pôles de compétitivité, nous supposons que

4. Les premiers travaux de synthèse sur l'adoption et la diffusion des technologies sont Tirole (1988) et Reinganum (1989).

cette relation verticale fournisseur/clients passe d'un environnement sans pôle de compétitivité, c'est-à-dire le marché, à un environnement avec pôle de compétitivité. La prise en compte du pôle de compétitivité est un élément nouveau par rapport aux travaux de Bresnahan et Trajtenberg (1995). De plus, les décisions d'investissements en R&D des firmes ne sont pas simultanées mais séquentielles, d'abord la firme fournisseur et ensuite les firmes utilisatrices. A la différence de Bresnahan et Trajtenberg (1995), nous supposons aussi qu'il y a une incertitude sur la profitabilité de la technologie et qu'il n'y a pas d'interaction stratégique entre les firmes aval. Ces firmes ne disposent donc pas d'information parfaite sur la qualité de l'innovation amont et doivent l'acquérir pour réduire l'incertitude. Par ailleurs, contrairement à Jensen (1988), on ne modélise pas explicitement le coût d'acquisition de l'information. On le suppose exogène à la firme et au modèle.

Pour capturer la différence entre ces deux types d'organisation industriel, marché et pôle, on suppose que la probabilité de recevoir des informations sur l'innovation amont est différente selon le type d'organisation⁵. Autrement dit, l'intensité de diffusion ou de transmission de l'information sur la qualité des technologies varie en fonction de l'environnement, et que le pôle dispose d'un avantage informationnel par rapport au marché.

Tout comme Bresnahan et Trajtenberg (1995), nous isolons un seul secteur associé dans lequel toutes les firmes sont représentées par une seule. La relation verticale est décrite sous forme de jeu séquentiel à quatre étapes dans lequel la firme cliente est confrontée à la décision d'adopter ou non l'innovation générique. Le jeu n'est pas répété; il n'y a donc pas de possibilité d'apprentissage social. Après la résolution du jeu par induction à rebours, nous déterminons les différents équilibres et analysons l'effet des pôles de compétitivité sur ces équilibres. Nos principaux résultats montrent que le dispositif des pôles de compétitivité influence le choix de la qualité de l'innovation générique en amont, améliore l'incitation à innover de la firme aval ainsi que son niveau d'utilisation du bien générique de qualité haute, permet ainsi l'alignement des incitations R&D des firmes amont

5. On pourrait par exemple supposer que le coût d'acquisition de l'information (ou des coûts de transaction) est inversement proportionnel à la probabilité, pour une firme cliente, de recevoir de l'information sous forme de signal, quelque soit le type d'organisation industrielle. En clair, la probabilité de recevoir le signal est différente selon que la coordination fournisseur/clients se fait par le marché ou par le pôle de compétitivité.

et aval, et améliore le bien-être social lorsque les technologies génériques et associées sont toutes deux de haute qualité. De ces résultats théoriques, on peut anticiper le rôle que peuvent jouer les pôles de compétitivité dans l'amélioration de la compétitivité des entreprises et dans la croissance économique locale.

Dans la section 3.2 suivante, nous présentons le modèle. Les sections 3.3 et 3.4 sont consacrées à la résolution du jeu et à la détermination des équilibres des firmes. Nous analysons ensuite l'effet des pôles de compétitivité dans la section 3.5 avant de finir par une application dans la section 3.6 et la conclusion dans la section 4.5.

3.2 Le modèle

Soit la relation verticale entre un secteur amont produisant un bien composé d'une technologie générique et des secteurs aval, développant chacun une technologie associée (il y a complémentarité technologique).

Supposons que le secteur amont est monopolisé par une firme, appelée firme générique (g). Cette firme, pour développer sa technologie générique de qualité ou de niveau technologique z , $z > 0$, investit un coût fixe $c^g(z)$ en R&D, avec $c_z^g(z) > 0$ et $c_{zz}^g(z) > 0$. Pour simplifier, on suppose que sur le marché amont du bien générique, la firme générique peut choisir de produire la qualité basse ($\underline{z}$) ou la qualité haute ($\bar{z}$). Son coût marginal de production est constant et donné par c quelque soit la qualité z du bien générique. Elle vend son bien aux secteurs aval utilisateurs à un prix de gros w et réalise un profit net $\pi^g(w, z) = r^g(w, z) - c^g(z)$, $r^g(w, z)$ étant son revenu brut.

Supposons un secteur aval donné⁶, et une firme aval (a) représentative de l'ensemble des firmes de ce secteur. La firme aval mène son propre programme de R&D lui permettant de développer une technologie de qualité k , $k \geq 0$, incorporée dans un produit (semi-fini). L'adoption de la technologie générique, associée à la technologie aval permet à la firme aval de produire et commercia-

6. Comme nous l'avons précisé dans l'introduction, une technologie générique est utilisée dans plusieurs secteurs d'application. Cependant, si on considère que ces secteurs d'application ne sont pas forcément inter-connectés et sont indépendants les uns des autres, on peut les analyser séparément. De ce fait, nous ne modélisons pas les externalités horizontales qui pourraient éventuellement exister.

liser sur le marché aval un bien final. L'exemple des nanotechnologies permet d'illustrer la complémentarité technologique dans cette relation verticale⁷. Notons que la firme aval ne connaît pas forcément la qualité réelle de la technologie générique car elle est en situation d'information imparfaite (incertitude) ; elle sait seulement que z peut prendre deux valeurs, $\underline{z}$ ou $\bar{z}$. Elle a cependant une croyance a priori θ , $0 \leq \theta \leq 1$, que l'innovation générique en amont est de qualité haute $\bar{z}$; θ est globalement distribué selon une fonction de densité de probabilité $f(\theta)$.

Avant de prendre sa décision d'adoption, la firme aval reçoit ou non, sous forme de signal, de l'information relative à la qualité de la technologie générique. Le signal arrive de manière aléatoire avec une probabilité h , $0 \leq h \leq 1$. Lorsqu'il arrive, le signal est parfait et révèle la vraie qualité de la technologie générique ; autrement dit, en présence de signal, la firme aval est, ex-post, en information parfaite. Dans notre modèle, on suppose que la probabilité d'occurrence h du signal dépend de l'environnement industriel dans lequel se trouve la relation verticale firme (g) - firme (a). En fait, par cette hypothèse, nous modélisons la différence entre deux modes de coordination des acteurs de l'innovation : d'une part la coordination par le mécanisme du marché et d'autre part, la coordination par des structures localisées collaboratives en matière de R&D telles que les pôles de compétitivité.

Supposons que sur le marché du produit de la firme associée, l'ensemble des agents économiques (vendeur et acheteurs) négocient un arrangement efficace afin de maximiser le surplus brut du secteur⁸. Ceci suppose en particulier qu'il existe

7. En effet, de nombreux programmes de recherches sont actuellement entrepris dans le domaine de la construction de microprocesseurs composés de circuits intégrés à l'échelle moléculaire ou nanométrique en exploitant les propriétés d'atomes individuels de silicium. S'ils sont réellement produits et commercialisés, l'utilisation de ces processeurs de nouvelle génération par les constructeurs d'ordinateurs, pourrait leur permettre de fabriquer des ordinateurs d'une consommation énergétique ultra-faible. Dans cet exemple, le produit générique serait le microprocesseur intégrant une nanotechnologie dont la qualité z serait mesurée par sa capacité à baisser la consommation énergétique ; le bien semi-fini en aval serait tout l'environnement technologique de l'ordinateur (unité centrale et tout ce qu'il contient) sans le microprocesseur ; le niveau technologique de cet environnement est donné par k . La performance du bien final, c'est-à-dire l'ordinateur complet, dépendra donc des niveaux technologiques k et z associés.

8. De ce fait, dans le reste du chapitre, quand on écrit profit brut (ou net) de la firme aval (a), il s'agit en réalité du surplus brut (ou net) du secteur aval.

un transfert monétaire des clients vers la firme aval qui assure la viabilité de cette dernière lorsque les profits bruts ne couvrent pas les coûts fixes. L'objectif poursuivi en formulant cette hypothèse est de sortir du champ d'analyse les imperfections du marché aval.

Donc, le surplus brut du secteur aval est donné par :

$$CS(p^a, k, z) + (p^a - \gamma - w)X^a \quad (3.1)$$

avec $CS(p^a, k, z)$ le surplus net du consommateur, $\gamma \geq 0$ le coût de production unitaire, $p^a > 0$ le prix de vente unitaire de produit aval ; $p^a \geq \gamma + w$. Pour simplifier les notations, on supposera dans le reste du document que $\gamma = 0$ sans perte de généralité. La demande du générique est donnée par $X^a = -CS_{p^a}$ avec $CS_{p^a} < 0$. On suppose qu'une unité du bien générique permet de produire une unité du bien aval. La définition de z et k implique que $CS_z > 0$ et $CS_k > 0$. On suppose par ailleurs que $CS_{zz} \geq 0$, $CS_{kk} \geq 0$, $CS_{p^a p^a} > 0$, $CS_{p^a z} < 0$, $CS_{p^a k} < 0$, $CS_{kz} > 0$ et enfin $CS_{kk} - c_{kk}^a < 0$. L'hypothèse $CS_{p^a p^a} > 0$ implique que la demande X^a est décroissante en p^a . Par ailleurs, on note $c^a(k)$ le niveau d'investissement en R&D, avec $c_k^a > 0$, $c_{kk}^a > 0$.

On décrit la relation verticale entre le secteur amont et le secteur aval sous forme d'un jeu séquentiel à quatre étapes :

- **Étape 1** (R&D et innovation en amont) : le secteur amont développe un produit composé d'une technologie générique de qualité $z > 0$ et choisit son prix de gros $w > 0$. On suppose que z ne peut prendre que deux valeurs, qualité basse $\underline{z}$ ou qualité haute $\bar{z}$.

- **Étape 2** (Signal sur la qualité) : le secteur associé reçoit ou non des informations relatives à la qualité z sous forme de signal. Ce signal est parfait et arrive avec une probabilité h selon l'environnement industriel ; en présence de signal, la firme aval est en information parfaite tandis qu'en absence de signal, elle est en information imparfaite.

- **Étape 3** (Décision d'adoption et R&D en aval) : le secteur aval observe le prix de gros amont et décide ou non d'adopter la technologie générique. S'il adopte, il choisit le niveau $k \geq 0$ de sa propre technologie associée et investit $c(k)$ en recherche et développement⁹. Il fixe ensuite son prix $p^a \geq 0$.

- **Étape 4** (Révélation de z et demande du bien générique en aval) : la qualité z est révélée à l'ensemble des agents du secteur aval (vendeur et consommateurs finaux) ; les consommateurs expriment leurs demandes X^a du bien aval ; la firme aval achète la quantité nécessaire de l'input générique et offre la quantité du bien aval demandée.

Remarque 2. On peut vérifier que même si le prix p^a est fixé à l'étape 4, il serait le même qu'à l'étape 3. Par ailleurs, on note que l'étape 4 suppose que la technologie générique a été adoptée à l'étape 3.

La résolution du jeu se fait par induction à rebours en déterminant d'abord le prix et la qualité d'équilibre du secteur aval à l'étape 3 pour toute valeur de w choisie par la firme amont à l'étape 1 (on en déduira la demande et le profit réalisé à l'étape 4). Ensuite, on détermine l'équilibre du secteur amont (demande espérée, profit, quantité, prix) à l'étape 1.

3.3 Équilibre de la firme aval

3.3.1 Information parfaite

En présence du signal, la firme aval se trouve en information parfaite et observe la qualité du générique. Si elle adopte la technologie, elle choisit son niveau technologique $k(w, z)$ et fixe son prix optimal $p^{a*}(w, k, z)$ qui maximise son profit $\pi^a(w, p^a, k, z)$. Le choix de prix se fait par la résolution du problème de maximisation du secteur aval :

$$r^a(w, p^a, k, z) = \max_{p^a} \{CS(p^a, k, z) + (p^a - w)X^a\} \quad (3.2)$$

9. Il y a un décalage entre l'étape 3 et l'étape 4 car la R&D nécessite un certain temps.

La condition de premier ordre du problème de maximisation (3.2) permet d'écrire $(p^a - w)(-\frac{\partial^2 CS}{\partial p^{a2}}) = 0$. On vérifie que le prix choisi par la firme est donné par :

$$p^{a*} = w \quad (3.3)$$

Le surplus brut du secteur aval devient alors $r^a(w, k, z) = CS(w, k, z)$ et son profit net $\pi^a(w, k, z) = CS(w, k, z) - c^a(k)$. On déduit des hypothèses sur le surplus du consommateur (CS), les propriétés suivantes : $r_z^a > 0$, $r_k^a > 0$, $r_w^a < 0$. La présence de complémentarité technologique intersectorielle se traduit par $r_{kz}^a \geq 0$.

La qualité optimale k est donnée par :

$$k(w, z) = \underset{k}{argmax} \{ \pi^a(w, k, z) \} \quad (3.4)$$

respectant les conditions de premier ordre $CS_k - c_k^a = 0$ et de second ordre $CS_{kk} - c_{kk}^a < 0$.

Notons $\pi^{max}(w, z) \equiv \max_k \{ \pi^a(w, k, z) \}$; la technologie générique de qualité z est profitable (et adoptée) si et seulement si $\pi^{max}(w, z) > 0$ ¹⁰. Notons $\underline{k}(w) \equiv k(w, \underline{z})$ et $\underline{\pi}^{max}(w) \equiv \pi^{max}(w, \underline{z})$ respectivement le niveau optimal de k et le profit maximum associé lorsque le signal révèle $\underline{z}$; soient $\bar{k}(w) \equiv k(w, \bar{z})$ et $\bar{\pi}^{max}(w) \equiv \pi^{max}(w, \bar{z})$ le niveau optimal de k et le profit maximum associé lorsque le signal révèle $\bar{z}$.

Remarque 3. $\underline{\pi}^{max}(w)$ et $\bar{\pi}^{max}(w)$ sont décroissants avec w .

Hypothèse 4. $\underline{\pi}^{max}(0) > 0$, $\underline{\pi}^{max}(+\infty) < 0$ et $\bar{\pi}^{max}(0) > 0$, $\bar{\pi}^{max}(+\infty) < 0$.

En supposant que $\underline{\pi}^{max}(0) > 0$ et $\bar{\pi}^{max}(0) > 0$, on suppose qu'il y a toujours un prix suffisamment bas pour que la firme aval soit prête à adopter la qualité basse ; pour ce prix bas, la firme aval est prête à adopter même si elle ne

10. Si $\pi^{max}(w, z) < 0$, le secteur aval n'adopte pas le produit générique et choisit une action d'opportunité. On normalisera le coût d'opportunité à zéro si la technologie z est un input essentiel ; par contre si z n'est pas un input essentiel, alors le secteur aval utilise une technologie alternative.

connait pas la qualité. Dans ce cas, la technologie générique est toujours profitable quelque soit la qualité¹¹. Par contre, en supposant que $\underline{\pi}^{max}(+\infty) < 0$ et $\overline{\pi}^{max}(+\infty) < 0$, on suppose que pour des prix extrêmement élevés, l'adoption de la technologie par l'aval devient non profitable quelque soit la qualité.

Lemme 1. *Il existe deux prix de réserve, $\underline{w}$ et $\overline{w}$, avec $\underline{w} > 0$ et $\overline{w} < +\infty$, tels que :*

- *La firme aval adopte la technologie générique de qualité basse $\underline{z}$ si et seulement si $w < \underline{w}$,*
- *La firme aval adopte la technologie générique de qualité haute $\overline{z}$ si et seulement si $w < \overline{w}$.*

Nous verrons que $\underline{w} < \overline{w}$; en d'autres termes, en information parfaite, la disposition à payer la qualité haute ($\overline{z}$) est plus élevée que la disposition à payer pour la qualité basse ($\underline{z}$).

Remarque 4. On vérifie ici la première partie de l'hypothèse de complémentarité technologique mise en évidence par Bresnahan et Trajtenberg (1995). En effet, on montre que $k_z(w, z) > 0$ pour tout w donné; autrement dit, en information parfaite, l'incitation à la R&D dans le secteur aval augmente avec le niveau de qualité de la technologie générique du secteur amont.¹²

Démonstration. La condition de premier ordre $CS_k - c_k^a = 0$ implique que $CS_{kz} + k_z CS_{kk} - k_z c_{kk}^a = 0$; ce qui implique à son tour que $k_z = \frac{CS_{kz}}{c_{kk}^a - CS_{kk}}$. Or par hypothèse $CS_{kz} > 0$ et $c_{kk}^a - CS_{kk} > 0$, d'où $k_z(w, z) > 0$. $\square$

On en déduit la quantité demandée X^a par la firme aval. Elle est fonction à la fois de la qualité z révélée et du prix de gros de la technologie générique w .

11. Il est tout à fait possible de supposer que $\underline{\pi}^{max}(0) \leq 0 < \overline{\pi}^{max}(0)$, ce qui traduit que l'adoption de la technologie générique est profitable à la firme aval si la qualité est haute ($\overline{z}$) et non profitable si la qualité est basse ($\underline{z}$). Jensen (1982) a adopté cette posture dans son modèle pionnier d'adoption et de diffusion, modèle repris et généralisé par McCardle (1985)

12. Dans notre modèle et à ce stade, nous supposons que le choix de z et de w est exogène. Dans leur article, Bresnahan et Trajtenberg (1995) modélisent aussi le choix du secteur générique et montrent que le niveau technologique du générique augmente avec k par l'intermédiaire de la demande X^a , soit $z_k^*(c, k) > 0$. Les niveaux technologiques $\{k, z\}$ sont ainsi caractérisés comme des compléments stratégiques.

Notons $\underline{X}^a(w) \equiv X^a(w, \underline{z}, \underline{k})$ lorsque le produit générique est de qualité basse et $\overline{X}^a(w) \equiv X^a(w, \overline{z}, \overline{k})$ lorsque le produit générique est de qualité haute ; on distingue trois cas suivants :

1. si $w < \underline{w}$ alors $\overline{X}^a(w) = -CS_{p^a}(w, \overline{k}, \overline{z})$ et le profit est donné par $\overline{\pi}^a(w) = CS(w, \overline{z}, \overline{k}) - c(\overline{k})$ tandis que $\underline{X}^a(w) = -CS_{p^a}(w, \underline{z}, \underline{k})$ avec un profit donné par $\underline{\pi}^a(w) = CS(w, \underline{z}, \underline{k}) - c(\underline{k})$;
2. si $\underline{w} < w < \overline{w}$ alors $\overline{X}^a(w) = -CS_{p^a}(w, \overline{k}, \overline{z})$ et le profit est donné par $\overline{\pi}^a(w) = CS(w, \overline{z}, \overline{k}) - c(\overline{k})$ tandis que $\underline{X}^a(w) = 0$ et $\underline{\pi}^a(w) = 0$;
3. si $w > \overline{w}$. La firme n'adopte pas quelque soit la qualité du générique, $\underline{X}^a(w) = \overline{X}^a(w) = 0$ et les profits sont nuls.

3.3.2 Information imparfaite

En absence de signal, la firme associée est en information imparfaite ; elle n'observe pas la qualité z du générique. Elle base sa décision d'adoption sur sa croyance *a priori* θ que la technologie est de haute qualité. Si elle adopte, elle choisit son niveau technologique $k^*(w, \theta)$ et son prix optimal $p^a(w, k, \theta)$ de sorte à maximiser son profit espéré $\Pi^a(p^a, k, \theta)$.

Le choix de $p^a(w, k, \theta)$ se fait par la résolution du problème de maximisation du profit brut espéré de la firme aval :

$$\max_{p^a} R^a(w, p^a, k, \theta) \quad (3.5)$$

avec $R^a(w, p^a, k, \theta) = \theta[CS(p^a, k, \overline{z}) + (p^a - w)X^a] + (1 - \theta)[CS(p^a, k, \underline{z}) + (p^a - w)X^a]$. La résolution de (3.5) donne un prix optimal $p^a = w$. En utilisant l'expression de p^a , l'espérance de profit devient $\Pi^a(w, k, \theta) = \theta CS(w, k, \overline{z}) + (1 - \theta)CS(w, k, \underline{z}) - c^a(k)$. Le k optimal est donné par :

$$k^*(w, \theta) = \underset{k}{argmax} \{ \Pi^a(w, k, \theta) \} \quad (3.6)$$

Notons $\Pi^{max}(w, \theta) = \max_k \Pi^a(w, k, \theta)$. La technologie générique est profitable si et seulement si $\Pi^{max}(w, \theta) > 0$.

Définition 1. Notons $\tilde{w}(\theta)$, le prix de réserve de la firme aval en absence de signal ; la firme adopte si et seulement si $w < \tilde{w}(\theta)$.

Lemme 2. $\tilde{w}(\theta)$ est croissant avec θ .

Démonstration. Pour tout w donné, $\Pi_i^{max}(w, \theta) = \theta CS(w, k^*, \bar{z}) + (1 - \theta)CS(w, k^*, \underline{z}) - c^a(k^*)$. Supposons que pour une firme i quelconque de croyance a priori θ , le prix du générique est tel que $w = \tilde{w}(\theta)$, alors $\Pi_i^{max}(\tilde{w}(\theta), \theta) = 0$ car $\tilde{w}(\theta)$ est le prix qui annule $\Pi_i^{max}(w, \theta)$. De plus, par hypothèse, le profit des firmes associées est décroissant avec w . Soit une firme j de croyance θ' tel que $\theta' < \theta$; évaluons le profit Π_j^{max} de la firme j en $\tilde{w}(\theta)$: $\theta' CS(\tilde{w}(\theta), k^*, \bar{z}) + (1 - \theta')CS(\tilde{w}(\theta), k^*, \underline{z}) - c^a(k^*) = (\theta' - \theta)CS(\tilde{w}(\theta), k^*, \bar{z}) + (\theta - \theta')CS(\tilde{w}(\theta), k^*, \underline{z}) - c^a(k^*) + \theta CS(\tilde{w}(\theta), k^*, \bar{z}) + (1 - \theta)CS(\tilde{w}(\theta), k^*, \underline{z}) = (\theta' - \theta)[CS(\tilde{w}(\theta), k^*, \bar{z}) - CS(\tilde{w}(\theta), k^*, \underline{z})] < 0$. Le profit de la firme j évalué en $\tilde{w}(\theta)$ est négatif ; sachant par hypothèse que le profit de j est décroissant en w et s'annule en $\tilde{w}(\theta')$, il faut donc réduire $\tilde{w}(\theta)$ pour atteindre $\tilde{w}(\theta')$; ce qui implique que $\tilde{w}(\theta') < \tilde{w}(\theta)$. On montre ainsi que $\tilde{w}(\theta)$ croît avec θ ; en particulier, $\tilde{w}(0) = \underline{w} < \tilde{w}(1) = \bar{w}$. $\square$

Remarque 5. En information imparfaite, le prix de réserve dépend de la croyance a priori de la firme aval. Une firme très pessimiste ($\theta \simeq 0$) sur la qualité du produit aura un critère d'adoption plus strict car son prix de réserve sera plus faible ; au contraire une firme très optimiste ($\theta \simeq 1$) aura un prix de réserve plus élevé. L'incertitude peut réduire ou accroître l'incitation à l'adoption selon que les croyances de la firme sont pessimistes ou optimistes. L'absence de signal peut aussi engendrer des comportements sous-optimaux pour la firme aval ; en effet, une firme pessimiste pourrait refuser une technologie générique de haute qualité $\bar{z}$ parce que le prix w est tel que $\tilde{w}(\theta) < w < \bar{w}$, alors qu'en réalité, elle gagnerait ex-post à l'adopter parce qu'elle est de haute qualité $\bar{z}$. De même une firme optimiste pourrait adopter une technologie générique de faible qualité $\underline{z}$ parce que le prix w est tel que $\underline{w} < w < \tilde{w}(\theta)$ alors qu'elle gagnerait ex-post à ne pas l'adopter parce qu'elle est de qualité basse.

Le comportement d'achat de la firme aval en absence de signal dépend donc de son prix de réserve qui est lui-même dépendant de sa croyance à priori θ .

1. si $w < \tilde{w}(\theta)$, la firme adopte la technologie générique. La demande anticipée¹³ sur laquelle elle se base pour prendre sa décision d'adoption à l'étape 3 est donnée par $\theta(-CS_{pa}(w, k^*, \bar{z})) + (1-\theta)(-CS_{pa}(w, k^*, \underline{z}))$ et son profit espéré est donné par $\Pi^a(w, \theta) = \theta CS(w, k^*, \bar{z}) + (1-\theta)CS(w, k^*, \underline{z}) - c^a(k^*)$;
2. si $w > \tilde{w}(\theta)$. La firme aval n'adopte pas la technologie générique; sa demande anticipée est nulle ainsi que son profit.

3.4 Équilibre de la firme amont

La demande espérée de la firme amont est fonction des informations dont elle dispose. Soit X^g cette demande; notons $X^g \equiv \underline{X}^g$ lorsque la firme amont produit la qualité basse et $X^g \equiv \overline{X}^g$ sa demande espérée lorsqu'elle produit la qualité haute.

3.4.1 Information parfaite

En présence de signal, les firmes aval et amont disposent des mêmes informations. Alors la demande espérée par la firme amont est la même que la demande de la firme aval à l'étape 4. Alors,

1. si $w < \underline{w}$, on a $\overline{X}^g(w) = \overline{X}^a(w) = -CS_{pa}(w, \bar{z}, \bar{k})$ et $\underline{X}^g(w) = \underline{X}^a(w) = -CS_{pa}(w, \underline{z}, \underline{k})$.
2. si $\underline{w} < w < \overline{w}$, $\overline{X}^g(w) = \overline{X}^a(w) = -CS_{pa}(w, \bar{z}, \bar{k})$ et $\underline{X}^g(w) = \underline{X}^a(w) = 0$.
3. si $w > \overline{w}$, $\underline{X}^g(w) = \underline{X}^a(w) = 0$.

Les profits correspondants sont donnés par $(w - c)X^g - c^g(z)$.

3.4.2 Information imparfaite

En absence de signal, la demande espérée du secteur générique correspond à l'espérance de la demande exprimée à l'étape 4 par la firme aval. En effet, à

13. En effet, en information imparfaite, le surplus espéré est donné par $CS = \theta CS(w, k^*, \bar{z}) + (1 - \theta)CS(w, k^*, \underline{z})$ d'où $X^a(w, \theta) = -[\theta CS_{pa}(w, k^*, \bar{z}) + (1 - \theta)CS_{pa}(w, k^*, \underline{z})]$.

cette étape, les consommateurs observent la qualité z de la technologie générique mais aussi la qualité $k^*(w, \theta)$ choisie par la firme aval de type θ quelconque en absence de signal. Ainsi, pour $\bar{z}$ observé, on a $\bar{X}^a(w, \theta) = -CS_{p_a}(w, k^*(w, \theta), \bar{z})$ et pour $\underline{z}$ observé, on a $\underline{X}^a(w, \theta) = -CS_{p_a}(w, k^*(w, \theta), \underline{z})$. Par conséquent,

1. si $w < \underline{w}$, on a :

$$\bar{X}^g(w) = \int_0^1 (-CS_{p_a}(w, k^*(w, \theta), \bar{z}))f(\theta)d\theta \quad (3.7)$$

ou

$$\underline{X}^g(w) = \int_0^1 (-CS_{p_a}(w, k^*(w, \theta), \underline{z}))f(\theta)d\theta \quad (3.8)$$

2. si $\underline{w} < w < \bar{w}$, on a :

$$\bar{X}^g(w) = \int_{\tilde{w}^{-1}(w)}^1 (-CS_{p_a}(w, k^*(w, \theta), \bar{z}))f(\theta)d\theta \quad (3.9)$$

ou

$$\underline{X}^g(w) = \int_{\tilde{w}^{-1}(w)}^1 (-CS_{p_a}(w, k^*(w, \theta), \underline{z}))f(\theta)d\theta \quad (3.10)$$

3. si $w > \bar{w}$, il n'y a pas d'adoption et la demande espérée du générique est aussi nulle.

3.4.3 Information imparfaite avec probabilité h de signal

Lorsque la firme générique prend en compte la probabilité h pour la firme aval de recevoir le signal sur la qualité de son produit, sa demande espérée est une fonction de h . En effet, elle sait qu'avec une probabilité h sa demande espérée est la même qu'en information parfaite et avec une probabilité $(1 - h)$, elle est la même qu'en information imparfaite. On a donc :

1. si $w < \underline{w}$, alors

$$\begin{aligned} \bar{X}^g(w, h) &= h(-CS_{p_a}(w, \bar{k}, \bar{z})) \\ &+ (1 - h) \int_0^1 (-CS_{p_a}(w, k^*(w, \theta), \bar{z}))f(\theta)d\theta \end{aligned} \quad (3.11)$$

ou

$$\begin{aligned} \underline{X}^g(w, h) &= h(-CS_{p^a}(w, \underline{k}, \underline{z})) \\ &+ (1-h) \int_0^1 (-CS_{p^a}(w, k^*(w, \theta), \underline{z})) f(\theta) d\theta \end{aligned} \quad (3.12)$$

2. si $\underline{w} < w < \bar{w}$

$$\begin{aligned} \overline{X}^g(w, h) &= h(-CS_{p^a}(w, \bar{k}, \bar{z})) \\ &+ (1-h) \int_{\bar{w}^{-1}(w)}^1 (-CS_{p^a}(w, k^*(w, \theta), \bar{z})) f(\theta) d\theta \end{aligned} \quad (3.13)$$

ou

$$\underline{X}^g(w, h) = (1-h) \int_{\bar{w}^{-1}(w)}^1 (-CS_{p^a}(w, k^*(w, \theta), \underline{z})) f(\theta) d\theta \quad (3.14)$$

3. si le prix du générique est tel que $w > \bar{w}$, alors la firme associée n'adopte pas et la demande espérée du générique est nulle.

Statique comparative

Supposons que la firme aval adopte la technologie générique. Analysons l'effet de l'accroissement de h sur l'écart de la demande espérée par la firme amont lorsqu'elle produit la qualité haute et lorsqu'elle produit la qualité basse indépendamment du l'environnement industriel. La demande espérée X^g est exprimée par l'une des équations (3.11), (3.12), (3.13) ou (3.14). Considérons deux cas de figure :

(1). Supposons que la firme amont choisit un prix unique w^m quelque soit la qualité du générique, $w^m = w^m(h, \underline{z}) = w^m(h, \bar{z})$ pour tout h donné. L'écart de demande espérée¹⁴ par la firme générique selon les valeurs de w^m sont :

(a) si $w^m < \underline{w}$, en utilisant les équations (3.11) et (3.12), on a

$$\overline{X}^g - \underline{X}^g = h(-CS_{p^a}(w^m, \bar{k}, \bar{z})) - (-CS_{p^a}(w^m, \underline{k}, \underline{z})) \quad (3.15)$$

14. Pour simplifier les notations, on écrit $\overline{X}^g(w^m, h) \equiv \overline{X}^g$ et $\underline{X}^g(w^m, h) \equiv \underline{X}^g$

(b) si $\underline{w} < w^m < \bar{w}$, en utilisant les équations (3.13) et (3.14), on a

$$\bar{X}^g - \underline{X}^g = h(-CS_{p^a}(w^m, \bar{k}, \bar{z})) \quad (3.16)$$

Par hypothèse, $(-CS_{p^a}(w^m, \bar{k}, \bar{z})) > 0$, $(-CS_{p^a}(w^m, \underline{k}, \underline{z})) > 0$ et $(-CS_{p^a}(w^m, \bar{k}, \bar{z})) - (-CS_{p^a}(w^m, \underline{k}, \underline{z})) > 0$. On en conclut que l'effet de h sur l'écart de la demande est positif, $\frac{\partial(\bar{X}^g - \underline{X}^g)}{\partial h} > 0$.

On calcule l'écart de profit, $\bar{\pi}^g - \underline{\pi}^g = (w^m - c)(\bar{X}^g - \underline{X}^g) - (c^g(\bar{z}) - c^g(\underline{z}))$. L'effet de h sur l'écart de profit est donné par : $\frac{\partial(\bar{\pi}^g - \underline{\pi}^g)}{\partial h} = \frac{\partial(\bar{X}^g - \underline{X}^g)}{\partial h}(w^m - c)$. Le résultat sur l'écart de demande induit $\frac{\partial(\bar{\pi}^g - \underline{\pi}^g)}{\partial h} > 0$.

Ces résultats montrent que, lorsque h augmente, quelque soit le prix de gros unique w^m , y compris celui qui maximise le profit de la qualité basse $\underline{z}$, le différentiel de l'espérance de demande de la firme amont augmente ainsi que le différentiel du profit. De ce fait, l'incitation de la firme générique à vendre la qualité haute plutôt que la qualité basse augmente avec la probabilité h de recevoir le signal. La firme amont peut donc avoir toujours une incitation à basculer sur la qualité haute $\bar{z}$; mais cela nécessite un accroissement des coûts de R&D, un ajustement du prix de gros et un niveau suffisant de h pour que différentiel de profit brut soit supérieur au différentiel de coûts en R&D.

(2). Supposons donc que la firme amont fixe des prix endogènes à la qualité de la technologie générique, on aura donc $w^m(h, z) = \operatorname{argmax}_w \pi^g(w, k, z, h)$. Posons respectivement $w^m(h, \bar{z}) = \bar{w}^m(h)$ et $w^m(h, \underline{z}) = \underline{w}^m(h)$ le prix optimal pour la qualité haute et la qualité basse à valeur donnée de h .

Hypothèse 5. Supposons que pour tout h donné, $\bar{w}^m(h) \geq \underline{w}^m(h) > 0$.

Nous supposons donc que pour une valeur donnée de la probabilité d'obtention de signal h , la firme amont vend la qualité haute à un prix au moins égal à celui de la qualité basse. Dans la section (3.6), nous montrons que cette condition est validée pour la fonction de demande spécifique choisie.

Calculons l'effet d'une variation de h sur le différentiel de profit entre la qualité haute et la qualité basse. En utilisant le théorème de l'enveloppe, on montre que

la différentielle totale de l'écart de profit est donnée par :

$$\frac{d}{dh}(\bar{\pi}^g - \underline{\pi}^g) = (w^{\bar{m}} - w^{\underline{m}}) \frac{\partial \bar{X}^g}{\partial h} + (w^{\bar{m}} - c) \frac{\partial}{\partial h}(\bar{X}^g - \underline{X}^g) \quad (3.17)$$

Démonstration.

$$\frac{d\bar{\pi}^g}{dh} = \frac{\partial \bar{\pi}^g}{\partial h} + \frac{\partial \bar{\pi}^g}{\partial w^{\bar{m}}} \frac{\partial w^{\bar{m}}}{\partial h} \quad (3.18)$$

Or par définition, $\frac{\partial \bar{\pi}^g}{\partial w^{\bar{m}}} = 0$, l'équation (3.18) devient donc :

$$\frac{d\bar{\pi}^g}{dh} = \frac{\partial \bar{\pi}^g}{\partial h} = (w^{\bar{m}} - c) \frac{\partial \bar{X}^g}{\partial h} \quad (3.19)$$

C'est le théorème de l'enveloppe. De même, pour le profit de la qualité basse, on obtient :

$$\frac{d\underline{\pi}^g}{dh} = \frac{\partial \underline{\pi}^g}{\partial h} = (w^{\underline{m}} - c) \frac{\partial \underline{X}^g}{\partial h} \quad (3.20)$$

En utilisant les équations (3.19) et (3.20), on écrit le différentiel de profit :

$$\frac{d}{dh}(\bar{\pi}^g - \underline{\pi}^g) = (w^{\bar{m}} - w^{\underline{m}}) \frac{\partial \bar{X}^g}{\partial h} + (w^{\bar{m}} - c) \frac{\partial}{\partial h}(\bar{X}^g - \underline{X}^g) \quad (3.21)$$

Le signe du différentiel de profit $\frac{d}{dh}(\bar{\pi}^g - \underline{\pi}^g)$ dépend du signe de $\frac{\partial \bar{X}^g}{\partial h}$ et du signe de $\frac{\partial(\bar{X}^g - \underline{X}^g)}{\partial h}$. $\square$

Lemme 3. $\frac{\partial \underline{X}^g}{\partial h} < 0$ et $\frac{\partial \bar{X}^g}{\partial h} > 0$.

Démonstration. Il suffit de vérifier que dans l'équation (3.11) $(-CS_{p^a}(w, \bar{k}, \bar{z})) > \int_0^1 (-CS_{p^a}(w, k^*(w, \theta), \bar{z})) f(\theta) d\theta$; que dans l'équation (3.13) $(-CS_{p^a}(w, \bar{k}, \bar{z})) > \int_{\bar{w}^{-1}(w)}^1 (-CS_{p^a}(w, k^*(w, \theta), \bar{z})) f(\theta) d\theta$; que dans l'équation (3.12) $(-CS_{p^a}(w, \underline{k}, \underline{z})) < \int_0^1 (-CS_{p^a}(w, k^*(w, \theta), \underline{z})) f(\theta) d\theta$; et enfin que dans l'équation (3.14) $0 < \int_{\bar{w}^{-1}(w)}^1 (-CS_{p^a}(w, k^*(w, \theta), \underline{z})) f(\theta) d\theta$. Avec l'hypothèse initiale $CS_{p^a k} < 0$ (donc $-CS_{p^a}$ croissant avec k) et sachant que $\underline{k} < k^*(w, \theta) < \bar{k}$, on vérifie aisément les inégalités provenant des équations (3.11), (3.13) et (3.12); pour l'équation (3.14), on vérifie aussi que $\frac{\partial \underline{X}^g}{\partial h} < 0$ car $\int_{\bar{w}^{-1}(w)}^1 (-CS_{p^a}(w, k^*(w, \theta), \underline{z})) f(\theta) d\theta > 0$. $\square$

Remarque 6. Le lemme 3 implique que l'écart de demande $\frac{\partial(\bar{X}^g - \underline{X}^g)}{\partial h} > 0$ mais n'implique pas nécessairement que $\bar{X}^g - \underline{X}^g > 0$ lorsque la qualité haute et la qualité basse sont vendues respectivement aux prix $w^{\bar{m}}$ et $w^{\underline{m}}$.

Lemme 4. $\frac{d(\bar{\pi}^g - \underline{\pi}^g)}{dh} > 0$. *L'incitation de la firme générique à vendre la qualité haute plutôt que la qualité basse augmente avec la probabilité de recevoir le signal.*

Démonstration. Le lemme 4 est la conséquence du lemme 3. □

3.5 Effets des pôles de compétitivité

Nous supposons que la probabilité de recevoir le signal est différente selon que la coordination de la relation fournisseur/client se fait par le mécanisme du marché ou par le pôle de compétitivité. Nous modélisons la mise en place de pôles de compétitivité par un accroissement de la probabilité de signal h_1 , comparé au marché. En d'autres termes si h représente la probabilité de signal sur le marché et h_2 la probabilité de signal au sein du pôle, alors $dh = h_2 - h_1 > 0$.

Nous supposons donc qu'en présence de pôle de compétitivité, il est plus probable pour la firme aval de recevoir des informations relatives à la vraie qualité de la technologie générique qu'une firme sur le marché. Le pôle de compétitivité présente un avantage relatif, non seulement en termes de coûts de transaction, mais aussi un avantage informationnel pour les firmes membres, avantages liés à la proximité géographique et aux externalités de connaissance localisées (Krugman, 1991b; Baptista, 1996). Stein (2008) montre à ce propos que les informations précieuses ont une tendance endogène à rester au sein des petits groupes d'entités souvent localisées tels que les clusters. Au sein des pôles, on imagine donc que les firmes entretiennent beaucoup plus de relations contractuelles, de discussions et d'échanges d'informations que sur le marché classique. On verra que cela est confirmé au travers des entretiens réalisés auprès des acteurs du pôle Minalogic et discutés dans le chapitre 4.

Nous analysons l'effet des pôles de compétitivité, i.e. l'effet de l'accroissement de h sur le choix de la qualité en amont, sur le comportement d'adoption en aval et sur le bien-être social.

3.5.1 Choix de la qualité en amont

Il s'agit ici d'analyser l'effet de l'accroissement de h sur le comportement de la firme amont dans son choix de produire $\bar{z}$ ou $\underline{z}$. La statique comparative précédente de l'écart de profit par rapport à h montre que cet écart peut devenir suffisamment grand pour des valeurs fortes de h . La firme générique aurait intérêt, dans ce cas, à payer le coût supplémentaire $c^g(\bar{z}) - c^g(\underline{z})$ en R&D pour produire la qualité haute. A contrario, l'écart de profit peut fortement se réduire pour des valeurs faibles de h ; la firme aurait intérêt à favoriser la qualité basse. En particulier, lorsque h devient nul, la firme générique choisit toujours la qualité basse¹⁵ du fait de la stricte croissance du coût de R&D, $c^g(\bar{z}) > c^g(\underline{z})$.

Hypothèse 6. *On suppose qu'en information parfaite, $h = 1$, la firme générique choisit toujours la qualité haute $\bar{z}$.*

L'hypothèse 6 garantit le fait qu'en information parfaite, le coût de R&D pour la qualité haute reste toujours raisonnable de sorte que le profit $\bar{\pi}^g > 0$.

Proposition 8. *Il existe une valeur limite h^* , tel que si $h < h^*$ la firme générique investit dans la qualité basse, si $h \geq h^*$ la firme générique investit dans la qualité haute.*

Démonstration. La proposition 8 est la conséquence du lemme 4 et de l'hypothèse 6. □

Corollaire 2. *Si l'accroissement de h permet de passer d'un $h < h^*$ à un $h \geq h^*$, le pôle fait basculer la firme générique de la qualité basse vers la qualité haute.*

3.5.2 Comportement d'adoption en aval

Du point de vue de la firme amont, le niveau d'investissement en R&D espéré en aval et le niveau d'utilisation espéré du produit générique en aval sont fonction de h , la probabilité d'observer le signal en aval.

15. En absence de signal, la firme générique n'a aucun intérêt à choisir la qualité haute car le secteur aval ignore la qualité. Si la firme générique choisit la qualité haute, elle investit plus de coût fixe en R&D alors qu'elle reçoit la même demande et le même revenu que la qualité basse. Cependant, dans un modèle dynamique intégrant les aspects de réputation, on pourrait imaginer que la firme générique choisisse la qualité haute en absence de signal pour construire ou préserver sa réputation.

Considérons une firme aval de type θ donné et notons $\tilde{k}(h, \theta)$ son niveau d'investissement en R&D espéré et $\tilde{X}^a(h, \theta)$ son niveau d'utilisation espéré du produit générique (on note que $\tilde{k}(h, \theta) \equiv \tilde{k}(w, k, k^*, z, h, \theta)$ et $\tilde{X}^a(h, \theta) \equiv \tilde{X}^a(w, k, k^*, z, h, \theta)$, car les variables $w \equiv w^m(h, z)$, $z \equiv z(h)$, $k \equiv k(w, z)$ et $k^* \equiv k^*(w, \theta)$ sont endogènes).

Analysons l'effet de l'accroissement de h , $dh = h_2 - h_1 > 0$ sur $\tilde{k}(h, \theta)$ et $\tilde{X}^a(h, \theta)$.

3.5.2.1 Niveau d'investissement en qualité en aval

La qualité espérée en aval est donnée par $\tilde{k}(h, \theta) = hk(w^m, z) + (1 - h)k^*(w^m, \theta)$. La différentielle totale¹⁶ par rapport à h donne :

$$\frac{d\tilde{k}}{dh} = (k - k^*) + \left(\frac{\partial w^m}{\partial h} + \frac{\partial z}{\partial h} \frac{\partial w^m}{\partial z} \right) \left(h \left(\frac{\partial k}{\partial w^m} - \frac{\partial k^*}{\partial w^m} \right) + \frac{\partial k^*}{\partial w^m} \right) + h \left(\frac{\partial z}{\partial h} \frac{\partial k}{\partial z} \right) \quad (3.22)$$

On distingue ici trois effets de h sur la qualité espérée en aval :

1. $(k - k^*)$ est l'effet direct de h
2. $\left(\frac{\partial w^m}{\partial h} + \frac{\partial z}{\partial h} \frac{\partial w^m}{\partial z} \right) \left(h \left(\frac{\partial k}{\partial w^m} - \frac{\partial k^*}{\partial w^m} \right) + \frac{\partial k^*}{\partial w^m} \right)$ est l'effet indirect h passant par le prix.
3. $h \left(\frac{\partial z}{\partial h} \frac{\partial k}{\partial z} \right)$ est l'effet indirect de h passant par la variation de la qualité en amont.

Pour cette analyse de l'effet de dh , $dh = h_2 - h_1 > 0$, on peut distinguer deux cas de figures : (A) soit l'accroissement de h n'entraîne pas de variation de qualité en amont, c'est-à-dire $h_1 < h_2 < h^*$ ou $h^* \leq h_1 < h_2$, (B) soit il entraîne un basculement de la qualité basse vers la qualité haute en amont, c'est-à-dire $h_1 < h^* \leq h_2$.

A. L'accroissement de h n'entraîne pas de variation de qualité en amont

Dans ce cas, $z(h_1) = z(h_2) = \underline{z}$ ou $z(h_1) = z(h_2) = \bar{z}$. Notons $\tilde{k}_{inf}(h, \theta)$ la qualité espérée en aval lorsque la qualité amont est $\underline{z}$ et $\tilde{k}_{sup}(h, \theta)$ lorsque la

16. La variable z ne prenant que deux valeurs, $\frac{\partial z}{\partial h}$, $\frac{\partial w^m}{\partial z}$ et $\frac{\partial k}{\partial z}$ sont des notations abusives.

qualité amont est $\bar{z}$; on a :

$$\frac{d\tilde{k}_{inf}}{dh} = (\underline{k} - k^*) + h \left(\frac{\partial w^m}{\partial h} \frac{\partial \underline{k}}{\partial w^m} \right) + (1-h) \left(\frac{\partial w^m}{\partial h} \frac{\partial k^*}{\partial w^m} \right) \quad (3.23)$$

$$\frac{d\tilde{k}_{sup}}{dh} = (\bar{k} - k^*) + h \left(\frac{\partial w^{\bar{m}}}{\partial h} \frac{\partial \bar{k}}{\partial w^{\bar{m}}} \right) + (1-h) \left(\frac{\partial w^{\bar{m}}}{\partial h} \frac{\partial k^*}{\partial w^{\bar{m}}} \right) \quad (3.24)$$

sachant que $\underline{k} - k^* < 0$ et $\bar{k} - k^* > 0$, l'effet global de h sur $\tilde{k}_{inf}$ et sur $\tilde{k}_{sup}$ dépend de l'effet de h sur le prix de gros en amont et de l'effet du prix de gros amont sur le choix de la qualité associée en aval.

A.1. Si on suppose que l'effet de la variation du prix de gros amont sur le choix de la qualité en aval ou l'effet de la variation de h sur le prix de gros est négligeable, alors on vérifie que $\frac{d\tilde{k}_{inf}}{dh} = \underline{k} - k^* < 0$ et $\frac{d\tilde{k}_{sup}}{dh} = \bar{k} - k^* > 0$. Autrement dit, l'accroissement de h renforce l'investissement en R&D en aval quand la technologie générique est de haute qualité et fait baisser l'investissement R&D en aval quand la technologie générique est de qualité basse.

A.2. Si on suppose que le prix amont a un effet sur le choix de la qualité aval et que h influence le prix de gros, alors l'effet global de h sur $\tilde{k}_{inf}$ dépend des signes de $\frac{\partial w^m(h)}{\partial h}$, de $\frac{\partial \underline{k}}{\partial w^m}$ et de $\frac{\partial k^*}{\partial w^m}$, tandis que l'effet global de h sur $\tilde{k}_{sup}$ dépend des signes de $\frac{\partial w^{\bar{m}}(h)}{\partial h}$, de $\frac{\partial \bar{k}}{\partial w^{\bar{m}}}$ et de $\frac{\partial k^*}{\partial w^{\bar{m}}}$.

Nous posons l'hypothèse 7 suivante :

Hypothèse 7. $\forall h \in [0, 1], \frac{\partial w^{\bar{m}}(h)}{\partial h} \geq 0$ et $\frac{\partial w^m(h)}{\partial h} \leq 0$.

Par l'hypothèse 7, on suppose que la firme amont augmente son prix avec h quand elle a choisi de produire la qualité haute et baisse son prix avec h quand elle a choisi de produire la qualité basse. On suppose que les fondamentaux du modèle (fonctions de demande, de coût, de profit, de surplus, etc.) garantissent cette hypothèse.

Étant donné l'hypothèse 7, évaluons l'effet global de h sur $\tilde{k}_{inf}$ et $\tilde{k}_{sup}$.

1. Effet global de h sur $\tilde{k}_{inf}$

- si $\frac{\partial k}{\partial w^m} > 0$ et $\frac{\partial k^*}{\partial w^m} > 0$, alors on vérifie que l'effet indirect de h sur $\tilde{k}_{inf}$ est négatif. On a donc un renforcement de l'effet négatif direct de h sur le niveau d'investissement espéré en aval.
- si $\frac{\partial k}{\partial w^m} < 0$ et $\frac{\partial k^*}{\partial w^m} < 0$, alors on vérifie que l'effet indirect passant par le prix est positif ; ce qui engendre une moindre baisse ou une augmentation du niveau d'investissement espéré lorsque h augmente.

2. Effet global de h sur $\tilde{k}_{sup}$

- si $\frac{\partial \bar{k}}{\partial w^m} > 0$ et $\frac{\partial k^*}{\partial w^m} > 0$, alors on vérifie que l'effet indirect passant par le prix est positif. Ce qui renforce l'effet direct positif de h sur $\tilde{k}_{sup}$.
- si $\frac{\partial \bar{k}}{\partial w^m} < 0$ et $\frac{\partial k^*}{\partial w^m} < 0$, alors on vérifie que l'effet indirect passant par le prix est négatif. Ce qui engendre un moindre accroissement ou une baisse de $\tilde{k}_{sup}$ par rapport à h .

B. L'accroissement de h entraîne un basculement de la qualité basse vers la qualité haute en amont

Évaluons donc le signe de $\tilde{k}_{sup}(h_2, \theta) - \tilde{k}_{inf}(h_1, \theta)$. On sait que :

$$\tilde{k}_{sup}(h, \theta) = h\bar{k}(w^m(h)) + (1-h)k^*(w^m(h), \theta) \quad (3.25)$$

$$\tilde{k}_{inf}(h, \theta) = h\underline{k}(w^m(h)) + (1-h)k^*(w^m(h), \theta) \quad (3.26)$$

On peut décomposer et écrire :

$$\begin{aligned} \tilde{k}_{sup}(h_2, \theta) - \tilde{k}_{inf}(h_1, \theta) &= (\tilde{k}_{sup}(h_2, \theta) - \tilde{k}_{sup}(h_1, \theta)) \\ &\quad + (\tilde{k}_{sup}(h_1, \theta) - \tilde{k}_{inf}(h_1, \theta)) \end{aligned} \quad (3.27)$$

B.1. Si on néglige l'effet du prix amont sur la qualité aval et l'effet de h sur le prix amont, alors $\bar{k}(w^{\bar{m}}(h_2)) = \bar{k}(w^{\bar{m}}(h_1)) = \bar{k}$, $\underline{k}(w^{\underline{m}}(h_2)) = \underline{k}(w^{\underline{m}}(h_1)) = \underline{k}$, $k^*(w^{\bar{m}}(h_2), \theta) = k^*(w^{\bar{m}}(h_1), \theta) = k^*(w^{\underline{m}}(h_2), \theta) = k^*(w^{\underline{m}}(h_1), \theta) = k^*$, avec $\bar{k} > k^* > \underline{k}$ et $w^{\bar{m}}(h_2) = w^{\bar{m}}(h_1) = w^{\bar{m}}$, $w^{\underline{m}}(h_2) = w^{\underline{m}}(h_1) = w^{\underline{m}}$ avec $w^{\bar{m}} > w^{\underline{m}}$. Dans ce cas, en utilisant les équations (3.25) et (3.26), on montre que les deux termes de droite de l'équation (3.27) sont positifs ; en effet :

$$\tilde{k}_{sup}(h_2, \theta) - \tilde{k}_{sup}(h_1, \theta) = (h_2 - h_1)(\bar{k} - k^*) > 0 \quad (3.28)$$

$$\tilde{k}_{sup}(h_1, \theta) - \tilde{k}_{inf}(h_1, \theta) = h_1(\bar{k} - \underline{k}) > 0 \quad (3.29)$$

On montre ainsi que $\tilde{k}_{sup}(h_2, \theta) - \tilde{k}_{inf}(h_1, \theta) > \tilde{k}_{sup}(h_2, \theta) - \tilde{k}_{sup}(h_1, \theta) > 0$. Le basculement de la qualité basse vers la qualité haute renforce l'effet positif du pôle sur l'investissement aval en R&D.

B.2. Si on ne néglige pas l'effet du prix amont sur la qualité aval et l'effet de h sur le prix amont, alors étant donnée l'hypothèse (7), calculons l'effet global de h sur l'investissement espéré en aval :

- si $\frac{\partial \bar{k}}{\partial w^{\bar{m}}} > 0$ et $\frac{\partial k^*}{\partial w^{\bar{m}}} > 0$, on montre que le premier terme de droite de l'équation (3.27), $\tilde{k}_{sup}(h_2, \theta) - \tilde{k}_{sup}(h_1, \theta)$, est de signe indéterminé tandis que le second terme, $\tilde{k}_{sup}(h_1, \theta) - \tilde{k}_{inf}(h_1, \theta)$, est positif. On conclut que le signe de $\tilde{k}_{sup}(h_2, \theta) - \tilde{k}_{inf}(h_1, \theta)$ est indéterminé. Cependant si l'accroissement de la qualité amont suite à l'accroissement du prix amont est très fort, alors on vérifie que $\tilde{k}_{sup}(h_2, \theta) - \tilde{k}_{inf}(h_1, \theta) > 0$.

Démonstration. Voir annexe A □

- si $\frac{\partial \bar{k}}{\partial w^{\bar{m}}} < 0$ et $\frac{\partial k^*}{\partial w^{\bar{m}}} < 0$, alors on montre que le premier terme de droite de l'équation (3.27), $\tilde{k}_{sup}(h_2, \theta) - \tilde{k}_{sup}(h_1, \theta)$, est de signe indéterminé tandis que le second terme, $\tilde{k}_{sup}(h_1, \theta) - \tilde{k}_{inf}(h_1, \theta)$, est négatif. On conclut que le signe de $\tilde{k}_{sup}(h_2, \theta) - \tilde{k}_{inf}(h_1, \theta)$ est donc indéterminé. Cependant si la baisse de la qualité aval suite à l'accroissement du prix amont est très forte, alors on vérifie que $\tilde{k}_{sup}(h_2, \theta) - \tilde{k}_{inf}(h_1, \theta) < 0$.

Démonstration. Voir annexe A □

Proposition 9. Si $\frac{\partial w^m}{\partial h} = 0$ ou $\frac{\partial k}{\partial w^m} \geq 0$ ou $\frac{\partial k}{\partial w^m} < 0$ avec $|\frac{\partial k}{\partial w^m}| \simeq 0$, le pôle de compétitivité accroît l'investissement espéré en qualité en aval lorsque la firme amont investit dans la qualité haute et le fait baisser lorsque la firme amont investit dans la qualité basse¹⁷.

Corollaire 3. Si l'accroissement de h fait basculer la firme générique de la qualité basse vers la qualité haute, on a :

(i) Si on néglige l'effet de h sur le prix amont et/ou l'effet du prix amont sur la qualité aval, l'effet positif du pôle sur l'investissement en R&D en aval est renforcé.

(ii) Si on ne néglige pas l'effet de h sur le prix amont et/ou l'effet du prix amont sur la qualité aval, alors le pôle accroît l'investissement en R&D en aval si et seulement si l'accroissement consécutif du prix amont influence positivement et fortement le choix de la qualité en aval, i. e. $\frac{\partial \bar{k}}{\partial w^m} \gg 0$ et $\frac{\partial k^*}{\partial w^m} \gg 0$ et le fait baisser si et seulement si cet accroissement du prix amont influence négativement et fortement le choix de la qualité en aval, i. e. $\frac{\partial \bar{k}}{\partial w^m} \ll 0$ et $\frac{\partial k^*}{\partial w^m} \ll 0$.

3.5.2.2 Niveau d'utilisation du bien générique en aval

La différentielle totale de $\tilde{X}^a(h, \theta)$ par rapport à h est donnée par :

$$\begin{aligned} \frac{d\tilde{X}^a}{dh} = & \left(\frac{\partial w^m}{\partial h} + \frac{\partial z}{\partial h} \frac{\partial w^m}{\partial z} \right) \frac{\partial \tilde{X}^a}{\partial w^m} + \frac{\partial z}{\partial h} \frac{\partial \tilde{X}^a}{\partial z} + \frac{\partial \tilde{X}^a}{\partial h} \\ & + \left(\left(\frac{\partial w^m}{\partial h} + \frac{\partial z}{\partial h} \frac{\partial w^m}{\partial z} \right) \frac{\partial k}{\partial w^m} + \frac{\partial z}{\partial h} \frac{\partial k}{\partial z} \right) \frac{\partial \tilde{X}^a}{\partial k} \\ & + \left(\left(\frac{\partial w^m}{\partial h} + \frac{\partial z}{\partial h} \frac{\partial w^m}{\partial z} \right) \frac{\partial k^*}{\partial w^m} \right) \frac{\partial \tilde{X}^a}{\partial k^*} \quad (3.30) \end{aligned}$$

L'équation (3.30) exprime quatre effets de la variation de h sur la demande de la firme aval :

1. $\frac{\partial \tilde{X}^a}{\partial h}$ est l'effet direct de h sur la demande.
2. $\left(\frac{\partial w^m}{\partial h} + \frac{\partial z}{\partial h} \frac{\partial w^m}{\partial z} \right) \frac{\partial \tilde{X}^a}{\partial w^m}$ est l'effet indirect de h passant par la variation du prix.

17. Dans la proposition 9, k désigne à la fois $\bar{k}$ et k^* et w^m désigne $w^{\bar{m}}$ lorsque la firme amont investit en qualité haute. Sinon k désigne à la fois $\underline{k}$ et k^* et w^m désigne $w^{\underline{m}}$ lorsque la firme amont investit en qualité basse.

3. $\frac{\partial z}{\partial h} \frac{\partial X^a}{\partial z}$ est l'effet indirect supplémentaire h passant par la variation de la qualité du bien générique.
4. $\left(\left(\frac{\partial w^m}{\partial h} + \frac{\partial z}{\partial h} \frac{\partial w^m}{\partial z} \right) \frac{\partial k}{\partial w^m} + \frac{\partial z}{\partial h} \frac{\partial k}{\partial z} \right) \frac{\partial \tilde{X}^a}{\partial k} + \left(\left(\frac{\partial w^m}{\partial h} + \frac{\partial z}{\partial h} \frac{\partial w^m}{\partial z} \right) \frac{\partial k^*}{\partial w^m} \right) \frac{\partial \tilde{X}^a}{\partial k^*}$ est l'effet indirect supplémentaire de h passant par la variation de la qualité du bien aval.

On interprète le premier effet comme l'*effet qualité amont observée*, le deuxième comme l'*effet prix*, le troisième comme l'*effet variation qualité amont* et le quatrième comme l'*effet variation qualité aval*.

A. L'accroissement de h n'entraîne pas de variation de qualité en amont

Notons $\tilde{X}_{inf}^a(h, \theta)$ la quantité espérée lorsque la qualité du générique est $\underline{z}$ et $\tilde{X}_{sup}^a(h, \theta)$ ¹⁸ lorsque la qualité du générique est $\bar{z}$. On a :

$$\frac{d\tilde{X}_{sup}^a}{dh} = \frac{\partial w^{\bar{m}}}{\partial h} \frac{\partial \tilde{X}_{sup}^a}{\partial w^{\bar{m}}} + \frac{\partial \tilde{X}_{sup}^a}{\partial h} + \frac{\partial w^{\bar{m}}}{\partial h} \frac{\partial \bar{k}}{\partial w^{\bar{m}}} \frac{\partial \tilde{X}_{sup}^a}{\partial \bar{k}} + \frac{\partial w^{\bar{m}}}{\partial h} \frac{\partial k^*}{\partial w^{\bar{m}}} \frac{\partial \tilde{X}_{sup}^a}{\partial k^*} \quad (3.31)$$

$$\frac{d\tilde{X}_{inf}^a}{dh} = \frac{\partial w^{\underline{m}}}{\partial h} \frac{\partial \tilde{X}_{inf}^a}{\partial w^{\underline{m}}} + \frac{\partial \tilde{X}_{inf}^a}{\partial h} + \frac{\partial w^{\underline{m}}}{\partial h} \frac{\partial \underline{k}}{\partial w^{\underline{m}}} \frac{\partial \tilde{X}_{inf}^a}{\partial \underline{k}} + \frac{\partial w^{\underline{m}}}{\partial h} \frac{\partial k^*}{\partial w^{\underline{m}}} \frac{\partial \tilde{X}_{inf}^a}{\partial k^*} \quad (3.32)$$

Quel est l'effet global de h sur le comportement d'adoption d'une firme aval de type θ ?

A.1. Si on néglige l'effet de la variation du prix amont sur le choix de la qualité aval ou l'effet de l'accroissement de h sur le prix de gros, alors il ne reste plus que l'effet direct et l'effet indirect passant par le prix.

Remarque 7. Avec l'hypothèse 7 et le lemme 3, on vérifie que dans les deux cas $\tilde{X}_{sup}^a$ et $\tilde{X}_{inf}^a$, les deux effets restants de h sont opposés : (i) lorsque la qualité est haute (équation 3.31), l'effet direct est positif alors que l'effet indirect *prix* est négatif ; (ii) lorsque la qualité est basse (équation 3.32) l'effet direct est négatif alors que l'effet indirect *prix* est positif. Le sens de variation globale dépendra donc de l'effet le plus fort. Autrement dit, si dans les deux cas, l'effet direct est

18. On note que $\tilde{X}_{sup}^a(h, \theta) = \bar{X}^g(h)$ et $\tilde{X}_{inf}^a(h, \theta) = \underline{X}^g(h)$ pour une firme de type θ donné.

plus fort que l'effet indirect, alors $\tilde{X}_{sup}^a$ croît globalement avec h tandis que $\tilde{X}_{inf}^a$ décroît globalement avec h .

Pour déterminer le sens de variation globale de la demande aval par rapport à h , évaluons et comparons les demandes $\tilde{X}_{sup}^a(h, \theta)$ pour les valeurs extrêmes de h , i. e. $h = 0$ et $h = 1$, toutes choses égales par ailleurs.

En considérant les équations (3.11) et (3.13), les demandes à l'étape 4 sont :

$$\tilde{X}_{sup}^a(0, \theta) = -CS_{p^a}(w^{\overline{m}}(0), k^*(w^{\overline{m}}(0), \theta), \overline{z}) \quad (3.33)$$

$$\tilde{X}_{sup}^a(1, \theta) = -CS_{p^a}(w^{\overline{m}}(1), \overline{k}(w^{\overline{m}}(1), \theta), \overline{z}) \quad (3.34)$$

On vérifie avec l'hypothèse $CS_{p^a} < 0$ que $\tilde{X}_{sup}^a(0, \theta) > 0$ et $\tilde{X}_{sup}^a(1, \theta) > 0$.

On pose l'hypothèse $CS_{p^a kw} < 0$, ce qui implique que $\tilde{X}_{sup}^a(1, \theta) > \tilde{X}_{sup}^a(0, \theta) > 0$.

En considérant les équations (3.12) et (3.14), nous faisons de même pour $\tilde{X}_{inf}^a(h, \theta)$. Évaluons et comparons les demandes $\tilde{X}_{inf}^a(h, \theta)$ pour les valeurs extrêmes de h , i. e. $h = 0$ et $h = 1$. Commençons par l'équation (3.12).

$$\tilde{X}_{inf}^a(0, \theta) = -CS_{p^a}(w^{\underline{m}}(0), k^*(w^{\underline{m}}(0), \theta), \underline{z}) \quad (3.35)$$

$$\tilde{X}_{inf}^a(1, \theta) = -CS_{p^a}(w^{\underline{m}}(1), \underline{k}(w^{\underline{m}}(1), \theta), \underline{z}) \quad (3.36)$$

On vérifie aussi avec l'hypothèse $CS_{p^a} < 0$ que $\tilde{X}_{inf}^a(0, \theta) > 0$ et $\tilde{X}_{inf}^a(1, \theta) > 0$.

Avec l'hypothèse $CS_{p^a kw} < 0$ et l'hypothèse 7, on montre que $0 < \tilde{X}_{inf}^a(1, \theta) < \tilde{X}_{inf}^a(0, \theta)$.

Ce résultat est vérifié aussi pour l'équation (3.14); dans ce cas, $\tilde{X}_{inf}^a(1, \theta) = 0 < \tilde{X}_{inf}^a(0, \theta)$.

A.2. Supposons que l'effet de la variation du prix amont sur la qualité aval

n'est pas négligeable ainsi que l'effet de h sur le prix de gros. Étant donné l'hypothèse (7) et sachant que $\frac{\partial X^a}{\partial k} > 0$, l'effet global de h sur le niveau d'utilisation espérée en aval dépend de l'effet du prix de gros sur la qualité aval.

1. Effet global sur $\tilde{X}_{inf}^a$

- si $\frac{\partial k}{\partial w^m} > 0$ et $\frac{\partial k^*}{\partial w^m} > 0$, alors l'effet indirect supplémentaire de h passant par la variation de la qualité aval est négatif, engendrant ainsi un renforcement de l'effet direct négatif.
- si $\frac{\partial k}{\partial w^m} < 0$ et $\frac{\partial k^*}{\partial w^m} < 0$, alors l'effet indirect supplémentaire de h passant par la variation de la qualité aval est positif, renforçant ainsi l'effet prix positif. Au total, on a une moindre baisse ou une augmentation du niveau d'utilisation en aval du bien générique lorsque h augmente.

2. Effet global sur $\tilde{X}_{sup}^a$

- si $\frac{\partial \bar{k}}{\partial w^m} > 0$ et $\frac{\partial k^*}{\partial w^m} > 0$, alors l'effet indirect supplémentaire passant par la variation de la qualité aval est positif; ce qui renforce l'effet direct positif de h sur $\tilde{k}_{sup}$.
- si $\frac{\partial \bar{k}}{\partial w^m} < 0$ et $\frac{\partial k^*}{\partial w^m} < 0$, l'effet indirect supplémentaire passant par la variation de la qualité aval est négatif, renforçant ainsi l'effet indirect prix (négatif). Au total, on a un moindre accroissement ou une baisse du niveau d'utilisation en aval du bien générique lorsque h augmente.

B. L'accroissement de h entraîne un basculement de la qualité basse vers la qualité haute en amont

Nous calculons le signe de $\tilde{X}_{sup}^a(h_2, \theta) - \tilde{X}_{inf}^a(h_1, \theta)$. On sait que :

$$\begin{aligned} \tilde{X}_{sup}^a(h_2, \theta) &= h_2(-CS_{p^a}(w^m(h_2), \bar{k}(w^m(h_2)))) \\ &\quad + (1 - h_2)(-CS_{p^a}(w^m(h_2), k^*(w^m(h_2), \theta))) \end{aligned} \quad (3.37)$$

$$\begin{aligned}\tilde{X}_{inf}^a(h_1, \theta) &= h_1(-CS_{p^a}(w^{\underline{m}}(h_1), \underline{k}(w^{\underline{m}}(h_1))) \\ &\quad + (1 - h_1)(-CS_{p^a}(w^{\underline{m}}(h_1), k^*(w^{\underline{m}}(h_1), \theta)))\end{aligned}\quad (3.38)$$

On peut décomposer et écrire :

$$\begin{aligned}\tilde{X}_{sup}^a(h_2, \theta) - \tilde{X}_{inf}^a(h_1, \theta) &= (\tilde{X}_{sup}^a(h_2, \theta) - \tilde{X}_{sup}^a(h_1, \theta)) \\ &\quad + (\tilde{X}_{sup}^a(h_1, \theta) - \tilde{X}_{inf}^a(h_1, \theta))\end{aligned}\quad (3.39)$$

B.1. Si on néglige l'effet du prix amont sur la qualité aval et l'effet de h sur le prix amont et en utilisant les équations (3.37) et (3.38), on montre que le premier terme et le deuxième terme de l'équation (3.39) sont positifs :

$$\tilde{X}_{sup}^a(h_2, \theta) - \tilde{X}_{sup}^a(h_1, \theta) = (h_2 - h_1)(-CS_{p^a}(w^{\overline{m}}, \overline{k}) - (-CS_{p^a}(w^{\overline{m}}, k^*))) > 0 \quad (3.40)$$

$$\tilde{X}_{sup}^a(h_1, \theta) - \tilde{X}_{inf}^a(h_1, \theta) = h_1(-CS_{p^a}(w^{\overline{m}}, \overline{k}) - (-CS_{p^a}(w^{\overline{m}}, \underline{k}))) > 0 \quad (3.41)$$

On vient donc de montrer que $\tilde{X}_{sup}^a(h_2, \theta) - \tilde{X}_{inf}^a(h_1, \theta) > \tilde{X}_{sup}^a(h_2, \theta) - \tilde{X}_{sup}^a(h_1, \theta)$. En faisant basculer la firme amont de la qualité basse vers la qualité haute, le pôle renforce davantage son effet positif sur le niveau d'utilisation en aval du produit générique.

B.2. Si on ne néglige pas l'effet du prix amont sur la qualité aval et l'effet de h sur le prix amont, alors étant donné l'hypothèse (7), calculons l'effet global de h sur le niveau d'utilisation espérée du produit générique en aval :

- si $\frac{\partial \overline{k}}{\partial w^{\overline{m}}} > 0$ et $\frac{\partial k^*}{\partial w^{\overline{m}}} > 0$, on montre que le premier terme de droite de l'équation (3.39), $\tilde{X}_{sup}^a(h_2, \theta) - \tilde{X}_{sup}^a(h_1, \theta)$, est de signe indéterminé tandis que le second terme, $\tilde{X}_{sup}^a(h_1, \theta) - \tilde{X}_{inf}^a(h_1, \theta)$ est positif. On en déduit que le signe global de $\tilde{X}_{sup}^a(h_2, \theta) - \tilde{X}_{inf}^a(h_1, \theta)$ est indéterminé. Cependant on montre que si l'accroissement de la qualité aval suite à l'accroissement du prix amont est très fort, alors $\tilde{X}_{sup}^a(h_2, \theta) - \tilde{X}_{inf}^a(h_1, \theta) > 0$.

Démonstration. Voir Annexe B □

- si $\frac{\partial \bar{k}}{\partial w^m} < 0$ et $\frac{\partial k^*}{\partial w^m} < 0$, on montre que le premier terme de droite de l'équation (3.39), $\tilde{X}_{sup}^a(h_2, \theta) - \tilde{X}_{sup}^a(h_1, \theta)$, est de signe indéterminé tandis que le second terme, $\tilde{X}_{sup}^a(h_1, \theta) - \tilde{X}_{inf}^a(h_1, \theta)$ est négatif. On conclut que le signe global de $\tilde{X}_{sup}^a(h_2, \theta) - \tilde{X}_{inf}^a(h_1, \theta)$ est indéterminé. Cependant si la baisse de la qualité aval suite à l'accroissement du prix amont est très forte, alors $\tilde{X}_{sup}^a(h_2, \theta) - \tilde{X}_{inf}^a(h_1, \theta) < 0$.

Démonstration. Voir Annexe B □

Proposition 10. *Si $\tilde{X}_{sup}^a(h, \theta)$ et $\tilde{X}_{inf}^a(h, \theta)$ sont strictement monotones par rapport à h , si $\frac{\partial w^m}{\partial h} = 0$ ou $\frac{\partial k}{\partial w^m} \geq 0$ ou $\frac{\partial k}{\partial w^m} < 0$ avec $|\frac{\partial k}{\partial w^m}| \simeq 0$, alors le dispositif des pôles accroît le niveau d'utilisation espérée du bien générique en aval lorsqu'il est de qualité haute et le fait baisser le niveau d'utilisation espéré du bien générique en aval lorsqu'il est de qualité basse¹⁹.*

Corollaire 4. *Si l'accroissement de h fait basculer la firme générique de la qualité basse vers la qualité haute, on a :*

(i) *Si on néglige l'effet de h sur le prix amont et/ou l'effet du prix amont sur la qualité aval, l'effet positif du pôle sur le niveau d'utilisation du bien générique en R&D en aval est renforcée.*

(ii) *Si on ne néglige pas l'effet de h sur le prix amont et/ou l'effet du prix amont sur la qualité aval, alors le pôle accroît le niveau d'utilisation espéré du bien générique en aval si et seulement si l'accroissement consécutif du prix amont influence positivement et fortement le choix de la qualité en aval, i. e. $\frac{\partial \bar{k}}{\partial w^m} \gg 0$ et $\frac{\partial k^*}{\partial w^m} \gg 0$ et le fait baisser si et seulement si cet accroissement du prix amont influence négativement et fortement le choix de la qualité en aval, i. e. $\frac{\partial \bar{k}}{\partial w^m} \ll 0$ et $\frac{\partial k^*}{\partial w^m} \ll 0$.*

Les propositions 9 et 10 montrent que l'effet positif du pôle sur le niveau d'utilisation de la nouvelle technologie et le niveau d'investissement en R&D en aval est soumis à certaines conditions, notamment que l'accroissement de h n'ait pas d'effet sur le prix amont et/ou que l'effet de l'accroissement du prix amont sur la qualité aval soit positif ou négatif mais négligeable.

19. Dans la proposition 10, k désigne à la fois $\bar{k}$ et k^* et w^m désigne $w^{\bar{m}}$ lorsque la firme amont investit en qualité haute. Sinon k désigne à la fois $\underline{k}$ et k^* et w^m désigne $w^{\underline{m}}$ lorsque la firme amont investit en qualité basse.

3.5.3 Surplus social

Supposons que pour le planificateur social, initiateur de la politique des pôles, le surplus social est la somme des surplus espérés du secteur amont et du secteur aval. Il est fonction de h et de la qualité du produit générique observée par le secteur aval à l'étape 4. Soit $W(h)$ ce surplus. On note que $W(h) \equiv W(w, k, k^*, z, h)$ car $w \equiv w^m(h, z)$, $z \equiv z(h)$, $k \equiv k(w, z)$ et $k^* \equiv k^*(w, \theta)$.

$$W(h) = \pi^g(h) + \pi^a(h) \quad (3.42)$$

Suite à la mise en place du pôle de compétitivité, l'effet global de l'accroissement de h sur le surplus social est donné par :

$$\frac{dW}{dh} = \frac{d\pi^g}{dh} + \frac{d\pi^a}{dh} \quad (3.43)$$

A. L'accroissement de h n'entraîne pas de variation de qualité en amont

Notons respectivement $\underline{W}(h)$ et $\overline{W}(h)$ le surplus social lorsque les consommateurs finaux observent la qualité basse $\underline{z}$ et la qualité haute $\overline{z}$. Les profits en amont $\underline{\pi}^g(h)$ et $\overline{\pi}^g(h)$ sont connus. Les profits aval $\underline{\pi}^a(h)$ et $\overline{\pi}^a(h)$ espérés par le planificateur sont donnés par :

$$\begin{aligned} \underline{\pi}^a(h) &= h [CS(w^m(h), \underline{k}(w^m(h)), \underline{z}(h)) - c^a(\underline{k}(w^m(h)))] \\ &\quad + (1-h) \int (CS(w^m(h), k^*(w^m(h), \theta), \underline{z}(h)) - c^a(k^*(w^m(h), \theta))) f(\theta) d\theta \end{aligned} \quad (3.44)$$

$$\begin{aligned} \overline{\pi}^a(h) &= h [CS(w^m(h), \overline{k}(w^m(h)), \overline{z}(h)) - c^a(\overline{k}(w^m(h)))] \\ &\quad + (1-h) \int (CS(w^m(h), k^*(w^m(h), \theta), \overline{z}(h)) - c^a(k^*(w^m(h), \theta))) f(\theta) d\theta \end{aligned} \quad (3.45)$$

Remarque 8. Dans l'expression des profits aval selon le planificateur, on suppose volontairement que le secteur aval adopte toujours, c'est-à-dire que $w^m < \underline{w}$. Dans tous les autres cas où il n'adopte pas toujours, les analyses restent les

mêmes.

Déterminons le signe de $\frac{dW}{dh} = \frac{d\pi^g}{dh} + \frac{d\pi^a}{dh}$ et le signe de $\frac{d\bar{W}}{dh} = \frac{d\bar{\pi}^g}{dh} + \frac{d\bar{\pi}^a}{dh}$. On a déjà montré précédemment que $\frac{d\pi^g}{dh} < 0$ et $\frac{d\bar{\pi}^g}{dh} > 0$; autrement dit, le gain d'information est profitable à la firme amont seulement lorsqu'elle produit la qualité haute. Par ailleurs, on calcule :

$$\frac{d\pi^a}{dh} = \frac{\partial w^m}{\partial h} \frac{\partial \pi^a}{\partial w^m} + \frac{\partial w^m}{\partial h} \frac{\partial \underline{k}}{\partial w^m} \frac{\partial \pi^a}{\partial \underline{k}} + \frac{\partial w^m}{\partial h} \frac{\partial k^*}{\partial w^m} \frac{\partial \pi^a}{\partial k^*} + \frac{\partial \pi^a}{\partial h} \quad (3.46)$$

$$\frac{d\bar{\pi}^a}{dh} = \frac{\partial w^{\bar{m}}}{\partial h} \frac{\partial \bar{\pi}^a}{\partial w^{\bar{m}}} + \frac{\partial w^{\bar{m}}}{\partial h} \frac{\partial \bar{k}}{\partial w^{\bar{m}}} \frac{\partial \bar{\pi}^a}{\partial \bar{k}} + \frac{\partial w^{\bar{m}}}{\partial h} \frac{\partial k^*}{\partial w^{\bar{m}}} \frac{\partial \bar{\pi}^a}{\partial k^*} + \frac{\partial \bar{\pi}^a}{\partial h} \quad (3.47)$$

Dans chacune des deux équations, on distingue trois effets : l'effet direct, $(\frac{\partial \pi^a}{\partial h})$, l'effet indirect passant par la variation du prix amont, $(\frac{\partial w^m}{\partial h} \frac{\partial \pi^a}{\partial w^m})$, et l'effet indirect passant par la qualité aval, $(\frac{\partial w^m}{\partial h} \frac{\partial \underline{k}}{\partial w^m} \frac{\partial \pi^a}{\partial \underline{k}} + \frac{\partial w^m}{\partial h} \frac{\partial k^*}{\partial w^m} \frac{\partial \pi^a}{\partial k^*})$.

On suppose par ailleurs que le profit du secteur aval croît avec le niveau d'investissement en qualité aval, c'est-à-dire que $\frac{\partial \pi^a}{\partial \underline{k}} > 0$, $\frac{\partial \pi^a}{\partial k^*} > 0$, $\frac{\partial \bar{\pi}^a}{\partial \bar{k}} > 0$ et $\frac{\partial \bar{\pi}^a}{\partial k^*} > 0$.

A.1. Si on néglige l'effet de la variation du prix amont sur le choix de la qualité aval ou l'effet de la variation h sur le prix de gros amont, alors les équations (3.46) et (3.47) deviennent respectivement :

$$\frac{d\pi^a}{dh} = \frac{\partial \pi^a}{\partial h} \quad (3.48)$$

$$\frac{d\bar{\pi}^a}{dh} = \frac{\partial \bar{\pi}^a}{\partial h} \quad (3.49)$$

En utilisant les équations (3.44) et (3.45), on montre donc que :

$$\frac{d\pi^a}{dh} = [CS(w^m, \underline{k}, \underline{z}) - c^a(\underline{k})] - \int [CS(w^m, k^*, \underline{z}) - c^a(k^*)] f(\theta) d\theta \quad (3.50)$$

$$\frac{d\bar{\pi}^a}{dh} = [CS(w^{\bar{m}}, \bar{k}, \bar{z}) - c^a(\bar{k})] - \int [CS(w^{\bar{m}}, k^*, \bar{z}) - c^a(k^*)] f(\theta) d\theta \quad (3.51)$$

Par définition de $\underline{k}$ et de $\bar{k}$, on sait que dans l'équation (3.50), $CS(w^{\bar{m}}, \underline{k}, \underline{z}) - c^a(\underline{k})$ est plus grand que $CS(w^{\bar{m}}, k^*, \underline{z}) - c^a(k^*)$ et que dans l'équation (3.51), $CS(w^{\bar{m}}, \bar{k}, \bar{z}) - c^a(\bar{k})$ est plus grand que $CS(w^{\bar{m}}, k^*, \bar{z}) - c^a(k^*)$. On montre donc que $\frac{d\pi^a}{dh} > 0$ et $\frac{d\bar{\pi}^a}{dh} > 0$. Le gain d'information est toujours profitable au secteur aval ; il lui permet en effet d'approcher son niveau d'investissement optimal k et d'améliorer son profit en réduisant soit le risque de sous-investissement, soit le risque de sur-investissement dû à l'imperfection de l'information sur la technologie générique.

En somme, lorsqu'on néglige l'effet de h sur le prix amont ou l'effet du prix amont sur la qualité aval, alors $\frac{d\bar{W}}{dh} > 0$ tandis que $\frac{dW}{dh}$ est de signe indéterminé. En d'autres termes, le pôle améliore le bien-être social et permet l'alignement des incitations des secteurs amont et aval lorsque le bien générique est de qualité haute. Au contraire, lorsque le bien générique est de qualité basse, l'effet global du pôle est ambigu car les incitations amont et aval ne sont pas alignées.

A.2. Si on ne néglige pas l'effet de la variation du prix amont sur le choix de la qualité aval ou l'effet de la variation h sur le prix de gros, et étant donné l'hypothèse (7), on calcule :

1. Effet global de h sur $\underline{\pi}^a$ et $\underline{W}$

- si $\frac{\partial k^*}{\partial w^{\bar{m}}} > 0$ et $\frac{\partial \underline{k}}{\partial w^{\bar{m}}} > 0$, alors l'effet prix est positif renforçant l'effet direct tandis que l'effet indirect qualité est négatif, ce qui engendre un moindre accroissement ou une baisse de $\underline{\pi}^a$. Cependant, si $\frac{\partial k^*}{\partial w^{\bar{m}}} \gg 0$, $\frac{\partial \underline{k}}{\partial w^{\bar{m}}} \gg 0$, on aura $\frac{d\pi^a}{dh} < 0$; on en déduit que impliquant $\frac{dW}{dh} < 0$.

- si $\frac{\partial k^*}{\partial w^{\bar{m}}} < 0$ et $\frac{\partial \underline{k}}{\partial w^{\bar{m}}} < 0$, on a un effet indirect qualité positif ainsi qu'un effet indirect prix, ce qui renforce l'effet direct. En somme $\frac{d\pi^a}{dh} > 0$. On en déduit que l'effet global de l'accroissement de h sur $\underline{W}$ est indéterminé.

2. Effet global de h sur $\bar{\pi}^a$ et $\bar{W}$

- si $\frac{\partial k^*}{\partial w^m} > 0$ et $\frac{\partial \bar{k}}{\partial w^m} > 0$, l'effet qualité est positif, renforçant ainsi l'effet direct positif tandis que l'effet indirect prix est négatif. On a donc un moindre accroissement ou une baisse de $\bar{\pi}^a$. Cependant si $\frac{\partial k^*}{\partial w^m} \gg 0$ et $\frac{\partial \bar{k}}{\partial w^m} \gg 0$, on a $\frac{d\bar{\pi}^a}{dh} > 0$, impliquant $\frac{d\bar{W}}{dh} > 0$.

- si $\frac{\partial k^*}{\partial w^m} < 0$ et $\frac{\partial \bar{k}}{\partial w^m} < 0$, l'effet qualité est négatif ainsi que l'effet prix. On a donc un moindre accroissement ou une baisse du profit aval. Cependant, si $\frac{\partial k^*}{\partial w^m} \ll 0$, $\frac{\partial \bar{k}}{\partial w^m} \ll 0$, alors $\frac{d\bar{\pi}^a}{dh} < 0$. On en déduit que le signe de $\frac{d\bar{W}}{dh}$ est indéterminé.

En somme, on a montré que si l'accroissement du prix amont fait accroître fortement la qualité aval, le surplus social augmente si et seulement si la firme amont produit la qualité haute.

B. L'accroissement de h entraîne un basculement de la qualité basse vers la qualité haute en amont

Calculons $\bar{W}(h_2) - \underline{W}(h_1)$, avec $\bar{W}(h_2) - \underline{W}(h_1) = (\bar{\pi}^g(h_2) - \underline{\pi}^g(h_1)) + (\bar{\pi}^a(h_2) - \underline{\pi}^a(h_1))$

On réécrit sous forme :

$$\begin{aligned} \bar{W}(h_2) - \underline{W}(h_1) &= \underbrace{(\bar{\pi}^g(h_2) - \bar{\pi}^g(h_1))}_{(+)} + \underbrace{(\bar{\pi}^g(h_1) - \underline{\pi}^g(h_1))}_{(+)} \\ &\quad + \underbrace{(\bar{\pi}^a(h_2) - \bar{\pi}^a(h_1))}_{(+/-)?} + \underbrace{(\bar{\pi}^a(h_1) - \underline{\pi}^a(h_1))}_{(+)} \quad (3.52) \end{aligned}$$

Autrement dit,

- Si on néglige l'effet de la variation du prix amont sur le choix de la qualité aval ou l'effet de la variation h sur le prix de gros, alors le troisième terme de droite de l'équation (3.52), $\bar{\pi}^a(h_2) - \bar{\pi}^a(h_1)$ est positif, impliquant que $\bar{W}(h_2) - \underline{W}(h_1) > \bar{W}(h_2) - \bar{W}(h_1) \equiv (\bar{\pi}^g(h_2) - \bar{\pi}^g(h_1)) + (\bar{\pi}^a(h_2) - \bar{\pi}^a(h_1)) > 0$.

- Si on ne néglige pas l'effet de la variation du prix amont sur le choix de la qualité aval ou l'effet de la variation h sur le prix de gros, et étant donné l'hypothèse (7) et les signes de $\bar{\pi}^a(h_2) - \bar{\pi}^a(h_1)$ dans la section (A.2) précédente, on a (i) $\bar{W}(h_2) - \underline{W}(h_1) > \bar{W}(h_2) - \bar{W}(h_1) > 0$ si et seulement si $\frac{\partial k^*}{\partial w^m} > 0$ et $\frac{\partial \bar{k}}{\partial w^m} > 0$, avec $\frac{\partial k^*}{\partial w^m}$ et $\frac{\partial \bar{k}}{\partial w^m}$ très grands, (ii) $\bar{W}(h_2) - \underline{W}(h_1)$ de signe indéterminé sinon.

En somme, lorsqu'on ignore l'effet de h sur le prix amont ou l'effet du prix amont sur la qualité aval, le basculement de la qualité basse vers la qualité haute renforce l'effet positif du pôle sur le surplus social. A contrario, lorsqu'on ne néglige pas l'effet de h sur le prix amont ou l'effet du prix amont sur la qualité aval, le basculement vers la qualité haute en amont renforce l'effet positif du pôle si et seulement si $\frac{\partial k^*}{\partial w^m} > 0$ et $\frac{\partial \bar{k}}{\partial w^m} > 0$, avec $\frac{\partial k^*}{\partial w^m}$ et $\frac{\partial \bar{k}}{\partial w^m}$ très grands.

Proposition 11. *Si $\frac{\partial w^m}{\partial h} = 0$ ou $\frac{\partial k^*}{\partial w^m} = \frac{\partial \bar{k}}{\partial w^m} = 0$ ou $\frac{\partial k^*}{\partial w^m} > 0$ et $\frac{\partial \bar{k}}{\partial w^m} > 0$ avec $\frac{\partial k^*}{\partial w^m}$ et $\frac{\partial \bar{k}}{\partial w^m}$ très grands, alors le pôle de compétitivité améliore le bien-être social si et seulement si le bien générique est de qualité haute et/ou s'il y a basculement de la qualité basse vers la qualité haute en amont.*

Dans cette section, nous avons développé et résolu un modèle fait des fonctions de demande et de coûts générales. La résolution repose sur un certain nombre d'hypothèses, notamment sur les prix de gros d'équilibre, il faut maintenant s'assurer de la cohérence de ces hypothèses sur le prix de gros d'équilibre avec les autres hypothèses du modèle. Pour ce faire, dans la section suivante, nous explicitons des fonctions de demande et de coûts spécifiques. Nous vérifions ensuite les hypothèses sur les prix de gros d'équilibre et nous vérifions les effets des pôles sur le choix de la qualité du produit générique en amont, le comportement d'adoption en aval et enfin sur le bien-être social.

3.6 Une application avec des fonctions explicites

Supposons que le surplus du consommateur est donné par $CS = kz/p_a$ avec $p_a > 0$, $z > 0$ et $k > 0$; ce qui implique que la fonction de demande des consommateurs en aval est donnée par $X^a = kz/p_a^2$. On vérifie les hypothèses

initiales $CS_z = k/p_a > 0$; $CS_k = z/p_a > 0$; $CS_{zz} = 0$; $CS_{kk} = 0$; $CS_{p_a} = -kz/p_a^2 < 0$; $CS_{p_a p_a} = 2kz/p_a^3 > 0$; $CS_{p_a z} = -k/p_a^2 < 0$; $CS_{p_a k} = -z/p_a^2 < 0$; $CS_{kz} = 1/p_a > 0$.

Soit $c^a(k) = 0,5k^2$ le coût R&D de la firme aval. On vérifie aussi les hypothèses $c_k^a = k > 0$ et $c_{kk}^a = 1 > 0$. Ce coût traduit un rendement décroissant de l'investissement R&D.

La fonction objectif du secteur aval, son surplus total brut, est donnée par :

$$kz/p_a + (p_a - w)kz/p_a^2$$

3.6.1 Équilibre du secteur aval

▷ En *information parfaite*, i. e. en présence de signal, calculons le prix, la qualité, le profit et la demande exprimée par le secteur aval à l'équilibre.

La maximisation du surplus brut $r^a(p_a, k, z) = kz/p_a + (p_a - w)kz/p_a^2$ par rapport à p_a donne le prix optimal $p^a(w) = w$; on réécrit donc $r^a(w, k, z) = kz/w$ et le profit est donné par $\pi^a(w, k, z) = kz/w - 0,5k^2$. On montre que le niveau de qualité k qui maximise le profit est donné par $k(w, z) = z/w$ ²⁰ avec $\underline{k}(w) = \underline{z}/w$ et $\bar{k}(w) = \bar{z}/w$. La valeur maximale du profit est donnée par $\pi^{max}(w, z) = 0,5z^2/w^2$ avec $\underline{\pi}^{max}(w) = 0,5\underline{z}^2/w^2$ et $\bar{\pi}^{max}(w) = 0,5\bar{z}^2/w^2$.

On remarque que $\bar{\pi}^{max}(w) > 0$, $\underline{\pi}^{max}(w) > 0$ et que $\lim_{w \rightarrow 0} \underline{\pi}^{max}(w) = \lim_{w \rightarrow 0} \bar{\pi}^{max}(w) = +\infty$; cela implique que la firme aval adopte toujours quelque soit le prix de la technologie générique; en d'autres termes, $\underline{w} = \bar{w} = +\infty$.

On déduit de ce qui précède, la demande du bien générique exprimée par le secteur aval : $\underline{X}^a(w) = \underline{kz}/w^2 = \underline{z}^2/w^3$ et $\bar{X}^a(w) = \bar{kz}/w^2 = \bar{z}^2/w^3$.

▷ En *information imparfaite*, i. e. en absence de signal, la firme aval se base sur sa croyance θ que la technologie est de qualité haute. Pour choisir son prix, elle maximise son surplus espéré $R^a(p_a, k, p) = \theta(k\bar{z}/p_a + (p_a - w)k\bar{z}/p_a^2) + (1 - \theta)(k\underline{z}/p_a + (p_a - w)k\underline{z}/p_a^2)$. On vérifie que $p^a(w) = w$ et le profit espéré est donné par $\Pi^a(w, k, p) = \theta(k\bar{z}/w) + (1 - \theta)(k\underline{z}/w) - 0,5k^2$. Le niveau de qualité k qui maximise ce profit est donné par $k^*(w, \theta) = (\theta\bar{z} + (1 - \theta)\underline{z})/w$. En remplaçant k^* par sa valeur dans la fonction de profit espéré, on obtient la valeur maximale

20. On vérifie la complémentarité technologique, i. e. $k_z(w, z) = 1/w > 0$.

du profit, $\Pi^{max}(w, \theta) = 0,5(\theta\bar{z} + (1 - \theta)\underline{z})^2/w^2$.

On remarque donc que $\Pi^{max}(w, \theta) > 0$ et $\lim_{w \rightarrow 0} \Pi^{max}(w, \theta) = +\infty$. On note donc que même en absence de signal, la firme aval adopte toujours; par conséquent $\tilde{w}(\theta) = +\infty$.

Par ailleurs, la demande anticipée sur laquelle la firme aval se base pour prendre sa décision d'adoption à l'étape 3 est donnée par $\theta(k^*\bar{z}/w^2) + (1 - \theta)(k^*\underline{z}/w^2) = (\theta\bar{z} + (1 - \theta)\underline{z})^2/w^3$.

3.6.2 Équilibre du secteur amont

▷ En *information parfaite*, la demande espérée par la firme amont est la même que la demande exprimée par la firme aval. Quand la firme amont choisit la qualité basse, on a $\underline{X}^g(w) = \underline{X}^a(w) = \underline{z}^2/w^3$ avec un profit $\underline{\pi}^g(w) = (w - c)\underline{X}^g - c^g(\underline{z})$; mais quand elle choisit de produire la qualité haute, $\overline{X}^g(w) = \overline{X}^a(w) = \bar{z}^2/w^3$, le profit associé étant $\overline{\pi}^g(w) = (w - c)\overline{X}^g - c^g(\bar{z})$.

▷ En *information imparfaite*, la demande exprimée à l'étape 4 par la firme aval de type θ est soit $\underline{X}^a(w, \theta) = k^*(w, \theta)\underline{z}/w^2$ quand elle observe $\underline{z}$, soit $\overline{X}^a(w, \theta) = k^*(w, \theta)\bar{z}/w^2$ quand elle observe $\bar{z}$. Sachant que $\underline{X}^g(w) = \int_0^1 \underline{X}^a(w, \theta)f(\theta)d\theta$ et $\overline{X}^g(w) = \int_0^1 \overline{X}^a(w, \theta)f(\theta)d\theta$, on montre que les demandes espérées de la firme amont sont,

$$\underline{X}^g(w) = (\bar{z}\underline{z}E(\theta) + \underline{z}^2(1 - E(\theta)))/w^3 \quad (3.53)$$

$$\overline{X}^g(w) = (\bar{z}^2E(\theta) + \bar{z}\underline{z}(1 - E(\theta)))/w^3 \quad (3.54)$$

Les profits associés étant respectivement $\underline{\pi}^g(w) = (w - c)\underline{X}^g - c^g(\underline{z})$ et $\overline{\pi}^g(w) = (w - c)\overline{X}^g - c^g(\bar{z})$.

▷ En *information imparfaite avec probabilité h de signal*, la demande espérée par la firme amont est :

$$\underline{X}^g(w, h) = h(\underline{z}^2/w^3) + (1 - h)((\bar{z}\underline{z}E(\theta) + \underline{z}^2(1 - E(\theta)))/w^3) \quad (3.55)$$

$$\overline{X}^g(w, h) = h(\bar{z}^2/w^3) + (1 - h)((\bar{z}^2E(\theta) + \bar{z}\underline{z}(1 - E(\theta)))/w^3) \quad (3.56)$$

Les profits associés étant respectivement $\underline{\pi}^g(w, h) = (w - c)\underline{X}^g - c^g(\underline{z})$ et $\bar{\pi}^g(w, h) = (w - c)\bar{X}^g - c^g(\bar{z})$. Soient $w^{\underline{m}} = \operatorname{argmax}_w \underline{\pi}^g(w, h)$ le prix de la qualité basse et $w^{\bar{m}} = \operatorname{argmax}_w \bar{\pi}^g(w, h)$ le prix de gros de la qualité haute. Après calculs, on montre que $w^{\underline{m}}$ et $w^{\bar{m}}$ sont identiques et indépendants de h et constants : $w^{\underline{m}} = w^{\bar{m}} = w = \frac{3}{2}c$. Les équations (3.55) et (3.56) deviennent donc respectivement $\underline{X}^g(h) = h(8\underline{z}^2/27c^3) + (1 - h)(8(\bar{z}\underline{z}E(\theta) + \underline{z}^2(1 - E(\theta)))/27c^3)$ et $\bar{X}^g(h) = h(8\bar{z}^2/27c^3) + (1 - h)(8(\bar{z}^2E(\theta) + \bar{z}\underline{z}(1 - E(\theta)))/27c^3)$. Les expressions des profits espérés sont alors $\underline{\pi}^g(h) = h(4\underline{z}^2/27c^2) + (1 - h)(4(\bar{z}\underline{z}E(\theta) + \underline{z}^2(1 - E(\theta)))/27c^2) - c(\underline{z})$ et $\bar{\pi}^g(h) = h(4\bar{z}^2/27c^2) + (1 - h)(4(\bar{z}^2E(\theta) + \bar{z}\underline{z}(1 - E(\theta)))/27c^2) - c(\bar{z})$.

3.6.3 Effets des pôles de compétitivité

▷ *Choix de la qualité amont.* On montre que l'écart de demande espérée en amont augmente avec h car, $d\underline{X}^g(h)/dh = 8E(\theta)\underline{z}(\underline{z} - \bar{z})/27c^3 < 0$ et $d\bar{X}^g(h)/dh = 8(1 - E(\theta))\bar{z}(\bar{z} - \underline{z})/27c^3 > 0$. De même, on montre que l'écart du profit espéré de la firme amont augmente avec h ; en effet, $d\underline{\pi}^g(h)/dh = 4E(\theta)\underline{z}(\underline{z} - \bar{z})/27c^2 < 0$ et $d\bar{\pi}^g(h)/dh = 4(1 - E(\theta))\bar{z}(\bar{z} - \underline{z})/27c^2 > 0$. On vérifie ainsi que le pôle de compétitivité incite la firme générique à vendre la qualité haute plutôt que la qualité basse.

En supposant que les coûts R&D, $c^g(\bar{z})$ et $c^g(\underline{z})$, garantissent des profits positifs à la firme amont, on vérifie qu'il existe une valeur limite h^* au delà de laquelle la firme générique bascule de la qualité basse $\underline{z}$ à la qualité haute $\bar{z}$. Le dispositif des pôles technologiques influence donc le choix de la qualité en amont.

La figure (3.1) suivante illustre cette analyse.

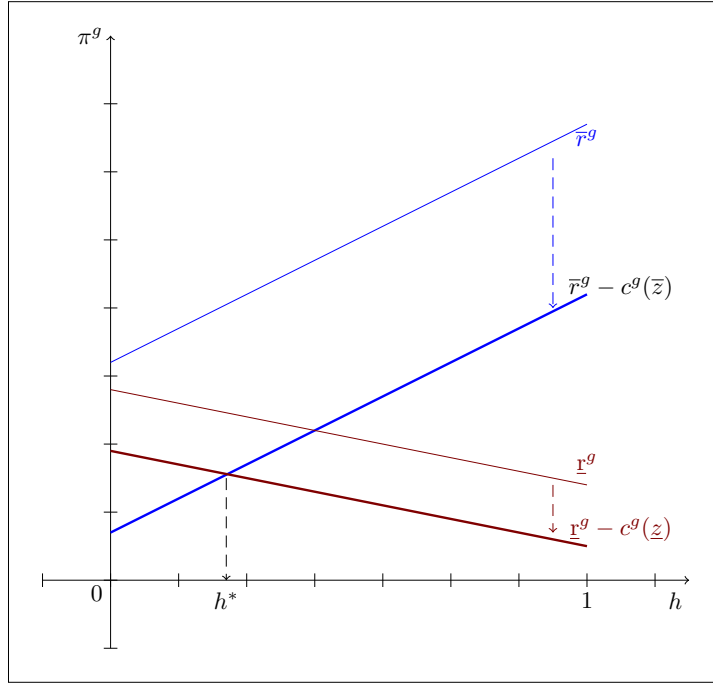


FIGURE 3.1 – Écart de profit

Remarque 9. On note que, pour $h = 0$, $\bar{r}^g \geq \underline{r}^g$ si et seulement si $E(\theta) \geq 0,5$. h^* est solution de $\bar{\pi}^g(h) = \underline{\pi}^g(h)$.

▷ *Comportement d'adoption en aval.* Analysons l'effet de l'accroissement de h sur le niveau d'investissement espéré en qualité en aval et sur le niveau d'utilisation espéré du produit générique en aval par une firme de type θ donné.

- (a). Les qualités espérées en aval lorsque la firme amont produit la qualité basse et la qualité haute sont données respectivement par $\tilde{k}_{inf}(h, \theta) = h\underline{k} + (1 - h)k^*(\theta)$ et $\tilde{k}_{sup}(h, \theta) = h\bar{k} + (1 - h)k^*(\theta)$; une fois réécrits, on a $\tilde{k}_{inf}(h, \theta) = (2/3c)(h\underline{z} + (1 - h)(\theta\bar{z} + (1 - \theta)\underline{z}))$ et $\tilde{k}_{sup}(h, \theta) = (2/3c)(h\bar{z} + (1 - h)(\theta\bar{z} + (1 - \theta)\underline{z}))$.

- si l'accroissement de h n'engendre pas de variation de qualité en amont, on montre que $d\tilde{k}_{inf}/dh = (2/3c)\theta(\underline{z} - \bar{z}) < 0$ et $d\tilde{k}_{sup}/dh = (2/3c)(1 - \theta)(\bar{z} - \underline{z}) > 0$; autrement dit, le pôle encourage l'investissement en R&D en aval lorsque le générique est de qualité haute et le décourage lorsque le générique est de qualité basse.

- si l'accroissement de h engendre un basculement de la qualité basse vers la qualité haute en amont, calculons $\tilde{k}_{sup}(h_2, \theta) - \tilde{k}_{inf}(h_1, \theta)$. Après calculs, on montre que $\tilde{k}_{sup}(h_2, \theta) - \tilde{k}_{inf}(h_1, \theta) = (2/3c)(\theta h_1 + (1-\theta)h_2)(\bar{z} - \underline{z}) > 0$. On vérifie ainsi que $\tilde{k}_{sup}(h_2, \theta) - \tilde{k}_{inf}(h_1, \theta) > d\tilde{k}_{sup}/dh$. Le basculement de la qualité basse vers la qualité haute renforce l'effet positif du pôle sur l'investissement en R&D.

(b). Les niveaux d'utilisation espérée en aval du bien générique lorsqu'il est de qualité haute et de qualité basse sont respectivement donnés par $\tilde{X}_{inf}^a(h, \theta) = (8/27c^3)(h\underline{z}^2 + (1-h)(\theta\bar{z}\underline{z} + (1-\theta)\underline{z}^2))$ et $\tilde{X}_{sup}^a(h, \theta) = (8/27c^3)(h\bar{z}^2 + (1-h)(\theta\bar{z}^2 + (1-\theta)\bar{z}\underline{z}))$

- si l'accroissement de h n'engendre pas de variation de qualité en amont, on montre que $d\tilde{X}_{inf}^a/dh = (8/27c^3)\theta\underline{z}(\underline{z} - \bar{z}) < 0$ et $d\tilde{X}_{sup}^a/dh = ((8/27c^3)(1-\theta)\bar{z}(\bar{z} - \underline{z})) > 0$. Le pôle accroît donc la demande espérée du bien générique lorsqu'il est de qualité haute et la réduit lorsqu'il est de qualité basse.
- si l'accroissement de h engendre un basculement de la qualité basse vers la qualité haute en amont, on montre que $\tilde{X}_{sup}^a(h_2, \theta) - \tilde{X}_{inf}^a(h_1, \theta) = (8/27c^3)[(\bar{z} - \underline{z})(\theta h_1 + (1-\theta)h_2) + (\bar{z} - \underline{z})(\theta\bar{z} + (1-\theta)\underline{z})] > 0$. On vérifie ainsi que $\tilde{X}_{sup}^a(h_2, \theta) - \tilde{X}_{inf}^a(h_1, \theta) > d\tilde{X}_{sup}^a/dh$. La variation de la qualité, consécutive à la mise en place du pôle, renforce bien l'effet positif du pôle sur la demande espérée du bien générique en aval.

▷ *Surplus social.* Notons respectivement $\underline{W}(h) = \underline{\pi}^g(h) + \underline{\pi}^a(h)$ et $\overline{W}(h) = \overline{\pi}^g(h) + \overline{\pi}^a(h)$ le surplus social lorsque les consommateurs observent la qualité basse $\underline{z}$ et la qualité haute $\bar{z}$. Les profits $\underline{\pi}^g(h)$ et $\overline{\pi}^g(h)$ sont ceux calculés en information imparfaite avec probabilité de signal h de signal (voir section 3.6.2). Les $\underline{\pi}^a(h)$ et $\overline{\pi}^a(h)$ sont calculés suivant les équations (3.44) et (3.45); on a :

$$\begin{aligned}\underline{\pi}^a(h) &= (2/9c^2) \left(h\underline{z}^2 + (1-h) \int_0^1 2(\theta\bar{z} + (1-\theta)\underline{z})\underline{z} - (\theta\bar{z} + (1-\theta)\underline{z})^2 f(\theta) d\theta \right) \\ \overline{\pi}^a(h) &= (2/9c^2) \left(h\bar{z}^2 + (1-h) \int_0^1 2(\theta\bar{z} + (1-\theta)\bar{z})\underline{z} - (\theta\bar{z} + (1-\theta)\underline{z})^2 f(\theta) d\theta \right)\end{aligned}$$

On a montré précédemment que $d\pi^g(h)/dh < 0$ et $d\pi^a(h)/dh > 0$; ce qui signifie que le gain d'information n'est profitable à la firme amont lorsqu'elle produit la qualité haute. Par ailleurs, après calcul, on montre que $d\pi^a(h)/dh = (2/9c^2)E(\theta)^2(\underline{z} - \bar{z})^2 > 0$ et $d\pi^g(h)/dh = (2/9c^2)(1 - E(\theta))(\bar{z} - \underline{z})^2 > 0$, ce qui vérifie que le gain d'information est toujours profitable au secteur aval. Il lui permet en effet de se rapprocher du niveau d'investissement k optimal, d'améliorer son profit en réduisant le risque de sous-investissement ou de sur-investissement dû à l'information imparfaite. Analysons l'effet global de l'accroissement de h sur le surplus social.

- si l'accroissement de h n'engendre pas de variation de qualité en amont, on note immédiatement que $d\bar{W}(h)/dh > 0$ est positif. En d'autres termes, lorsque le bien générique est de qualité haute, le dispositif des pôles améliore le bien-être social et permet l'alignement des incitations des secteurs amont et aval. Par contre le signe de $d\underline{W}(h)/dh$ n'est pas immédiat car les incitations des secteurs amont et aval ne sont pas alignées lorsque le bien générique est de qualité basse. En effet, le calcul montre que $d\underline{W}(h)/dh = (2/9c^2)E(\theta)(\underline{z} - \bar{z})[(2/3)\underline{z} + (\underline{z} - \bar{z})E(\theta)]$ et que $d\underline{W}(h)/dh > 0$ si et seulement si $E(\theta) > (2/3)\underline{z}/(\bar{z} - \underline{z})$.
- si l'accroissement de h engendre un basculement de la qualité basse vers la qualité haute en amont, calculons le signe $\bar{W}(h_2) - \underline{W}(h_1)$. On peut décomposer et écrire $\bar{W}(h_2) - \underline{W}(h_1) = (\bar{W}(h_2) - \bar{W}(h_1)) + (\bar{W}(h_1) - \underline{W}(h_1))$. On sait que le premier terme de droite $(\bar{W}(h_2) - \bar{W}(h_1))$ est positif. Développons le second terme de droite : $\bar{W}(h_1) - \underline{W}(h_1) = (\bar{\pi}^g(h_1) - \underline{\pi}^g(h_1)) + (\bar{\pi}^a(h_1) - \underline{\pi}^a(h_1))$. On sait que $\bar{\pi}^g(h_1) - \underline{\pi}^g(h_1) > 0$. Par ailleurs, on vérifie avec les équations de profits que $\bar{\pi}^a(h_1) - \underline{\pi}^a(h_1) > 0$, d'où $\bar{W}(h_1) - \underline{W}(h_1) > 0$. En somme, on montre que $\bar{W}(h_2) - \underline{W}(h_1) > \bar{W}(h_2) - \bar{W}(h_1)$. Le basculement de la qualité basse vers la qualité haute en amont, consécutif à l'accroissement de h , renforce l'effet positif du pôle sur le surplus social.

3.7 Discussion et conclusion

Dans cette étude, nous avons analysé théoriquement l'effet des pôles de compétitivité sur le comportement d'adoption et l'incitation à innover des firmes dans une relation verticale entre une firme fournisseur de technologie générique et une firme innovante intégratrice. Au terme de l'analyse, nous mettons en évidence quelques résultats qu'il convient d'interpréter et de discuter.

Premièrement, on montre que le dispositif des pôles de compétitivité influence le choix de la qualité de la technologie innovante en amont de la relation verticale. En effet l'émergence d'un pôle améliore l'intensité de diffusion ou de transmission de l'information sur les activités de R&D des firmes. Il accroît donc la probabilité h que la firme aval reçoive des informations sur la qualité de la technologie générique amont. La firme aval dispose donc d'une meilleure information lui permettant de prendre sa décision d'adoption en faveur de la qualité haute. Ce gain d'information incite donc la firme amont à faire de la qualité haute plutôt que la qualité basse. Autrement dit, le pôle désincite la firme amont à faire de la qualité basse. Par conséquent, si le pôle permet d'atteindre un niveau intense d'échange d'informations il favorise le développement de produit générique innovant de qualité haute en amont.

Deuxièmement, on met en évidence l'effet des pôles sur l'activité R&D de la firme intégratrice. En effet, du fait du gain d'information que permet le pôle, la firme aval accroît sa demande de produit générique de qualité haute et diminue sa demande de produit de qualité basse. En outre, le pôle améliore l'incitation à innover en aval lorsque l'innovation technologique est de qualité haute et engendre une baisse de l'incitation à innover lorsque la qualité amont est basse.

Troisièmement, on montre que c'est dans le seul cas de produits de qualité haute à la fois en amont et en aval et/ou de basculement vers la qualité haute que l'émergence du pôle améliore le bien-être social. En effet, dans ce cas, la mise en place du pôle de compétitivité engendre l'alignement des incitations des firmes amont et aval en matière de R&D. Par contre, si le gain d'information engendré par le pôle ne permet pas d'améliorer la qualité et qu'avant la mise en place du pôle la technologie générique était de qualité basse, le pôle peut faire diminuer le bien-être social.

Nos résultats impliquent que la politique des pôles joue un rôle de catalyseur

des activités de recherche et développement. Elle accroît en outre le bien-être social, facilite un meilleur appariement entre les firmes et favorise la recherche de nouvelles opportunités d'affaire pour les firmes innovantes. Cependant, pour que ces effets soient perceptibles, le pôle doit atteindre une masse critique en terme de nombre de firmes innovantes, d'infrastructure de qualité, d'externalités de connaissances, etc.

Le troisième résultat implique entre autres des effets néfastes du pôle sur le bien-être social. En effet si avant la mise en place du pôle, les technologies développées sur le territoire étaient déjà de qualité haute, alors la mise en place du pôle améliore le bien-être social. Cependant si avant la mise en place du pôle, les produits innovants développés sur le territoire étaient de qualité basse, alors si le dispositif du pôle ne permet pas d'atteindre une masse critique suffisante pour faire basculer les firmes innovantes vers la qualité haute, le pôle va engendrer une baisse du bien-être social. Autrement dit, si le pôle ne permet pas d'améliorer la qualité et continue de labelliser des projets de R&D de moins bonne qualité, il a un effet néfaste sur le bien-être. Ce résultat va à l'encontre d'une idée consensuelle de bienfaits des pôles et mérite réflexion d'autant plus que la politique industrielle des pôles engendre des coûts de mise en place et de fonctionnement.

En somme, cette étude nous a permis d'identifier un mécanisme par lequel le pôle de compétitivité conduit à des innovations de haute qualité technologique en amont et en aval. Autrement dit, le pôle de compétitivité peut contribuer à améliorer la compétitivité hors-prix des innovations en stimulant localement l'activité de recherche en technologies de haute qualité ainsi que l'activité de production tant en amont qu'en aval.

3.8 Annexes

Annexe A. Signe de $\tilde{k}_{sup}(h_2, \theta) - \tilde{k}_{inf}(h_1, \theta)$ lorsque l'accroissement de h entraîne un basculement de la qualité basse vers la qualité haute en amont

On sait que :

$$\begin{aligned} \tilde{k}_{sup}(h_2, \theta) - \tilde{k}_{inf}(h_1, \theta) &= (\tilde{k}_{sup}(h_2, \theta) - \tilde{k}_{sup}(h_1, \theta)) \\ &\quad + (\tilde{k}_{sup}(h_1, \theta) - \tilde{k}_{inf}(h_1, \theta)) \end{aligned}$$

- si $\frac{\partial \bar{k}}{\partial w^{\bar{m}}} > 0$ et $\frac{\partial k^*}{\partial w^{\bar{m}}} > 0$, on a :

$$\begin{aligned} \tilde{k}_{sup}(h_2, \theta) - \tilde{k}_{sup}(h_1, \theta) &= \underbrace{h_2 \bar{k}(w^{\bar{m}}(h_2)) - h_1 \bar{k}(w^{\bar{m}}(h_1))}_{(+)} \\ &+ \underbrace{(1 - h_2)k^*(w^{\bar{m}}(h_2), \theta) - (1 - h_1)k^*(w^{\bar{m}}(h_1), \theta)}_{(+/-)?} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \tilde{k}_{sup}(h_1, \theta) - \tilde{k}_{inf}(h_1, \theta) &= \underbrace{h_1(\bar{k}(w^{\bar{m}}(h_1)) - \underline{k}(w^{\underline{m}}(h_1)))}_{(+)} \\ &+ \underbrace{(1 - h_1)(k^*(w^{\bar{m}}(h_1), \theta) - k^*(w^{\underline{m}}(h_1), \theta))}_{(+)} \end{aligned}$$

Autrement dit, le signe global de $\tilde{k}_{sup}(h_2, \theta) - \tilde{k}_{inf}(h_1, \theta)$ est indéterminé. Cependant si $\frac{\partial \bar{k}}{\partial w^{\bar{m}}} \gg 0$ et $\frac{\partial k^*}{\partial w^{\bar{m}}} \gg 0$, alors $k^*(w^{\bar{m}}(h_2), \theta) \gg k^*(w^{\bar{m}}(h_1), \theta)$ impliquant possiblement que $(1 - h_2)k^*(w^{\bar{m}}(h_2), \theta) - (1 - h_1)k^*(w^{\bar{m}}(h_1), \theta) > 0$; on en déduit que $\tilde{k}_{sup}(h_2, \theta) - \tilde{k}_{inf}(h_1, \theta)$ devient globalement positif.

- Par contre, si $\frac{\partial \bar{k}}{\partial w^{\bar{m}}} < 0$ et $\frac{\partial k^*}{\partial w^{\bar{m}}} < 0$, on a :

$$\begin{aligned} \tilde{k}_{sup}(h_2, \theta) - \tilde{k}_{sup}(h_1, \theta) &= \underbrace{h_2 \bar{k}(w^{\bar{m}}(h_2)) - h_1 \bar{k}(w^{\bar{m}}(h_1))}_{(+/-)?} \\ &+ \underbrace{(1 - h_2)k^*(w^{\bar{m}}(h_2), \theta) - (1 - h_1)k^*(w^{\bar{m}}(h_1), \theta)}_{(-)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \tilde{k}_{sup}(h_1, \theta) - \tilde{k}_{inf}(h_1, \theta) &= \underbrace{h_1(\bar{k}(w^{\bar{m}}(h_1)) - \underline{k}(w^{\underline{m}}(h_1)))}_{(-)} \\ &+ \underbrace{(1 - h_1)(k^*(w^{\bar{m}}(h_1), \theta) - k^*(w^{\underline{m}}(h_1), \theta))}_{(-)} \end{aligned}$$

Et le signe global de $\tilde{k}_{sup}(h_2, \theta) - \tilde{k}_{inf}(h_1, \theta)$ est indéterminé. Cependant si $\frac{\partial \bar{k}}{\partial w^{\bar{m}}} \ll 0$ et $\frac{\partial k^*}{\partial w^{\bar{m}}} \ll 0$, alors $\bar{k}(w^{\bar{m}}(h_2)) \ll \bar{k}(w^{\bar{m}}(h_1))$ impliquant possiblement que $h_2 \bar{k}(w^{\bar{m}}(h_2)) - h_1 \bar{k}(w^{\bar{m}}(h_1)) < 0$; on en déduit que $\tilde{k}_{sup}(h_2, \theta) - \tilde{k}_{inf}(h_1, \theta)$ devient globalement négatif.

Annexe B. Signe de $\tilde{X}_{sup}^a(h_2, \theta) - \tilde{X}_{inf}^a(h_1, \theta)$ lorsque l'accroissement de h entraîne un basculement de la qualité basse vers la qualité haute en amont.

On sait que :

$$\begin{aligned} \tilde{X}_{sup}^a(h_2, \theta) - \tilde{X}_{inf}^a(h_1, \theta) &= (\tilde{X}_{sup}^a(h_2, \theta) - \tilde{X}_{sup}^a(h_1, \theta)) \\ &\quad + (\tilde{X}_{sup}^a(h_1, \theta) - \tilde{X}_{inf}^a(h_1, \theta)) \end{aligned}$$

- si $\frac{\partial \bar{k}}{\partial w^{\bar{m}}} > 0$ et $\frac{\partial k^*}{\partial w^{\bar{m}}} > 0$, et sachant que $CS_{p^a kw} > 0$, on a :

$$\begin{aligned} \tilde{X}_{sup}^a(h_2, \theta) - \tilde{X}_{sup}^a(h_1, \theta) &= \underbrace{h_2(-CS_{p^a}(w^{\bar{m}}(h_2), \bar{k}(w^{\bar{m}}(h_2), \theta) - h_1(-CS_{p^a}(w^{\bar{m}}(h_1), \bar{k}(w^{\bar{m}}(h_1), \theta))))}_{(+)} \\ &\quad + \underbrace{(1 - h_2)(-CS_{p^a}(w^{\bar{m}}(h_2), k^*w^{\bar{m}}(h_2), \theta) - (1 - h_1)(-CS_{p^a}(w^{\bar{m}}(h_1), k^*w^{\bar{m}}(h_1), \theta))))}_{(+/-)?} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \tilde{X}_{sup}^a(h_1, \theta) - \tilde{X}_{inf}^a(h_1, \theta) &= \underbrace{h_1(-CS_{p^a}(w^{\bar{m}}(h_1), \bar{k}(w^{\bar{m}}(h_1), \theta) - h_1(-CS_{p^a}(w^{\bar{m}}(h_1), \bar{k}(w^{\bar{m}}(h_1), \theta))))}_{(+)} \\ &\quad + \underbrace{(1 - h_1)(-CS_{p^a}(w^{\bar{m}}(h_1), k^*w^{\bar{m}}(h_1), \theta) - (-CS_{p^a}(w^{\bar{m}}(h_1), k^*w^{\bar{m}}(h_1), \theta))))}_{(+)} \end{aligned}$$

Le signe global de $\tilde{X}_{sup}^a(h_2, \theta) - \tilde{X}_{inf}^a(h_1, \theta)$ est indéterminé. Cependant si $\frac{\partial \bar{k}}{\partial w^{\bar{m}}} \gg 0$ et $\frac{\partial k^*}{\partial w^{\bar{m}}} \gg 0$, alors $(-CS_{p^a}(w^{\bar{m}}(h_2), k^*w^{\bar{m}}(h_2), \theta) \gg (-CS_{p^a}(w^{\bar{m}}(h_1), k^*w^{\bar{m}}(h_1), \theta)))$ impliquant possiblement que $(1 - h_2)(-CS_{p^a}(w^{\bar{m}}(h_2), k^*w^{\bar{m}}(h_2), \theta) - (1 - h_1)(-CS_{p^a}(w^{\bar{m}}(h_1), k^*w^{\bar{m}}(h_1), \theta))) > 0$; on en déduit que $\tilde{X}_{sup}^a(h_2, \theta) - \tilde{X}_{inf}^a(h_1, \theta)$ devient globalement positif.

- Par contre si $\frac{\partial \bar{k}}{\partial w^{\bar{m}}} < 0$ et $\frac{\partial k^*}{\partial w^{\bar{m}}} < 0$, on a :

$$\begin{aligned} \tilde{X}_{sup}^a(h_2, \theta) - \tilde{X}_{sup}^a(h_1, \theta) &= \underbrace{h_2(-CS_{p^a}(w^{\bar{m}}(h_2), \bar{k}(w^{\bar{m}}(h_2), \theta) - h_1(-CS_{p^a}(w^{\bar{m}}(h_1), \bar{k}(w^{\bar{m}}(h_1), \theta))))}_{(+/-)?} \\ &\quad + \underbrace{(1 - h_2)(-CS_{p^a}(w^{\bar{m}}(h_2), k^*w^{\bar{m}}(h_2), \theta) - (1 - h_1)(-CS_{p^a}(w^{\bar{m}}(h_1), k^*w^{\bar{m}}(h_1), \theta))))}_{(-)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\tilde{X}_{sup}^a(h_1, \theta) - \tilde{X}_{inf}^a(h_1, \theta) &= \underbrace{h_1(-CS_{p^a}(w^{\overline{m}}(h_1), \bar{k}(w^{\overline{m}}(h_1), \theta) - h_1(-CS_{p^a}(w^{\overline{m}}(h_1), \bar{k}(w^{\overline{m}}(h_1), \theta)))}_{(-)} \\
&+ \underbrace{(1-h_1)(-CS_{p^a}(w^{\overline{m}}(h_1), k^*(w^{\overline{m}}(h_1), \theta) - (-CS_{p^a}(w^{\underline{m}}(h_1), k^*(w^{\underline{m}}(h_1), \theta)))}_{(-)}
\end{aligned}$$

Le signe global de $\tilde{X}_{sup}^a(h_2, \theta) - \tilde{X}_{inf}^a(h_1, \theta)$ est indéterminé. Cependant si $\frac{\partial \bar{k}}{\partial w^{\overline{m}}} \ll 0$ et $\frac{\partial k^*}{\partial w^{\overline{m}}} \ll 0$, alors $(-CS_{p^a}(w^{\overline{m}}(h_2), \bar{k}(w^{\overline{m}}(h_2), \theta) \ll (-CS_{p^a}(w^{\overline{m}}(h_1), \bar{k}(w^{\overline{m}}(h_1), \theta)))$ impliquant possiblement que $h_2(-CS_{p^a}(w^{\overline{m}}(h_2), \bar{k}(w^{\overline{m}}(h_2), \theta) - h_1(-CS_{p^a}(w^{\overline{m}}(h_1), \bar{k}(w^{\overline{m}}(h_1), \theta))) < 0$; on en déduit que $\tilde{X}_{sup}^a(h_2, \theta) - \tilde{X}_{inf}^a(h_1, \theta)$ devient globalement négatif.

Chapitre 4

Retour sur les résultats théoriques par des entretiens avec des acteurs des pôles : *le cas de Minalogic*

4.1 Introduction

La littérature empirique analysant la relation entre clusters et incitation des firmes à innover est abondante ; cependant, elle aboutit à des résultats contrastés. En effet, pendant que certains travaux montrent que la proximité géographique ou la localisation des externalités de connaissance à travers les clusters stimule l'activité des firmes membres et conduit à un accroissement de leur intensité de R&D, d'autres montrent plutôt que le cluster en lui-même (ou la localisation des externalités de connaissance) n'a pas d'effets perceptibles sur l'incitation à innover des firmes si on fait abstraction des spécificités des firmes et de leurs activités.

Dans le premier groupe de travaux, on peut citer Baptista et Swann (1998), Beaudry (2001), Bell (2005), Folta *et al.* (2006), Beaudry et Swann (2009), Borghi *et al.* (2010), Bykova (2010) et De Beule et Van Beveren (2011). Le travail pionnier de Baptista et Swann (1998) analyse l'effet des clusters industriels forts (c'est-à-dire avec un taux d'emploi élevé dans un secteur industriel) sur la proba-

bilité d'innover des firmes de onze régions du Royaume Uni. Les auteurs utilisent des données de panel sur les brevets des firmes dans différents secteurs industriels ainsi que des données sur le taux d'emploi des régions. Les résultats montrent qu'une firme membre d'un cluster a une forte probabilité d'innover surtout si le taux d'emploi dans son propre secteur industriel au sein du cluster est élevé ; cela s'explique par les effets de la localisation des externalités de connaissance sur l'activité d'innovation et la performance des firmes. Beaudry (2001) et Beaudry et Swann (2009) confirment les effets positifs des clusters pour la plupart des secteurs industriels (aérospatial, hautes technologies, infrastructures, textiles, etc.) à l'exception du secteur des services ; ils montrent par ailleurs que les clusters favorisent l'entrée de nouvelles firmes dans les activités industrielles et favorisent leur croissance. Folta *et al.* (2006) s'intéressent au secteur des biotechnologies aux États-Unis et montrent que les firmes appartenant aux clusters bénéficient des économies d'échelle dues à l'agglomération et améliorent leur capacité d'innovation. Des travaux tels que Bell (2005) sur les clusters canadiens, de Borghi *et al.* (2010) sur des clusters européens, de Bykova (2010) sur des clusters en Russie et de De Beule et Van Beveren (2011)¹ sur des firmes agglomérées en Belgique, montrent que la seule présence d'une firme au sein d'un cluster industriel améliore sa propension à innover et intensifie son activité d'innovation. Cela est dû à la présence des externalités de connaissances et à l'intensification des contacts face-à-face facilités par les clusters. Les auteurs en concluent que les clusters peuvent être un important catalyseur et un important canal pour la promotion de l'innovation des firmes.

A ces travaux montrant l'impact positif des clusters sur l'incitation à innover des firmes, on peut ajouter des travaux tels que Jaffe *et al.* (1993), Jaffe (1989), Acs *et al.* (1994), Audretsch et Vivarelli (1994) et Audretsch et Feldman (1996b). En effet, ces derniers ont montré empiriquement que les externalités de connaissance ont tendance à être localisées et que leur localisation s'estompe avec la distance. Autrement dit, ces résultats suggèrent indirectement que la localisation et les clusters génèrent beaucoup plus d'incitation à l'innovation du fait de

1. Spécifiquement, Borghi *et al.* (2010) montre que l'effet positif des clusters est plus important dans les secteurs de moyenne et de haute technologie, plus favorable à l'innovation. De Beule et Van Beveren (2011) montrent plutôt que les économies de localisation sont plus favorables aux secteurs de faible technologie et de services tandis que les économies d'urbanisation sont plus favorables au secteur de haute technologie.

la forte présence des externalités de connaissance.

Dans le second groupe de travaux, les auteurs montrent que le cluster en lui-même n'a pas d'effets perceptibles et peut même être une source d'externalités négatives (effet de congestion). Ils montrent que les externalités de connaissances (pures) dues à la simple proximité géographique ne sont pas suffisantes pour inciter à l'innovation. En clair, les caractéristiques spécifiques des firmes ainsi que de leurs activités et les caractéristiques de l'environnement institutionnel et organisationnel des firmes influencent l'effet des clusters.

Par exemple, Hervas-oliver *et al.* (2009) analysent l'effet des clusters en Espagne sur les activités d'innovation des PME par une approche basée sur les ressources ; leurs résultats montrent l'importance de la capacité d'absorption individuelle des firmes (et de la capacité d'absorption de toute l'organisation industrielle ou du cluster). En effet, les auteurs montrent que les ressources internes des firmes et la manière dont ces ressources se combinent avec les ressources externes (ou relationnelles) influencent l'effet des clusters sur l'activité d'innovation des firmes. Ils montrent aussi que les clusters facilitent l'accès aux ressources externes, favorisent une meilleure combinaison des deux types de ressources, ce qui génère un effet additionnel sur la performance de la firme. Une autre étude, Lee (2009), basée sur des données de six pays (Canada, Japon, Corée, Taïwan, Chine et Inde) montre que l'effet positif des clusters sur les incitations à innover des firmes est d'autant plus probable que les firmes investissent beaucoup dans la formation des employés et sont engagées activement dans des collaborations et des contrats en R&D ; ce résultat est conforté par celui de Nishimura et Okamuro (2009) sur le Japon qui montre que le fait de collaborer avec des universités publiques implantées dans le cluster améliore significativement l'effet des clusters sur la productivité de la R&D d'une firme. Ces résultats montrent l'influence des caractéristiques propres des firmes et leurs activités dans la relation entre clusters et incitation à l'innovation.

On trouve dans la littérature d'autres travaux qui montrent l'influence des spécificités de l'environnement institutionnel et organisationnel des firmes (densité des réseaux au sein des clusters, taille et composition des clusters, etc.) sur l'effet des clusters. Par exemple, l'étude de Beaudry et Breschi (2003) auprès de certains clusters de l'Italie et du Royaume Uni montre que la performance d'une firme en terme d'innovation est conditionnée par une forte présence au sein du

cluster d'autres firmes innovantes exerçant dans le même secteur industriel ; Oerlemans *et al.* (2001) dans une étude sur les Pays-Bas montrent l'importance de la nature et la densité du réseaux d'entreprises au sein des clusters. Ce résultat est confirmé par Rocha (2004) et Rocha et Sternberg (2005) dans le cas des clusters allemands ; ces derniers montrent que la présence de réseaux, de relations intertemporelles et socio-institutionnelles entre les firmes est une condition nécessaire au sein des clusters pour impacter positivement leur activité d'innovation et favoriser l'esprit d'entreprise. Enfin, des travaux mettent l'accent sur l'influence de la taille des clusters. Pour Sher et Yang (2005), la taille des clusters a un effet modérateur sur la relation positive entre capacité d'innovation (en termes d'intensité de R&D et de main-d'oeuvre) et performance des firmes dans l'industrie de circuits intégrés en Taïwan ; Folta *et al.* (2006) abondent dans le même sens et montrent que le bénéfice marginal des firmes décroît avec la taille des clusters dans le secteur des biotechnologies aux États-Unis.

On peut noter que ce second groupe de travaux ne nie pas nécessairement l'existence d'un effet positif des clusters sur l'incitation à innover. Ici l'effet positif du cluster sur l'incitation à l'innovation n'est perceptible que sous les conditions de forte densité de réseau en terme d'échanges d'information technologique et de compétences spécialisés, de bonne capacité d'absorption des firmes, d'existence de collaboration ou de contrat R&D entre les firmes, de taille critique de clusters.

Au vu de cette revue de littérature succincte, on note de manière générale que l'analyse empirique des effets des clusters sur les incitations à innover fournit une image contrastée des résultats. Cependant, ces deux groupes de résultats ne sauraient être mis en opposition totale. Ils semblent plutôt être complémentaires dans le sens où l'on pourrait dire d'une part, qu'il n'y a pas d'effet cluster sans agglomération et d'autre part, que les spécificités des firmes et de l'environnement renforceraient l'effet des externalités d'une manière générale et des externalités de connaissances en particulier.

L'objectif de ce chapitre est de trouver des illustrations aux résultats des contributions théoriques de cette thèse, i.e. les chapitre deux et trois. Les illustrations se basent sur des informations recueillies après entretiens auprès des acteurs de pôle sur la réalité du terrain tel qu'ils la ressentent. Le terrain d'étude est le pôle Minalogic dans la région Rhône-alpe. Notre analyse se veut donc quali-

tative et n'a pas la prétention de servir de validation de nos résultats théoriques. Notre ambition à travers ce dernier chapitre est d'apporter non seulement une approche méthodologique complémentaire à celle adoptée dans la littérature empirique ci-dessus, mais aussi de contextualiser nos résultats théoriques.

Le chapitre est structuré en quatre sections. Dans la section (4.2) suivante nous présentons le pôle Minalogic qui nous a servi de terrain dans cette étude ; la section (4.3) présente la méthodologie utilisée pour le recueil d'information auprès des acteurs et la section (4.4) donne à proprement parlé des illustrations de l'approche générale des contributions théoriques de la thèse et de leurs résultats. Nous terminerons par une discussion et conclusion dans la section (4.5).

4.2 Présentation du pôle Minalogic

Le Pôle de compétitivité mondial Minalogic (acronyme de MICRO NANOTECHnologies et LOGICIEL Grenoble-Isère Compétitivité)² a été labellisé en juillet 2005. Il a été créé avec 52 membres (Minalogic, 2009; Retour, 2009) ; il bénéficiait déjà d'une certaine maturité antérieure à sa labellisation car la majorité de ces établissements ont débuté leurs activités avant 2002 (Domens et Pouliquen, 2007). Il est basé à Grenoble-Isère dans les domaines de micro-nanotechnologies et des logiciels embarqués sur puces. Il est adossé à Minatec³ l'un des premiers centres mondiaux de recherche dédiés aux micro-nanotechnologies supporté principalement par le Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA de Grenoble). Le pôle participe donc à l'écosystème grenoblois reconnu internationalement pour son effort d'articulation et de mise en relation des sphères de l'industrie, de la formation et de la recherche pour l'innovation (Bertrand et Fricotteau, 2007). Minalogic allie, de ce fait, grands groupes industriels, PME, centres de recherche et formation autour de projets R&D collaboratifs à fina-

2. Pour plus de détails sur Minalogic, voir <http://www.minalogic.com/> et le site officiel dédié aux pôles de compétitivité : <http://competitivite.gouv.fr/>

3. Minatec est un centre européen en micro et nanotechnologies situé à Grenoble. C'est un laboratoire à caractère privé ; il a été créé en 2002 à l'initiative du groupe Grenoble INP / CEA-LETI (Le Laboratoire d'Electronique et de Technologies de l'Information est une division du CEA) et des collectivités locales. Il regroupe de nombreux chercheurs, étudiants et industriels pour un total 4000 personnes environs. Voir <http://www.minatec.org/> pour plus de détails.

lité industrielle. Le pôle compte aujourd'hui 204 membres⁴ avec 154 entreprises dont 82% de PME, 15 centres de recherche et universités, 15 collectivité territoriales, 16 organismes de développement économiques et autres organisations, 4 investisseurs privés.

La politique des pôles de compétitivité fait de Minalogic la principale structure d'animation de l'espace grenoblois (et rhônalpin)⁵ d'innovation et de compétences spécialisées dans le domaine des services miniaturisés intelligents. L'objectif du pôle est de favoriser la création, la mise au point et la production de produits et de solutions dans plusieurs secteurs de marché de l'activité industrielle : imageries, efficacité énergétique, connectivité et mobilité, biologie et santé, industries traditionnelles (papier intelligent, tissu intelligent). Son ambition est d'une part, de construire le premier centre européen et l'un des premiers centres mondiaux pour les puces miniaturisées intelligentes et d'autre part, de valoriser ces avancées technologiques afin d'en tirer un avantage compétitif pour lutter contre les délocalisations (Miranda *et al.*, 2008; Minalogic, 2009).

La gouvernance de Minalogic est assurée par un Conseil d'administration composé de dix membres élus dont trois représentants PME⁶ (voir annexe 3). Le Conseil d'administration est en charge de la stratégie du pôle ainsi que de la labellisation des projets⁷ dans le cadre d'un comité étendu comprenant des experts. Il s'appuie sur une cellule d'animation et deux groupes de travail thématique (appelés clusters).

La cellule d'animation a pour mission, entre autres, de mettre en relation les acteurs du pôle pour faire émerger les projets collaboratifs, participer au montage et à la valorisation des projets, mettre en oeuvre les instruments de pilotage et d'évaluation du pôle, mettre en oeuvre la politique de rayonnement et de l'attractivité du pôle, etc. Pour favoriser la dynamique du réseau d'entreprises et pour faire émerger des projets R&D collaboratifs, Minalogic organise des foires à

4. Voir l'Annexe 1 pour la liste des membres, source : <http://www.minalogic.com/> consulté le 30 mai 2012.

5. Voir en Annexe 2 le zonage R&D du pôle Minalogic. La sphère d'influence du pôle est basée sur le bassin grenoblois et s'étend sur l'espace bordé par Valence, Saint-Étienne, Lyon et d'Annecy.

6. La représentativité des PME au sein Conseil d'administration a été étoffée dans le cadre du *Cercle PME* (Retour, 2009). Ce cercle a pour mission de représenter et de défendre les intérêts des PME au sein du Conseil d'administration.

7. Voir l'Annexe 4. La labellisation est au coeur du dispositif des pôles. Elle crédibilise les projets auprès des institutions de financements et d'autres structures.

projets dénommée *Brainstorming*⁸ (deux fois par an autour des appels à projets), des séances d'information et de sensibilisation aux fondamentaux de business développement, des sensibilisations sur des sujets particuliers (appelés *petits-déjeuners*), etc.

Le pôle est constitué de deux groupes de travail thématique, le cluster Micro-Nano centré sur les projets et réalisations matérielles en micro et nanotechnologie et le cluster EmSoc (*embedded system on chip*) centré sur les thèmes des logiciels embarqués sur puces. Chaque groupe de travail est composé d'entreprises membres mais aussi de quelques entreprises extérieures au pôle.

La stratégie générale du pôle consiste à générer de la compétitivité par l'innovation. Pour y arriver, le pôle s'appuie sur les atouts de l'écosystème unique d'innovation grenoblois, alliant technologie et marché, pour créer des produits différenciés par leur niveau de miniaturisation, d'intelligence et de connectivité et améliorer leur mise rapide sur le marché (Minalogic, 2010).

En plus de ses actions en faveur de la mise en place de collaborations et de labellisation des projets, le pôle Minalogic propose aussi certains services informatiques, juridiques ou de formation à ses membres, notamment aux PME et start-up ; on peut citer, entre autres, les services d'accompagnements⁹ dans le cadre d'un projet soumis à financement FUI, des offres négociées de prêts bancaires à taux zéro et à taux bonifiés, des formations à la propriété industrielle et une assistance pour les accords de consortium, des outils mutualisés (annuaires des membres, etc.) et des services pour la promotion des activités des adhérents.

Donnons maintenant quelques chiffres clés¹⁰ de l'activité du pôle. On note qu'après 7 années de fonctionnement, Minalogic comptabilise 219 projets labellisés et financés pour une enveloppe globale de R&D de 1,7 milliards d'euros dont 615 millions d'euros de subventions publiques (FUI et Collectivités locales, ANR,

8. Les sessions de Brainstorming sont une étape importante dans la constitution des projets de R&D collaborative. Elles permettent à une entreprise membre de Minalogic de prendre part à un projet ou de présenter une nouvelle idée de projet qui peut donner lieu à des collaborations.

9. Minalogic a mis en place trois types d'accompagnement : l'accompagnement stratégique (choix des segments des segments de marché, etc.), l'accompagnement du chef de projet (appui au management spécifique à l'innovation, etc.) et un accompagnement à la cohésion d'équipe (améliorer la communication au sein de l'équipe projet, etc.).

10. Source : site <http://www.minalogic.com>, consulté le 30 mai 2012 ainsi que le rapport bilan du pôle (Minalogic, 2012)

Oséo, AII/ISI, projets européens Catrene et Feder)¹¹. Environ 20 de ces projets collaboratifs ont été finalisés et représentent un budget total de 180,8 millions d’euros dont 67,8 millions de subventions de l’État et des collectivités locales. Les retombées sont de natures diverses : 87 brevets, 235 publications dont la moitié internationales, 298 postes créés (dont 44% de contrats à durée indéterminée, 33% de CDD, 9% doctorants, 5% post-doctorants et 9% d’apprentis), un effort total de plus de 980 hommes années, un investissement matériel et structurel de plus de 40 millions d’euros. Le chiffre d’affaire déjà généré par ces projets est de 71 millions d’euros ; le pôle prévoit qu’ils généreront 707 millions pour la période 2012-2015 et 1041 millions d’euros pour la période 2015-2020 (Minalogic, 2012).

4.3 Méthodologie des entretiens

Pour illustrer nos résultats théoriques des chapitres 2 et 3 par la réalité du terrain telle qu’elle est perçue par les acteurs, nous avons réalisé des entretiens avec des entreprises et des responsables du pôle Minalogic. Pour ce faire, nous avons rédigé un guide d’entretien pour le pôle (voir Annexe 6) et un autre pour les entreprises (voir annexe 7) afin de collecter des informations nécessaires à cette illustration. L’analyse que nous faisons suite aux réponses à nos questions est d’ordre qualitatif. En effet, ces réponses nous informent sur le ressenti des acteurs et/ou le point de vue de leurs organisations sur les hypothèses et/ou les résultats de nos chapitres théoriques. Par conséquent, l’objectif des entretiens est de permettre d’avoir des illustrations de nos résultats théoriques et des hypothèses qui les sous-tendent.

Les guides d’entretien sont structurés en plusieurs parties, deux parties pour le guide d’entretien du pôle et trois pour le guide d’entretien des entreprises.

La première partie du guide adressé au pôle porte sur la présentation

11. Voir l’Annexe 5 pour la répartition des financements. On note que l’Agence d’innovation industrielle (AII) et le programme d’aide aux projets d’Innovation stratégique industrielle (ISI) font partie des programmes de soutien d’OSEO. L’AII co-finance des grands projets fédérateurs en partenariat avec les grands industriels dans les secteurs des hautes technologies ; le programme ISI concerne des projets collaboratifs stratégiques rassemblant au moins deux entreprises et un laboratoire (voir www.oseo.fr pour plus de détails). Le programme européen Catrene (Cluster for application and technology research in Europe on nanoelectronics) accompagne les entreprises européennes à développer des solutions micro et nano-électroniques répondant aux besoins des consommateurs.

générale du pôle et la deuxième partie concerne essentiellement les effets perceptibles des pôles. La présentation du pôle permet de recueillir des informations complémentaires d'ordre générale sur le pôle en termes de son fonctionnement et de ses activités ; la deuxième partie est plutôt relative aux informations spécifiques pouvant servir d'illustration à nos résultats théoriques ; il s'agit, entre autres, des effets de l'agglomération, des résultats en termes de projets collaboratifs, des effets direct et indirect des projets, etc.

Quant au guide adressé aux entreprises, la première partie permet de recueillir des informations sur les motivations de l'adhésion des firmes au pôle ; ces informations permettent aussi de connaître la perception qu'ont les firmes du pôle avant d'y adhérer ; les deuxième et troisième parties concernent les informations spécifiques sur les effets (perceptibles) du pôle sur les activités des entreprises aussi bien dans leur relation de coopération horizontale (avec des entreprises concurrentes et/ou complémentaires) que dans leur relation verticale (avec des clients ou des fournisseurs, des réseaux de distribution, etc.).

Les acteurs interviewés sont le Délégué général du pôle Minalogic, en l'occurrence Monsieur *Jean Chabbal*, deux responsables du groupe STMicroelectronics, le Directeur Général (*Bernard Fontan*) et le Directeur du Site de Crolles (*Patrick Cogez*) et le Directeur Stratégie Innovation (*Nicolas Leterrier*) du groupe Schneider Electric.

Notons que STMicroelectronics (souvent appelée simplement ST) est l'un des leaders mondiaux de fabrication de semi-conducteurs pour des applications industrielles. Il dispose de grands centres de recherche avancée et de développement dans une dizaine de pays et emploie environ 50.000 personnes dans le monde, dont le quart travaille dans la R&D. STMicroelectronics fournit des puces électroniques innovantes à des clients dans tous les secteurs d'application de l'électronique¹². Quant au groupe Schneider Electric, il est un spécialiste mondial de la gestion de l'énergie. Il est implanté dans plus de 100 pays. Il emploie plus de 130.000 personnes dont 7.500 travaillent dans les centres de R&D. Le Groupe offre des solutions intégrées pour de nombreux segments de marchés, et bénéficie d'une position de leader sur ceux de l'énergie et des infrastructures, des processus industriels, des automatismes du bâtiment, des centres de données et

12. Voir <http://www.st.com/> pour plus d'informations sur le groupe et le site <http://www.minalogic.com/> pour ses activités au sein du pôle.

réseaux ainsi que d'une large présence dans les applications du résidentiel¹³.

4.4 Analyse des informations et illustration des résultats

Les éléments d'informations des entretiens sont présentés en Annexe 8. L'analyse et l'interprétation de ces éléments pertinents vont nous permettre d'une part, de compléter et de mieux comprendre l'activité et l'environnement du pôle Minalogic et d'autre part, d'illustrer ou de nuancer nos principaux résultats théoriques.

4.4.1 Compléments sur le pôle Minalogic

A l'analyse des informations collectées, on note que le pôle Minalogic, comme la majorité des pôles, doit relever plusieurs défis importants pour atteindre ses objectifs. Parmi ces défis, trois retiennent notre attention : il s'agit notamment du défi de la gouvernance et de la convergence des acteurs hétérogènes, du défi de la production de projets collaboratifs innovants, et enfin du défi de la mobilisation des financements publics mais surtout privés.

En effet, il ressort des entretiens avec les acteurs du pôle que la gouvernance du pôle est un élément majeur pour favoriser la convergence des entreprises membres hétérogènes. La structure d'animation a un rôle considérable à jouer dans ce sens. La convergence s'appuie sur la relation de confiance d'une part, entre les acteurs eux-mêmes et d'autre part, vis-à-vis des équipes de gouvernance et d'animation. Le Délégué général de Minalogic met en évidence le défi de la convergence en disant :

(...) ce qui est important pour un pôle comme Minalogic, c'est d'avoir une position neutre et non corporatiste. Il ne faut pas que le pôle soit perçu comme défendant les intérêts des grands groupes (STMicroelectronics, Schneider), ou des laboratoires (CEA-LETI) ou les collectivités (...); la convergence va se faire par créer un sentiment d'appartenance, créer une fierté d'appartenir à Minalogic, d'appartenir à une communauté et ça, c'est vraiment important. La convergence, elle va aussi se faire parce qu'il est indispensable que l'équipe du pôle soit très compétente et si elle est jugée très compétente par les adhérents, la convergence va se faire

13. Voir <http://www.schneider-electric.com/> pour plus d'informations sur le groupe et le site <http://www.minalogic.com/> pour ses activités au sein du pôle.

parce que l'équipe d'animation du pôle va être crédible (...). Nous sommes aujourd'hui forts et crédibles et entendus parce que nous sommes spécialisés dans notre domaine de spécialisation des micro et nanotechnologies et logiciels embarqués. On est reconnu comme très compétents (...). Donc, pour créer de la convergence, il faut qu'il y ait une équipe forte, crédible, créant la confiance, au service des adhérents et n'étant pas au service d'un groupe.

Pour ce qui concerne le deuxième défi, on note que le développement de projets collaboratifs en R&D se situe au coeur des activités du pôle Minalogic. Cela est illustré par le Délégué général de Minalogic quand il donne les principaux objectifs du pôle et les principaux dispositifs pour les atteindre :

Le premier rôle d'un pôle, c'est de créer des projets collaboratifs d'innovation. L'objectif numéro 2, c'est d'avoir une implication très forte des PME et des Start-up dans les projets d'innovation. Le troisième objectif, c'est d'apporter un support à l'ensemble du processus d'innovation, sur toutes ses étapes, depuis l'initiation du projet jusqu'au business ; donc c'est vraiment d'avoir des outils pour faciliter et améliorer ce processus d'innovation de façon à ce que le maximum de projets débouchent sur des produits et un marché (...). Pour l'objectif 1, on a un dispositif coeur qui est clairement les projets labellisés de pôle ; pour l'objectif 2 d'impliquer les PME et start-up, on a comme dispositifs, bien sûr les projets labellisés de pôle, mais on a surtout tout un tas d'outils d'événements, de réseaux et des services vers les PME qui font de l'accompagnement dans l'accord consortium, dans l'accompagnement sur les brevets, dans la fourniture de financements, de prêts bancaires, d'appui stratégique par un comité d'experts (...). Et puis l'objectif 3, il est en cours de développement, c'est l'accompagnement surtout l'aspect business ; pour ça, on voudrait favoriser en amont la prise en compte du besoin client, la prise en compte du marché, la prise en compte des usages, la prise en compte des besoins sociétaux, et donc d'avoir des projets, qui dès le début de leur maturation intègrent l'aspect final et puis accompagner aussi le business (...).

On note que cette activité de production de projets collaboratifs R&D impliquent fortement les PME et les start-up (environ 70% de ces entreprises). Minalogic s'appuie pour cela sur la création d'une vie collective attractive basée sur les activités de brainstorming, de rencontres formelles ou informelles ainsi que sur le support qu'il apporte à l'ensemble du processus d'innovation. Selon le Directeur innovation de Schneider, le brainstorming a été le premier pilier de la force de Minalogic ; chaque session a permis et permet encore de générer une quarantaine d'idées de projets.

Enfin, pour le dernier défi relatif au financement, on note que le pôle a un taux de succès exceptionnel aux subventions publiques. Selon le Délégué général,

environ 60 à 70 % des projets labellisés par le pôle reçoivent des subventions publiques, les gros bénéficiaires étant les PME. Cependant, le financement privé est quasi-absent. Il y a des investisseurs privés à Grenoble (comme les *business angels*) mais leurs capacités de financement sont très faibles. Les acteurs du pôle Minalogic que nous avons interrogés sont unanimes : le pôle ne réussit pas à attirer les investisseurs privés. Selon eux, le problème n'est pas lié spécifiquement à Minalogic mais plutôt au système financier français. Tous notent que le système financier est très riche en termes de fonds d'amorçage, pépinières, incubateurs et autres fonds au démarrage. Le gros problème qui demeure, c'est le passage de la PME ou de la start-up à la grande entreprise.

Les raisons sont à priori multiples. Pour le Délégué général de Minalogic, cela est dû, entre autres, au taux de rentabilité de l'investissement d'amorçage qui est négatif en Europe comparé aux États-Unis, au fort taux de soutien public qui décourage les investisseurs privés et au manque de culture d'entreprise pour des investisseurs privés. Pour le Directeur innovation de Schneider, le problème est dû à des barrières visibles et invisibles liées à la culture européenne et spécialement française. L'étude de Arzeni *et al.* (2008) sur les pôles de compétitivité abonde dans le même sens ; pour eux, ce problème est même lié à des blocages mentaux qu'il faudrait identifier.

4.4.2 Retour sur les contributions théoriques

L'objectif de cette partie est de voir si les informations collectées sur le terrain permettent d'illustrer à la fois les résultats et l'approche générale que nous avons adoptée dans nos deux contributions théoriques (chapitres deux et trois) dans l'analyse des effets des pôles de compétitivité.

4.4.2.1 Illustration de l'approche générale

Dans les deux contributions théoriques, nous avons choisi d'analyser les effets non financiers que pourraient engendrer la mise en place du dispositif des pôles de compétitivité dans les industries de haute technologie ; ainsi, nous avons fait abstraction des effets financiers des fonds publics alloués aux projets R&D collaboratifs, sachant que s'il y avait incitation financière, cela viendrait renforcer nécessairement les incitations non financières du pôle. Notre approche a donc

consisté à évaluer *stricto sensu* les effets d'ordre informationnel des pôles sur les incitations à innover des firmes. Elle peut être illustrée par le Directeur de STMicroelectronics :

En mécanisme d'incitation (*parlant notamment des pôles*), il n'y a aucune commune mesure par rapport à d'autres mécanismes en particulier le crédit impôt recherche. Les effets du cluster en lui-même, i.e. les attributs non financiers sont plus importants que les attributs financiers. Mais, il faut pas le négliger parce qu'il faut garder en tête qu'un projet coopératif est plus compliqué à mener qu'un projet autonome, parce que la gestion de projet est plus compliqué, il y a un formalisme compliqué, on sait pas exactement ce qu'on veut parce qu'il faut tenir compte du partenaire ; s'il n'y a pas un fonds pour compenser ce surcoût, en gros les acteurs tel que les grands groupes ne sont pas partant.

Nous avons supposé que le pôle permet aux firmes de se rencontrer plus fréquemment, de se connaître, d'échanger plus d'informations, de créer des liens, de développer des réseaux d'entreprises, développer éventuellement un sentiment d'appartenance et une confiance mutuelle. Ainsi, dans la première contribution (chapitre 2) qui analyse l'impact du pôle de compétitivité sur les incitations à innover de deux firmes co-localisée en relation horizontale (coopération R&D), nous avons modélisé la mise en place du pôle par un accroissement, $\Delta\gamma > 0$, de l'intensité des externalités de connaissance entre ces deux firmes et l'ensemble des autres firmes innovantes co-localisées avec lesquelles elles ne coopèrent pas forcément. Dans la seconde contribution théorique (chapitre 3) qui analyse dans un environnement incertain l'effet du pôle sur l'incitation à innover de deux firmes en relation verticale, un fournisseur de technologie innovante en amont et un intégrateur de cette technologie, nous avons supposé que la mise en place du pôle améliore la probabilité (i.e. h) que la firme aval reçoive des informations relatives à la profitabilité (en termes de performance, qualité) de la technologie innovante .

Ces accroissements $\Delta\gamma > 0$ et $dh > 0$ constituent en général un fait stylisé en matière de cluster et de proximité des industries innovantes ; on peut les illustrer par les résultats des activités initiées par le pôle Minalogic que sont les rencontres informelles, les brainstorming, les *petits-déjeuners* et les formations business. En effet, ces rencontres favorisent les contacts entre chercheurs et entreprises et les amènent à imaginer des projets communs.

Le Directeur Innovation de Schneider explique en substance comment fonctionnent ces sessions de brainstorming à Minalogic :

(...) vous avez une idée de projet mais vous n'avez pas forcément les bons partenaires, vous ne les connaissez pas, vous ne savez pas si c'est une bonne ou une mauvaise idée mais vous êtes prêts à venir partager cela dans l'écosystème Minalogic ; avec un formalisme très simple, qui était un seul slide : quoi, pourquoi, quand, comment (quatre quadrants à l'intérieur), cinq minutes de temps de paroles (...) on passe au suivant. Et donc ce qui permettait à ce moment là de voir dans cette ingénierie de projet, communément une quarantaine d'idées, avec des porteurs qui ne se connaissaient pas (...) ; et à la fin, surtout ce qui était important, c'est que le porteur du projet se retrouve avec cinq ou six cartes de visite entre les mains, il rentrait dans sa PME ou son laboratoire ou son grand groupe (...). C'est devenu une institution qui a permis d'avoir la première chose que demandait l'État : l'usine à projets (..) ; c'est véritablement ce qui a fait et ce qui a été le premier pilier de la force de Minalogic.

(..) on a organisé régulièrement des réunions avec des acteurs invités qui étaient des acteurs de la vie économique, membres du pôle ou pas membres du pôle à travers la CCI (*i.e. chambre de commerce et d'industrie*) où on est venu exposer ce qu'était la stratégie Schneider. Ceci a permis aussi à beaucoup de PME ou de start-up de dire : (1) je ne savais pas que Schneider faisait ça ; (2) par rapport à ce que je suis entrain de développer, il est possible qu'il y ait un point de connexion, de convergence, de rencontre avec Schneider dans cet horizon de temps (...).

Le Délégué général de Minalogic donne aussi des exemples qui illustrent la création et le développement de liens et de réseaux à travers ces différentes rencontres et brainstorming :

(...) on a un témoignage d'un patron d'une PME qui nous a dit : avec un projet collaboratif, j'ai appris à travailler avec l'INPG, le projet est fini, je continue à travailler avec l'INPG. Un autre exemple : dans un projet collaboratif, il y a une start-up qui a appris à travailler avec STMicroelectronics, le projet est fini, il continue à travailler avec STMicroelectronics. C'est qu'aujourd'hui, on a créé un réseau qui fonctionne de façon après nature et autonome. On n'a pas le droit de dire le pôle, ce n'est que les projets FUI, le pôle c'est le réseau. Donc s'il y a des projets qui se font à l'intérieur du réseau sans passer par des processus de labellisation, c'est toujours le pôle. (...) ça peut se nouer dans nos événements, ça peut se nouer dans des petits déjeuners, dans des événements d'animation qu'on organise. (...) j'ai été témoin de deux dirigeants d'entreprises qui ne se connaissaient pas, deux membres du pôle. Ils se sont rencontrés à cette occasion et ils ont trouvé que ça serait intéressant qu'ils se revoient. (...) on a un rôle d'animation de ce réseau en créant les occasions de rencontres.

Le pôle de compétitivité favorise alors les rencontres face-à-face et les échanges plus fréquents d'informations entre firmes innovantes que ne le ferait le marché pur. En clair, le pôle engendre un gain d'information, modélisé par $\Delta\gamma > 0$ et $dh > 0$. Cet effet des pôles en terme de gain d'information a motivé notre approche consistant à analyser les effets informationnels des pôles sur l'incitation à innover dans les chapitres un et deux.

Dans la section suivante, nous analysons les informations recueillies sur le terrain auprès des acteurs et vérifions si elles nous permettent d'illustrer les principaux résultats théoriques de ces chapitres.

4.4.2.2 Illustration des principaux résultats du chapitre deux

Ce chapitre analyse les effets du dispositif des pôles de compétitivité sur les incitations à innover des deux entreprises en relation de coopération R&D ou relation horizontale. En effet, les collaborations horizontales entre les firmes du pôle à travers les projets R&D collaboratifs illustrent bien le cadre de cette analyse. Certaines informations recueillies directement auprès des acteurs illustrent l'approche générale de ce chapitre 2. Voici deux exemples d'illustrations, données respectivement lors des entretiens avec le Directeur de STMicroelectronics et le Directeur innovation de Schneider :

On avait déjà un flux de coopération avec les laboratoires, principalement ceux du CEA, qui était intense, et il est clair qu'on a perçu dès le début que c'était l'occasion (*i.e. le pôle*) d'enrichir cette coopération et pour nous, d'élargir les domaines techniques dans lesquels cette coopération s'appliquait (...). Donc, une coopération qui était très recherche technique entre Crolles et le CEA, on a voulu l'appliquer dans d'autres domaines, par exemple, domaine de l'imagerie. On a vite vu qu'il y avait une opportunité énorme de renforcer notre action dans le domaine des capteurs d'images en renforçant nos coopérations et en les enrichissant. (...) il est clair que la relation préexistante entre Crolles (*établissement de STMicroelectronics*) et le CEA, c'était en gros une préfiguration du pôle de compétitivité. Pour le CEA, c'est un modèle qui est très bénéfique en termes de très forte densité, d'intensité, non seulement de relations techniques et de retour monétaire. Ils avaient intérêt à avoir un développement et à dupliquer avec d'autres acteurs (...), mais pour nous, c'est un tout petit peu différent parce que le CEA était déjà le fournisseur de technologie dominant. Une des idées apparue rapidement, c'était d'essayer d'émuler dans le domaine du logiciel (...)

On a eu à un moment donné du maintien à domicile de personnes fragilisées (projet dépendance à domicile). On était vraiment sur une approche transversale avec Orange, GEG, STMicroelectronics, etc. mais on n'a pas eu de point d'accord. On a réussi à monter un autre projet avec Atos Origin qui n'a pas été financé. Sans le pôle on aurait jamais fait ces projets car on se serait jamais rencontré.

Ces illustrations situent le cadre général de l'analyse théorique du chapitre 2 et montrent qu'il y a bien des enjeux horizontaux au sein des pôles technologiques ; l'idée étant qu'au sein des pôles, il y a des relations de coopérations horizontales, de partage de connaissances ou de complémentarités entre les firmes dans les activités de R&D. Le pôle joue ici un rôle de stimulation dans la mesure où il est à l'origine de certaines coopérations. Dans la suite, nous donnons des illustrations des résultats théoriques de ce chapitre 2.

Nous allons maintenant illustrer à partir des informations recueillies auprès des acteurs les résultats théoriques de cette analyse.

1. *Résultat (proposition 2) : De manière générale, le niveau d'investissement en R&D ou encore l'incitation à innover des firmes en coopération R&D est positivement influencé par l'intensité des externalités de connaissance (paramètre γ) dont elles bénéficient de la part des autres firmes innovantes membres du pôle.*

L'effet positif du pôle sur les incitations des firmes à investir en R&D au sein de l'accord augmente avec l'intensité des externalités de connaissance au sein du pôle. Autrement dit le pôle améliore de manière indirecte le niveau d'investissement des firmes en coopération par le renforcement de l'intensité des externalités de connaissances auquel il conduit. Comme illustration de ce résultat, les responsables de STMicroelectronics nous font remarquer que le pôle a un effet catalyseur sur leurs activités d'innovation et celles des autres firmes membres du pôle. Ce n'est pas tant le pôle seul qui fait la force mais plutôt ses mécanismes de mise en relation, et son environnement très attractif, etc.

De manière spécifique, on montre que *ce résultat est toujours vrai lorsque les firmes sont très proches technologiquement ($\delta \leq \bar{\delta}$). Au contraire,*

lorsqu'elles ne sont pas très proches technologiquement ($\delta > \bar{\delta}$) bien qu'ayant les mêmes bases scientifiques, il faut que les externalités de connaissance hors coopération ne dépassent pas un certain seuil ($\gamma \leq \bar{\gamma}$). Les entretiens que nous avons réalisé auprès des acteurs du pôle Minalogic n'ont pas permis d'illustrer ces effets seuil.

2. *Résultat (proposition 5) : L'intensité du partage d'information et de connaissance entre les firmes en coopération amplifie l'effet incitatif du pôle sur l'innovation ; autrement dit, on montre que le pôle améliore la performance de la coopération R&D ; l'appartenance commune au pôle renforce l'incitation des firmes à coopérer.*

Ce résultat complète le résultat précédent. A cet effet, l'analyse faite par le Délégué général de Minalogic illustre bien ce résultat lorsqu'il dit :

(...) si une entreprise A membre du pôle collabore avec une autre entreprise membre B de la même manière qu'en dehors du pôle, alors le pôle n'apporte pas grande chose ; nous disons intuitivement et constatons que le pôle amène des réseaux supplémentaires, des banques, des laboratoires, des entreprises avec lesquelles les firmes n'auraient pas pensé à collaborer et qui vont leur apporter quelque chose d'autre. Par exemple nous apportons des banques qui vont éventuellement financer leur bas de bilan et ainsi de suite. C'est cet effet de réseau élargi qui crée justement de la valeur.

En effet, notre résultat traduit le fait que deux firmes membres du pôle ne coopèrent pas de la même manière que si elles étaient en dehors du pôle. Les firmes gagnent plus à collaborer au sein du pôle qu'en dehors du pôle parce qu'on bénéficie à la fois d'externalités technologiques et non technologiques.

3. *Résultat (proposition 6) : Le dispositif pôle améliore le bien-être social en terme d'investissements en R&D ; il crée des incitations informationnelles à travers d'une part, le partage de connaissances et d'autres part, la création de nouvelles connaissances.*

Les informations sur le bilan des activités que nous avons recueilli auprès du pôle illustrent bien ce résultat. En effet, le nombre important de projets col-

laboratifs de pôle (219 au total) qui a été labellisé et financé met en évidence le partage intense de connaissances favorisé par le pôle de compétitivité. Cette dynamique du partage de connaissances, très favorable aux petites entreprises et start-up, se traduit aussi par le nombre important de nouveaux adhérents au pôle chaque année (plus de 20 en moyenne) depuis 2005. Le nombre de projets aboutis (environ 20) illustre en outre la création de nouvelles connaissances.

4.4.2.3 Illustration des principaux résultats du chapitre trois

Ce chapitre analyse les effets du dispositif des pôles de compétitivité sur les incitations à innover de deux entreprises en relation verticale, i.e. entre fournisseur et intégrateur d'une technologie innovante. Le cadre général de cette analyse suggère qu'il y a des enjeux verticaux dans les filières technologiques entre entreprises au sein des pôles de compétitivité. Ce cadre général peut être illustré par plusieurs informations recueillies auprès des acteurs du pôle Minalogic. Nous donnons ici deux exemples obtenus respectivement auprès du Directeur général de STMicroelectronics et du Directeur innovation de Schneider :

(...) les espérances ou les attentes (*de STMicroelectronics*) sont plutôt dans le renforcement des capacités des compétences locales, du renforcement des laboratoires, donc des fournisseurs de connaissances et de technologies (...); c'est le renforcement du cluster qui fait qu'on a une capacité de réaction et qu'on n'est pas toujours obligé d'aller à l'autre bout de la terre pour aller chercher des fournisseurs. (...) il faut distinguer les fournisseurs de technologies et les fournisseurs de matières (...). Pour nous, le point important, c'est les fournisseurs de technologies; ceux qui nous aide dans notre recherche de développement. Les fournisseurs de supports, de fournitures à nos opérations locales, que ce soit fabrication ou de développement, effectivement, l'effet cluster est extrêmement important : on a plusieurs fournisseurs du côté par exemple des équipements qui ont été incité à venir sur le pôle, non seulement pour fournir un support plus intense, mais également pour bénéficier des incitations qu'un pôle de compétitivité peut fournir. C'est-à-dire faire bénéficier des coopérations des R&D effectives verticales (nous étant clients, eux étant fournisseurs), des encouragements du pôle qui permettent à une entreprise qui s'établit ici de bénéficier d'autres clients que STMicroelectronics et en gros d'avoir des prises de décisions plus rapides.

L'attente de Schneider en 2005 (...) était de pouvoir créer un écosystème régional dans lequel nous étions un acteur de poids puisqu'on a à peu près 4000 salariés dans la région grenobloise, plus du tiers de ces 4000 salariés sont aujourd'hui

dans une activité de R&D, donc c'est quand même assez important et ce qui nous intéressait dans cet écosystème c'était de pouvoir avoir sur un même territoire, des fournisseurs technologiques et des intégrateurs technologiques (...); mais nous, on se plaçait clairement du côté de ces intégrateurs de technologies.

Ces illustrations permettent de mettre en évidence l'existence de relations verticales entre fournisseurs de technologies et de matières et intégrateurs ou utilisateurs au sein des pôles. On note aussi à travers ces deux exemples que les pôles peuvent susciter le rapprochement d'un fournisseur de son client pour faciliter les prises rapide de décision et pour profiter des bénéfices liés aux pôles (nouveaux marchés, nouvelles opportunités d'affaires).

Notre analyse des effets du pôle sur les incitations à innover dans les relations verticales prend donc tout son sens. Dans la suite, il s'agit d'illustrer par des exemples précis les résultats théoriques de ce chapitre 3.

1. *Résultat (proposition 8) : L'incitation de la firme amont à investir dans la qualité haute augmente avec le probabilité h de recevoir en aval des informations relatives à la technologie amont; et il existe une valeur limite h^* au delà de laquelle la firme générique choisit d'investir dans la qualité haute.*

Ce résultat traduit l'effet positif du gain d'information qu'apporte le pôle au sein d'une relation verticale entre fournisseur et intégrateur de technologie. En effet, lorsque le pôle améliore suffisamment la fréquence des rencontres et l'intensité des échanges d'information entre ces deux firmes, il réduit l'incertitude technologique. Ainsi, dans une situation avant pôle dans laquelle le fournisseur investit initialement en technologie de basse qualité, si la mise en place du pôle permet d'intensifier suffisamment les rencontres et les échanges entre les firmes (i. e. dh grand) pour atteindre ou dépasser la valeur limite h^* , la firme fournisseur investit dans la qualité haute. Autrement dit la valeur limite de h^* peut s'interpréter comme étant la masse critique des pôles. Ce résultat suggère donc qu'il y a un risque à avoir trop de pôles très petits; car dans ce cas, on obtient un effet trop faible du pôle (donc de h) ne permettant pas d'atteindre la valeur limite h^* . On illustre ce résultat par cette réponse du Directeur de Minalogic :

Il n'y a pas de pôle s'il n'y a pas de masse critique (...); si vous n'avez pas une masse critique de laboratoires, d'entreprises dans des technologies et dans des domaines donnés, vous n'avez pas d'effet cluster. C'est une évidence et je crois que c'était le point fort des pôles au début mais ça a dérivé; au début, c'était de dire : on en a 15 et on a une vraie masse à la fois en infrastructures de recherche, en qualité des laboratoires, en formation, en entreprises.

2. *Résultat (proposition 9 et 10) : De manière générale, sous certaines conditions (le pôle n'influence pas le prix amont et le prix amont n'a pas non plus d'effet sur la qualité aval), le pôle améliore le niveau d'utilisation ou d'intégration de la technologie amont de qualité haute par la firme aval et incite cette dernière à investir en recherche et développement de pointe.*

L'exigence de technologie de haute qualité au sein du pôle, gage de compétitivité des entreprises membres, amène les firmes à s'inscrire dans des activités de recherche d'excellence afin de proposer des solutions de bonne qualité aux consommateurs finaux. Ainsi, ce résultat traduit deux choses :

- (1) une firme va accroître son intensité d'utilisation ou d'intégration de l'input innovant si elle est membre du pôle; en effet le pôle lui apporte un gain d'information. On peut illustrer cela par les informations recueillies auprès de STMicroelectronics :

Il est clair que la force principale, c'est la force du marché potentiel que nous constituons, c'est le volume d'achat. Mais s'il y a par-dessus la bonne goutte d'huile qui va faire que c'est plus facile de décider de mettre dix personnes en support que d'en mettre cinq, vous avez un effet d'accélération. C'est pas le pôle qui fait la force, c'est des mécanismes et la publicité qui font qu'il y a un effet d'accélération; En fait, le pôle agit un peu comme un catalyseur.

- (2) le pôle, par le moyen des rencontres d'échange d'information, favorise un meilleur appariement entre les fournisseurs de technologies et leurs clients intégrateurs de technologies. De manière générale, le pôle permet à la firme de trouver plus facilement des opportunités de collaborations avec des fournisseurs de technologies et/ou des clients appropriés; le pôle envoie donc un signal plus fort par rapport au marché en termes

d'informations. Comme illustration de ce résultat, on a l'exemple de STMicroelectronics qui s'est aperçu par le biais des activités de rencontres organisées par Minalogic qu'une petite société locale, membre du pôle avait une technologie qui permettait de nettoyer des cartes pointes et qui n'était pas du tout utilisée dans l'industrie. STMicroelectronics a donc initié un projet de collaboration avec cette petite entreprise pour mettre au point ce processus de nettoyage des pointes et les faire valider chez STMicroelectronics. Cette collaboration représente une perspective de débouché inimaginable pour cette PME, mais aussi une bonne affaire pour STMicroelectronics ; en effet, STMicroelectronics a gagné un bond en qualité et en productivité sur une étape qui n'était pas fondamentale au processus de recherche et de fabrication mais qui était une étape importante en terme de qualité.

3. *Résultat (proposition 11) : Le dispositif des pôles est globalement profitable à la collectivité en termes d'investissements en R&D, à condition que les firmes des pôles soient engagées dans des programmes de R&D de pointe et d'excellence scientifique pouvant aboutir à des solutions innovantes de bonne qualité pour les consommateurs.*

Ce résultat traduit le fait qu'au sein du pôle, la recherche doit être toujours de haute qualité pour impacter positivement le bien-être collectif. Il s'inscrit dans le prolongement de la proposition 8 sur l'effet d'une masse critique. Cependant, la question importante que soulève ce résultat est de savoir ce qui se faisait à l'absence de pôle. En effet, si la recherche technologique en l'absence du pôle était déjà de bonne qualité, la mise en place du pôle est profitable à la collectivité ; mais si la recherche technologique était de qualité basse, alors la mise en place du pôle ne serait profitable que si elle permet d'atteindre ou de dépasser la masse critique h^* en terme de laboratoires, d'entreprises, d'infrastructures de recherche, de formation etc. Autrement dit, si le pôle est trop petit, il y a peu de chance que l'accroissement du h soit assez élevé pour qu'on constate un basculement de la firme fournisseur de technologie de la qualité basse vers la qualité haute. Dans ce cas, le gain d'information induit par le pôle ne sera pas suffisant pour avoir

un effet sur la qualité ; il aura plutôt un effet sur le niveau d'utilisation de la technologie par la firme cliente ainsi que sur le niveau d'investissement en R&D.

4.5 Discussion et conclusion

L'objectif de ce chapitre était de trouver des illustrations aussi bien de l'approche générale des contributions théoriques un et deux que de leurs résultats. Pour ce faire, nous avons collecté des informations, à travers des entretiens, sur la réalité des pôles telle que perçue par les acteurs des pôles eux-mêmes. Le pôle Minalogic, situé à Grenoble dans la région Rhône-alpes, nous a servi de terrain d'étude. Après analyse des informations collectées, il ressort que :

Premièrement, l'approche générale que nous avons adoptée dans les chapitres théoriques peut être illustrée. Nous avons centré nos recherches sur les aspects purement informationnels au sein des pôles et cela a été illustré au travers des entretiens sur le terrain. En outre, les informations collectées au travers des entretiens illustrent bien le fait qu'au sein des pôles, on a des enjeux de relations verticales et horizontales entre les firmes innovantes, dont certaines d'entre elles ont été favorisées par les pôles.

Deuxièmement, on a trouvé que les principaux résultats théoriques du chapitre deux sont illustrés à travers les informations collectées sur le terrain. Autrement dit, les pôles créent des incitations informationnelles à innover d'une part, à travers le partage de connaissance (à travers les brainstormings, rencontres informelles entre les firmes, réseau, etc.) et d'autre part, à travers la création de nouvelles connaissances (exemple : 20 projets des pôles aboutis) ; l'appartenance commune des firmes au pôle renforce leur incitation à coopérer.

Troisièmement, les principaux résultats théoriques du chapitre trois sont illustrés au travers des entretiens avec les acteurs du pôle Minalogic. Les illustrations montrent que pour que le pôle ait un effet sur les incitations à innover, il faut que le pôle atteigne une masse critique en termes de laboratoires membres, d'entreprises, d'infrastructures de recherche, etc. Elles montrent aussi que le pôle apporte un gain d'information permettant aux firmes de trouver plus facilement des opportunités d'affaires et favorisant un meilleur appariement entre fournisseur et intégrateur de technologie. Enfin les illustrations montrent que la

recherche au sein des pôles doit être toujours de bonne qualité pour que le pôle soit socialement profitable.

Notons cependant que l'approche méthodologique que nous avons adoptée dans ce dernier chapitre se veut être une approche complémentaire aux approches économétriques adoptée dans la littérature empirique sur les effets de clusters sur les incitations à innover. Elle ne vise donc pas à valider nos résultats théoriques mais juste de trouver des illustrations. De ce fait, il serait souhaitable d'approfondir cette étude par une validation empirique.

4.6 Annexes

Annexe 1 : Adhérents de Minalogic

Industriels

40-30, Acerde Act'rmc, Adeunis RF, Adixen Vacuum Products, AII (Automatisme et informatique industrielle), AIM Applications Industrielles des Microprocesseurs, Air Liquide Electronics Systems, Alpao, Alpwise, Altatech Semiconductor, Altran technologies, Anthemis Technologies, ARaymond, Atrenta France, Ardeje, Arjowiggins, Arnano, Aselta Nanographics, Asygn, Atim radiocommunications, Atos Worldgrid, Atys consulting group, Automatique et Industrie, Azimut Monitoring, Bassetti, Becton Dickinson France, BeSpoon, Biomerieux, Bull, Business & Decision Eolas, Calao systems, Cedrat technologies, Ceradrop, Corial, Corys Tess, Coval Crocus Technology, CS-SI, CWS, Cyberio, Cytoo, CyXplus, DeFacto Technologies, Delfmems, Delta drone, Device-Alab, Digigram, Digisens, Docea Power, Dolphin Intégration, e2v semiconductors, Easii IC, Edxact, Em-sys, Enalean, EndoControl, eROCCA, Essilor, Ethera, Eveon, Faure QEI, Fireflies Rtls, Fluoptics, France Telecom - Orange, Full Electronic System, Gamberini, Gaz Electricité de Grenoble, Green it addict, HP (Hewlett Packard), Infiniscale, Ingelux, Inlab, Inopro, Inpact, Insidix, IPDiA, Iroctechologies, IS2T, Isorg, Itris Automation Square, IVèS, iWall, Ixiade, Kalray, KFM Technology, Koelis, Lam Plan, Leas, Logica IT Services, Marben Products, Maya Technologies, Memscap, Menapic, Mentor graphics ltd French Branch, Microoled, Mootwin Mobile Service, Movea, Multix, MuTest, Myriad France, Noesis, Novapack Oasis Design Automation Objet Direct Onlymee interactive Open, Phi Design, PIGE Electronique, Pleiades Technologies & Instruments, Pointcube, Polyrise, Presto Engineering, Probayes Pyxalis, Radiall, Raise Partner, Raisonance, RBI Instrumentation, Recupyl, Rolls Royce Civil Nuclear, RSA Le Rubis, Sanofi-aventis, Santé autonomie services, Schneider Electric Industries, Sensaris, Serma technologies, SET-Smart Equipment Technology Socada innovation, Sofradir, Sogeti Services - Sogeti High Tech, Soitec, Sorin CRM, ST Ericsson, Stiplastics, STMicroelectronics, Surgiquial Institute, Synopsis, Teem Photonics Texas Instruments, Thales, Tiempo, Trixell, Tronic's Microsys-

tems Ulis, UXP, Vesta-System, Vigilio, Visio technic, VITechnology, Xenocs, Xerox, Xyalis.

Centres de recherche et de formation

CEA Grenoble, Centre Technique du Papier , CHU de Grenoble, CNRS, Grenoble Ecole de Management, Grenoble INP, INRIA Grenoble - Rhône-Alpes INSA Lyon, Université Claude Bernard - Lyon 1, Université de Savoie, Université Joseph Fourier - Grenoble 1, Université Pierre-Mendès-France - Grenoble 2.

Collectivités territoriales

Communauté d'agglomération du Pays Voironnais , Communauté de communes du Grésivaudan , Communauté de l'agglomération d'Annecy, Conseil Général de la Haute Savoie, Conseil Général de la Loire , Conseil Général de la Savoie, Conseil Général de l'Isère Conseil Général de la Drôme, Conseil Régional Rhône-Alpes, Grenoble Alpes Metropole, Saint-Etienne Métropole, Valence Agglo Sud Rhône Alpes, Ville de Crolles, Ville de Grenoble, Ville de Montbonnot-Saint-Martin.

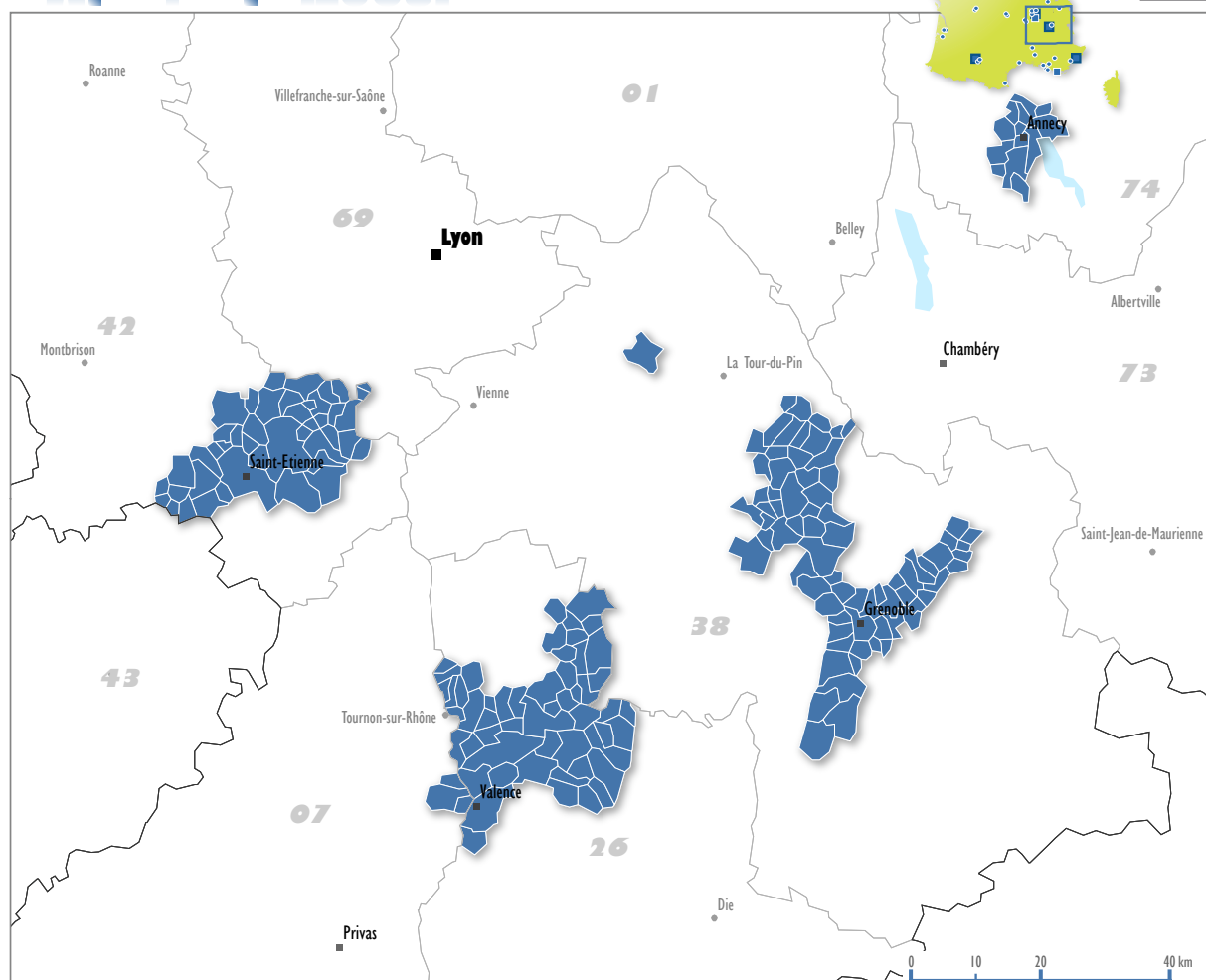
Organismes de développement économiques et autres

AEPI, Chambre de Commerce et d'Industrie de Grenoble, Chambre de Commerce et d'Industrie de la Drôme , Chambre de Métiers et de l'Artisanat de l'Isère, Cristal Innov, Deloitte & Associés, Ecsi, Fondation Nanosciences, GIP Mind, Gravit innovation, Jessica France, Partenariat METIS, SEMI Europe Grenoble Office, Sitelesc, Udimec, Yole Développement.

Investisseurs privés (capital-risque)

ACE Management, Emertec, INPG Entreprise, Sigefi Ventures Gestion - Siparex

Annexe 2 : Zonage R&D du pôle Minalogic



Réalisation : Diact- Observatoire des territoires, janvier 2008
 Cette carte n'a pas de valeur légale. Seul le décret fait foi.

Catégorie

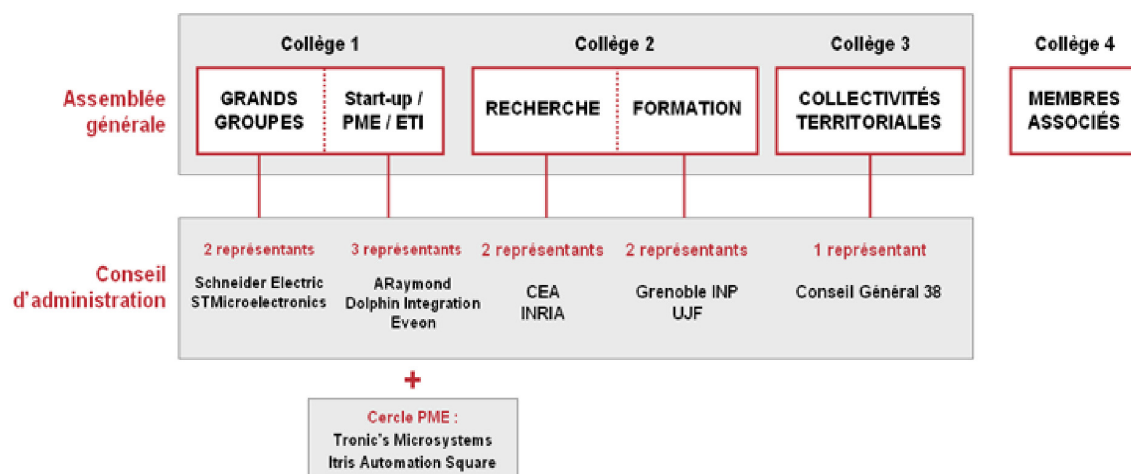
- Pôle mondial
- Pôle à vocation mondiale
- Pôle national

Décret de référence

2007-194 du 12 février 2007

Annexe 3 : Gouvernance de Minalogic

L'Assemblée Générale est composée de 4 collèges :



Source : www.minalogic.com (consulté le 30 mai 2012)

Annexe 4 : Processus de labellisation des projets

Date	Étape	Commentaire
J-4 à 6 mois	Réflexion	Avec l'expérience de nombreux appels à projets, il a été observé qu'un projet présenté en brainstorming nécessite entre 2 et 4 mois de travail en amont : identification de l'innovation, présentation au groupe de travail concerné (micro-nano, optique-photonique ou logiciel embarqué), recherche de partenaires, etc.
J-3 mois	Brainstorming	Les sessions de brainstorming organisées par Minalogic permettent aux porteurs de présenter leur projet (ou ébauche de projet) à la communauté des adhérents
J-45 jours	Remise du dossier au comité d'évaluation	Pour être labellisé, un dossier complet doit être transmis au comité d'évaluation. Ce dossier détaille notamment les aspects : objectifs du projet, innovation, partenaires, description technique du projet, valorisation du projet, etc. Modèle à télécharger sur www.minalogic.com (rubrique <i>Déposer un projet</i>).
J-15 jours	Comité d'appui	Les PME porteuses d'un projet ou associées ont la possibilité de se faire accompagner dans leur réflexion sur les aspects non-techniques du projet.
J-15 jours	Audition des porteurs par le comité d'évaluation	Les porteurs de projet adressent leur dossier aux évaluateurs, qui sont chargés d'en faire une analyse constructive. Forts de leur expérience, les comités d'évaluation sont à même de conseiller les porteurs afin de donner toutes les chances à leur projet.
J-10 jours	Retour des comités	Un retour synthétique est réalisé auprès des porteurs de projet qui sont invités à effectuer les modifications nécessaires.
J-3 jours	Labellisation	Le Conseil d'administration labellise ou non le projet. Le certificat de labellisation, remis à chaque porteur, est une pièce à joindre au dossier qui sera déposé au FUI
Jour J	Envoi du dossier	Chaque porteur se charge de déposer son dossier et les pièces annexes sur le site du FUI (https://extranet.oseo.fr/fui_web).
J+ 2 mois	Réponse du FUI	Le FUI a 2 mois pour auditer le projet et préciser au porteur si le projet est retenu pour financement ou non. En cas d'acceptation, le dossier zip complet doit alors être déposé dans les meilleurs délais au FUI.
J+ 6 mois	Signature de la convention d'application	La convention d'application est le document qui précise les modalités de financement. A sa signature, les collectivités locales déclenchent le paiement de l'avance sur subvention.
J+1 an	Accord de consortium	Les porteurs du projet ont un an pour signer leur accord de consortium. Il est toutefois vivement recommandé aux partenaires de s'être mis d'accord sur les principaux aspects de l'accord lors du dépôt du projet (répartition des contributions, attribution de la propriété industrielle sur résultats, commercialisation, etc.).

Source : Minalogic

Annexe 5 : Répartition des financements

Sources de financements	Projets financés (labellisés)	Montants (M€)
FUI	84 (141)	226
ANR	96 (185)	93
ISI/AII	5 (5)	220
OSEO	21 (21)	26
Projets européens	5 (5)	51
Investissements d'avenir	8 (16)	212
Total	219 (373)	828

Annexes 6 : Guide d'entretien du pôle

1. Présentation générale

- (a) Selon vous, quels sont les trois principaux objectifs du pôle de compétitivité et les motivations ?
- (b) Pour chacun de ces objectifs, quels sont les principaux dispositifs mis en oeuvre par le pôle ?
- (c) Pour chacun de ces objectifs, quels sont les principaux résultats obtenus depuis la mise en oeuvre du pôle ?
- (d) On constate une volonté de spécialisation technologique des pôles en fonction de compétences localisées. N'aurait-on pas aussi intérêt à introduire une certaine dose de diversification dans les pôles ? Enregistrez-vous, par exemple, d'autres acteurs venant de secteurs ou de domaines technologiques éloignés des micro nano-technologie et logiciels embarqués (ou technologies génériques) ?
- (e) Les projets du pôle sont-ils de type *problem solving* pour une entreprise ou de type *valorisation d'une brique technologique* ?
- (f) Quels sont les principes de la procédure de labellisation des projets ?

2. Effets du pôle

- (a) Les activités de *brainstorming* et autres réunions de communication d'information du pôle sont-elles efficaces par rapport à la mise en relation d'acteurs qui ont des intérêts hétérogènes, des contraintes économiques et financières différentes ? Le pôle peut-il réellement aider à la *convergence* des acteurs, et comment ?
- (b) Existe t-il des effets positifs (ou spillovers) au sein du pôle en dehors des projets collaboratifs ? En d'autres termes, un acteur (entreprise, laboratoire, etc.) peut-il bénéficier d'éléments, de retombés issus de projets collaboratifs menés par d'autres entreprises (sans pour autant y participer) ? Quels sont ces effets ? Comment sont-ils facilités par le pôle ?

- (c) Le pôle compte à ce jour 219 projets financés et financés (dont 44% par l'ANR, 38% par le FUI, 10% par l'OSEO, etc). Existe-t-il d'autres projets initiés dans le cadre du pôle et qui, bien que n'ayant pas été financés, ont été développés par les partenaires (sur fonds propres) ? En d'autres termes, que deviennent les projets labellisés non retenus ?
- (d) Sur les 219 projets, quelle est la proportion de projets qui concernent avant tout des collaborations verticales ? des collaborations horizontales ? Quelle est la proportion de projets qui consiste à des transferts technologiques d'un secteur à un autre ?
- (e) Est-ce que Minalogic, en dehors des fonds publics, arrive à mobiliser ou à attirer suffisamment des investisseurs privés (sachant que le processus de sélection de labellisation permet d'améliorer la qualité des projets de pôle) ?
- (f) Avez-vous des indicateurs de suivi des effets directs et indirects des projets collaboratifs ?
- (g) Une fois un projet accepté et financé, quel est le suivi par le pôle ? Quel apprentissage pour le pôle ?

Annexes 7 : Guide d'entretien des entreprises

1. Entrée et initiation des premières relations
 - (a) Quelles informations/perceptions aviez-vous avant de rejoindre le pôle de compétitivité ?
 - (b) Quelles manifestations/informations vous ont décidé à rejoindre le pôle ? (retracer les grandes lignes de cette intégration)
 - (c) Vos contacts et/ou vos relations industrielles vous ont-ils incité à rejoindre le pôle de compétitivité ?
2. Effets du pôle sur les relations verticales (clients/fournisseur, réseaux de distribution, etc.)
 - (a) Avez-vous retrouvé ou trouvé des opportunités de collaboration avec vos fournisseurs, vos prestataires de services, vos partenaires de distribution dans le pôle ?
 - (b) Quels sont les principaux mécanismes, instruments et dispositifs qui ont été déterminants pour vos collaborations dans le cadre du pôle ?
 - (c) Avez-vous développé des projets collaboratifs avec ces partenaires ?
 - (d) Quelle était la nature de ces projets (intégration de briques technologiques, développement de nouveaux modèles d'affaires, adaptation mutuelle dans les pratiques de R&D, veille technologique et prospective de marché) ?
 - (e) Auriez-vous développé ces projets sans l'existence du pôle ? Avec le même horizon temporel ? Avec les mêmes partenaires ?

- (f) Avez-vous acquis de nouvelles compétences dans des domaines technologiques qui étaient jusqu'à présent éloignés de votre cœur de compétences ?
 - (g) Sous quelles formes se sont concrétisés les résultats de vos projets collaboratifs avec vos fournisseurs, vos prestataires de services, vos partenaires de distribution, etc. ?
3. Effets du pôle sur les relations horizontales (concurrents, autres secteurs, etc.)
- (a) Avez-vous retrouvé ou trouvé des opportunités de collaboration avec des entreprises concurrentes ? des entreprises d'autres secteurs ?
 - (b) Avez-vous développé des projets collaboratifs avec ces entreprises ?
 - (c) Quels sont les principaux mécanismes, instruments et dispositifs qui ont été déterminants pour vos collaborations dans le cadre du pôle ?
 - (d) Quelle était la nature de ces projets (intégration de briques technologiques, développement de nouveaux modèles d'affaires, adaptation mutuelle dans les pratiques de R&D, veille technologique et prospective de marché) ?
 - (e) Auriez-vous développé ces projets sans l'existence du pôle ? Avec le même horizon temporel ? Avec les mêmes partenaires ?

Annexe 8 : Éléments d'informations recueillies

▷ Auprès du pôle Minalogic

Question : Quels sont les trois principaux objectifs de Minalogic, les principaux dispositifs mis en oeuvre pour les atteindre et les principaux résultats obtenus ?

Délégué général : L'objectif numéro 1 du pôle de compétitivité type Minalogic, c'est la croissance par l'innovation et aujourd'hui, surtout l'innovation technologique. Le premier rôle d'un pôle, c'est de créer des projets collaboratifs d'innovation. L'objectif numéro 2, c'est d'avoir une implication très forte des PME et des Start-up dans les projets d'innovation. Le troisième objectif, c'est d'apporter un support à l'ensemble du processus d'innovation, sur toutes ses étapes, depuis l'initiation du projet jusqu'au business ; donc c'est vraiment d'avoir des outils pour faciliter et améliorer ce processus d'innovation de façon à ce que le maximum de projets débouchent sur des produits et un marché (...). Pour l'objectif 1, on a un dispositif cœur qui est clairement les projets labellisés de pôle ; pour l'objectif 2 d'impliquer les PME et start-up, on a comme dispositifs, bien sûr les projets labellisés de pôle, mais on a surtout tout un tas d'outils d'événements, de réseaux et des services vers les PME qui font de l'accompagnement dans l'accord consortium, dans l'accompagnement sur les brevets, dans la fourniture de financements, de prêts bancaires, d'appui stratégique par un comité d'experts (...). Et puis l'objectif 3, il est en cours de développement, c'est l'accompagnement surtout l'aspect business ; pour ça, on voudrait favoriser en amont la prise en compte du besoin client, la prise en compte du marché, la prise en compte des usages, la prise en compte des besoins sociétaux, et donc d'avoir des projets, qui dès le début de leur maturation intègrent l'aspect final et puis accompagner aussi le business (...). Alors les résultats sur l'objectif 1, c'est le nombre de projets labellisés et c'est les financements obtenus ; sur l'objectif 2, c'est 70% de nos PME et start-up qui participent à des projets d'innovation collaboratifs ; donc on les voit très impliqués dans le processus d'innovation. L'objectif 3, aujourd'hui, il est plus difficile à chiffrer ;

on a les chiffres en création d'emplois, des perspectives de chiffres d'affaire sur environ 24 projets terminés (...).

Question : Une idée de nos travaux est qu'il existe des technologies génériques qui ont un statut particulier par rapport à d'autres technologies. Elles ont un potentiel de se diffuser dans les secteurs, de percuter d'autres technologies, etc. On a compris que Minalogic c'est dans le domaine micro et nanotechnologies et la dimension logiciel, que nous qualifions de technologies génériques. Parmi ces PME par exemple, est-ce qu'il y aurait des entreprises qui initialement n'auraient jamais été dans le domaine micro et nano s'il n'y avait pas eu de pôle ?

Délégué général : C'est une des stratégies du pôle, faire diffuser les technologies de la micro, nano électronique et logiciels embarqués vers les grands secteurs applicatifs ; (...) en grand secteurs applicatifs, on vise la santé, on vise l'énergie, on vise tout ce qui est télécommunication, objets communicants et puis les industries traditionnelles intégratrices ; des exemples, on en a énormément (...).

Question : Ces stratégies sont mises en oeuvre par les actions que vous menez mais également par un phénomène d'attractivité du pôle des acteurs ?

Délégué général : Oui bien sûr, ça va dans les 2 sens. Les acteurs savent qu'il y a une masse critique de compétences ; ils vont venir voir Minalogic et puis nous, on a aussi des actions comme les brainstormings où on rassemble dans une grande réunion (...).

Question : Est-ce que ces pôles ne sont pas trop spécialisés ? Ne faudrait-il pas une dose de diversification ?

Délégué général : Il y a un certain nombre de fondamentaux pour des pôles ou des clusters (...); un pôle n'a de sens que si on est sur un territoire limité ; pour moi, c'est rhône-alpes maximum. Aujourd'hui, les supra-pôles, moi je n'y crois pas, c'est une opinion. Il n'y a pas de pôle s'il n'y a pas de masse critique (...); si vous n'avez pas une masse critique de laboratoires, d'entreprises dans des technologies et dans des domaines donnés, vous n'avez pas d'effet cluster. C'est une évidence et je crois que c'était le point fort des pôles au début mais ça a dérivé ; au début, c'était de dire : on en a 15 et on a une vraie masse à la fois en infrastructures de recherche, en qualité des laboratoires, en formation, en entreprises. Le troisième point, c'est que le pôle de compétitivité au sens français (et européen), un pôle d'innovation ; c'est une caractéristique, c'est-à-dire que nous, nous sommes là pour réaliser de l'innovation technologique de produit, de business (...); une fois qu'on a dit ça, introduire une certaine diversification dans les pôles, ça n'a de sens que si vous gardez quand même les fondamentaux.

Question : Est-ce qu'il est possible d'élaborer un projet dans le pôle sans qu'un laboratoire public soit associé ? Ou est-ce qu'historiquement les projets ont été initiés dans Minalogic sans avoir des objectifs des pôles et de labellisation par le FUI ?

Délégué général : Il y a des projets qui se font entre les entreprises ; on a un témoignage d'un patron d'une PME qui nous a dit : avec un projet collaboratif, j'ai appris à travailler avec l'INPG, le projet est fini, je continue à travailler avec l'INPG. Un autre exemple : dans un projet collaboratif, il y a une start-up qui a appris à travailler avec STMicroelectronics, le projet est fini, il continue à travailler avec STMicroélectronique. C'est qu'aujourd'hui, on a créé un réseau qui fonctionne de façon après nature et autonome. On n'a pas le droit de dire le pôle, ce n'est que les projets FUI, le pôle c'est le réseau. Donc s'il y a des projets qui se font à l'intérieur du réseau sans passer par des processus de labellisation, c'est toujours le

pôle. (...) ça peut se nouer dans nos événements, ça peut se nouer dans des petits déjeuners, dans des événements d'animation qu'on organise. (...) j'ai été témoin de deux dirigeants d'entreprises qui ne se connaissaient pas, deux membres du pôle. Ils se sont rencontrés à cette occasion et ils ont trouvé que ça serait intéressant qu'ils se re-voient. (...) on a un rôle d'animation de ce réseau en créant les occasions de rencontres.

Question : Quelques éléments sur les principes de la procédure de de labellisation des projets par le pôle ?

Délégué général : La procédure de labellisation très longue et assez structurée. Les grands principes : 1) un projet collaboratif associant entreprises et laboratoires, 2) la part des laboratoires limitée à 40 % (ce n'est pas des projets où des laboratoires sont majoritaires) et 3) le projet est porté par une entreprise, c'est-à-dire qui a une finalité de produire une solution. (...) c'est-à-dire qu'on demande aux entreprises de présenter un plan d'affaire, des perspectives de qualité de l'innovation et du partenariat (...). Là, il y a un débat, c'est-à-dire quel est le niveau d'innovation qu'on doit prendre dans un projet de pôle ? Est-ce de l'innovation incrémentale ? de l'innovation de rupture ? Aujourd'hui, on est plus sur de l'innovation de rupture. Le débat, c'est de dire : aujourd'hui l'innovation technologique n'est pas suffisante pour créer de la valeur (...). Ce qui est clair, c'est qu'aujourd'hui, par exemple dans un projet FUI, on peut avoir une démarche de créativité, on peut avoir une démarche d'approche par des usages, etc. Ce qui est important dans les pôles, (...) le processus est complètement bottom-up, c'est-à-dire qu'on a une démarche où se sont les entreprises qui viennent présenter leurs projets (...), ce n'est pas l'État ou la région qui dit : je vais faire un appel d'offres sur les hauts parleurs plats (...); en France on est avec les pôles dans un modèle mixte ; c'est-à-dire qu'on crée un terrain favorable à l'innovation et puis en même temps, l'État va pouvoir garder ses orientations. Donc, on a un bon équilibre qui n'est pas garanti (...), on est sur un système qui est plébiscité par les entreprises.

Question : Le pôle génère-t-il des externalités des effets positifs entre les projets collaboratifs ? Quelles sont leur nature et comment vous les facilitez ?

Délégué général : Oui bien sûr, il y en a. Il y a déjà des retombés business indirects. Si un projet réussit et conduit à la mise en place d'un outil de production, il est évident que les entreprises du pôle qui sont à même de fournir des infrastructures, des machines... vont bénéficier du succès du projet ; on est là dans un effet d'entraînement économique de toute la filière, (...) un projet peut tirer toute la filière sur l'ensemble de la supply chain. Ensuite, il y a une forme de capitalisation des résultats en particulier dans les laboratoires, avec une réutilisation dans un autre domaine de résultats obtenus, par un laboratoire qui va pouvoir acquérir à la fois de la connaissance, des brevets et aussi du savoir faire, c'est-à-dire travailler avec un partenaire industriel ; ce qui, pour certains laboratoires, est nouveau (je ne parle pas du CEA mais je parle d'autres laboratoires). Cette capitalisation (brevet, connaissances, savoir-faire pour travailler avec un industriel) acquise dans un projet va servir dans un nouveau projet. (...), par exemple Probayes (une de nos entreprises) a développé des techniques d'analyse bayésienne pour traiter des données. Ce sont des logiciels qui permettent, après une phase d'apprentissage, de prendre des décisions fondées sur une analyse probabiliste. Ça a des applications dans tous les domaines, donc vous pouvez très bien avoir fait un projet dans le domaine de la santé et après réutiliser dans le transport (...).

Question : Comment le pôle facilite la convergence autour des projets (en termes de propriété intellectuelle, d'accords de consortium) ?

Délégué général : Le pôle fournit l'aide d'un avocat dans la négociation des accords de consortium incluant la propriété intellectuelle, en particulier un organisme

de recherche ou un grand groupe et une PME ne sont pas toujours au même niveau de compétences internes sur ces aspects juridiques de propriété intellectuelle. (...) ça va faire converger l'accord de consortium. Ce qui est important pour un pôle comme Minalogic, c'est d'avoir une position neutre et non corporatiste. Il ne faut pas que le pôle soit perçu comme défendant les intérêts des grands groupes (STMicroelectronics, Schneider), ou des laboratoires (CEA, LETI) ou les collectivités (...), la convergence va se faire par créer un sentiment d'appartenance, créer une fierté d'appartenir à Minalogic, d'appartenir à une communauté et ça, c'est vraiment important. La convergence, elle va aussi se faire parce qu'il est indispensable que l'équipe du pôle soit très compétente et si elle est jugée très compétente par les adhérents, la convergence va se faire parce que l'équipe d'animation du pôle va être crédible (...). Nous sommes aujourd'hui forts et crédibles et entendus parce que nous sommes spécialisés dans notre domaine de spécialisation des micro et nanotechnologies et logiciels embarqués. On est reconnu comme très compétents (...). Donc, pour créer de la convergence, il faut qu'il y ait une équipe forte, crédible, créant la confiance, au service des adhérents et n'étant pas au service d'un groupe.

Question : Est-ce qu'en dehors des fonds de l'Etat, Minalogic arrive à mobiliser ou à attirer des fonds ou des investisseurs privés ?

Délégué général : Pas suffisamment. Mais ça, ce n'est pas un problème de Minalogic, c'est un problème de Grenoble. C'est français (...). Il y a pleins d'explications (...), il y a des faits : le taux de rentabilité de l'investissement d'amorçage en Europe est négatif, c'est-à-dire si vous regardez les chiffres, c'est négatif alors qu'aux USA, il est positif. Autre point : est-ce qu'on rend service à la croissance de l'écosystème en aidant peut-être un peu trop au démarrage par des dispositifs ? Aujourd'hui, une start-up a plein de dispositifs qui vont l'aider à démarrer : le crédit impôt recherche, les incubateurs, OSEO, etc. Moi, j'ai un certain nombre d'adhérents qui disent qu'on ne les aide pas à grandir parce qu'on les coucoune trop ! (...). L'investisseur français est un investisseur purement financier qui, souvent n'a pas de profondeur technologique et industrielle (...), je ne sens pas dans ces fonds, dans ces investisseurs, une vraie culture industrielle d'entrepreneuriat (...). Les business angels, on a de très bons à Grenoble, les meilleurs de France. Ils sont très bien (...) mais ils ne vont pas emmener 30 millions d'euros ! Aujourd'hui, je constate qu'une entreprise start-up issue d'un laboratoire, d'un organisme de recherche peut démarrer avec toutes les structures OSEO, Gravit, CEA investissement, INPG Entreprises, les business angels, (...). Après, comment elle passe de son amorçage avec quelques centaines de milliers d'euros à quelques millions d'euros ? . Tout le monde le dit, il y a un manque. Il y a des externalités positives importantes sur les investissements des grandes entreprises (...); nous aidons les dirigeants locaux à maintenir la compétitivité de leur implantation locale et donc à la renforcer ; tous les patrons locaux nous disent : avec le pôle, on a des arguments forts par rapport à notre Headquarter, on a un écosystème performant ou on peut faire de la bonne innovation, ou on peut trouver des fournisseurs performants (...). On renforce donc leur capacité de l'implantation locale à recevoir des investissements venant de la maison mère. En termes de création de business entre les petites entreprises et les grandes entreprises, comment pourrait-on apporter de l'investissement en capital dans les entreprises ? C'est un de nos objectifs. Le processus d'émergence à Grenoble est bon ; mais le processus de croissance n'est pas évident (...). Moi, ce que je veux, c'est de rendre l'écosystème Minalogic dans son domaine micro, nano et logiciels embarqués, visible internationalement comme un écosystème d'excellence (...).

▷ Auprès de STMicroelectronics

Question : Quelles manifestations/informations vous ont décidé à rejoindre le pôle ? Vos contacts et/ou vos relations industrielles vous ont-ils incité à rejoindre le pôle de compétitivité ?

Directeur général : Pour nous, ça a été à la fois une obligation en tant qu'acteur responsable local mais également une opportunité d'agir, de renforcer notre coopération entre le CEA. Et donc, quand l'État a mis ça sous forme de concours (la labellisation des pôles), il est clair qu'il fallait à tout prix être parmi les premiers pour pouvoir bénéficier des aides qui permettaient de renforcer cette coopération. On avait déjà un flux de coopération avec les laboratoires, principalement ceux du CEA, qui était intense, et il est clair qu'on a perçu dès le début que c'était l'occasion d'enrichir cette coopération et pour nous, d'élargir les domaines techniques dans lesquels cette coopération s'appliquait (...). Donc, une coopération qui était très recherche technique entre Crolles et le CEA, on a voulu l'appliquer dans d'autres domaines, par exemple, domaine de l'imagerie. On a vite vu qu'il y avait une opportunité énorme de renforcer notre action dans le domaine des capteurs d'images en renforçant nos coopérations et en les enrichissant. (...) il est clair que la relation préexistante entre Crolles et le CEA, c'était en gros une préfiguration du pôle de compétitivité. Pour le CEA, c'est un modèle qui est très bénéfique en termes de très forte densité, d'intensité, non seulement de relations techniques et de retour monétaire. Ils avaient intérêt à avoir un développement et à dupliquer avec d'autres acteurs (...), mais pour nous, c'est un tout petit peu différent parce que le CEA était déjà le fournisseur de technologie dominant. Une des idées apparue rapidement, c'était d'essayer d'émuler dans le domaine du logiciel (...). L'autre raison pour laquelle nous avons décidé de participer au pôle a été la pression qui a été mise par les collectivités territoriales pour que les acteurs du cluster aient un comportement pas uniquement égocentrique, c'est-à-dire aient la capacité de faire bénéficier des retombées techniques à ceux qu'on a appelé à ce moment là, les entreprises traditionnelles appelées entreprises intégratrices (...).

Question : Avez-vous retrouvé ou trouvé des opportunités de collaboration avec vos fournisseurs, vos prestataires de services, vos partenaires de distribution dans le pôle ?

Directeur général : Ce qu'il faut comprendre, c'est que nous vendons dans le monde entier, ce qui est également le cas de Schneider. Pour nous, le marché local français, c'est une fraction très très faible de nos débouchés. Donc pour nous, l'opportunité de développement dans le pôle, elle n'est pas locale. Les effets *ventes* de notre action du pôle sont quasi nuls, on n'a aucune attente de ce côté là et je suis prêt à parier que c'est le cas de tous les grands groupes dans à peu près tous les pôles. Et les espérances ou les attentes sont plutôt dans le renforcement des capacités des compétences locales, du renforcement des laboratoires, donc des fournisseurs de connaissances et de technologies (...); c'est le renforcement du cluster qui fait qu'on a une capacité de réaction et qu'on n'est pas toujours obligé d'aller à l'autre bout de la terre pour aller chercher des fournisseurs. (...) il faut distinguer les fournisseurs de technologies et les fournisseurs de matières (...). Pour nous, le point important, c'est les fournisseurs de technologies; ceux qui nous aident dans notre recherche de développement. Les fournisseurs de supports, de fournitures à nos opérations locales, que ce soit fabrication ou de développement, effectivement, l'effet cluster est extrêmement important : on a plusieurs fournisseurs du côté par exemple des équipements qui ont été incité à venir sur le pôle, non seulement pour fournir un support plus intense, mais également pour bénéficier des incitations qu'un pôle de compétitivité peut fournir. C'est-à-dire faire bénéficier des coopérations des R&D effectives verticales (nous étant clients, eux étant fournisseurs), des encouragements du pôle qui permettent à une entreprise qui s'établit ici de bénéficier d'autres clients que STMicroelectronics et en gros d'avoir

des prises de décisions plus rapides (...). Il est clair que la force principale, c'est la force du marché potentiel que nous constituons, c'est le volume d'achat ; Mais s'il y a par-dessus la bonne goutte d'huile qui va faire que c'est plus facile de décider de mettre dix personnes en support que d'en mettre cinq, vous avez un effet d'accélération. C'est pas le pôle qui fait la force, c'est des mécanismes et la publicité qui font qu'il y a un effet d'accélération ; En fait, le pôle agit un peu comme un catalyseur.

Question : Sur l'ensemble des projets dans lesquels vous êtes ou avez été impliqué, quel est grosso modo la part en pourcentage de projets de coopérations dans lesquelles un fournisseur est présent ?

Directeur général : On peut citer l'exemple de *Mentor Graphics* ; même si c'est dans le cadre du programme de ce qu'on appelle Nano 2012 qui est un programme également de type cluster, qui est très centré sur STMicroelectronics, des laboratoires, dont principalement le CEA, ce n'est pas strictement un programme Minalogic (...). on peut citer aussi *3Logics*...qui ont senti qu'il y avait un bouillonnement autour du cluster (...). L'effet cluster est bénéfique, par la mise en réseau et l'activité d'animation (...); à travers un contact qui a été réactivé par Minalogic, on s'est aperçu qu'une petite société locale avait une technologie qui permettait de nettoyer ces cartes pointes et qui n'était pas du tout utilisée dans l'industrie. Et donc on a eu un projet en coopération avec une toute petite PME pour mettre au point leur processus de nettoyage des pointes, les valider chez nous, et ça a été un projet relativement simple, qui n'était pas un défi scientifique majeur mais qui, pour cette PME, est une perspective de débouché inimaginable par rapport à leur établissement. Et nous, nous avons vu bien les choses parce que nous avons fait un bond en qualité et en productivité sur une étape qui n'est pas une étape fondamentale du processus de fabrication mais qui est une étape importante en termes de qualité (...); les occasions de rencontre sont à la fois formelles et informelles par les aspects de réseau qui s'enrichissent à l'occasion des sessions de brainstormings, des rencontres (...), ça participe à l'intensification des relations entre les différents acteurs du cluster parce qu'ils sont présent dans le même lieu géographique (...).

Question : Y a-t-il une spécificité des projets menées dans Minalogic par rapport à d'autres projets qui seraient menés en dehors de Minalogic (par exemple en termes de partage de la propriété intellectuelle) ?

Directeur général : Quand vous prenez un projet de recherche coopérative dans Minalogic par exemple, vous avez plusieurs partenaires qui vont coopérer et qui vont tirer chacun leur part de la charrue, donc qui vont apporter chacun leur propre effort qui vont être financé, c'est des efforts parallèles mais en gros c'est deux boeufs qui tirent la même charrue, c'est pas un boeuf qui tire l'autre et donc dans ce cas, les règles applicables sont extrêmement simples, c'est chacun bénéficie des fruits de son travail ; il n'y a pas d'abus de position dominante, d'abord parce que les grands groupes sont responsables et d'autre part, parce que l'association Minalogic c'est au service de tous à vocation de défendre le plus faible et en particulier à mener une action extrêmement soutenue et vigilante de formation à la sensibilisation des acteurs les plus faibles c'est-à-dire les PME sur la propriété industrielle et la structuration des accords de consortium. Donc ce qui a été fait, c'était formation, sensibilisation, aide à la négociation de façon à éviter les tentations qui sont qu'un grand groupe dit à une petite entreprise c'est grâce à moi que tu es dans le projet donc tu vas me donner l'exclusivité sur le résultat de ton travail pendant X années.

Question : Par rapport à l'ensemble des projets qui ont été réalisés, quel est la proportion qui a été favorisés par Minalogic ? Quel est le niveau de participation des PME ?

Directeur général : Les 70% des PME participent à des projets (...). Les bénéficiaires PME en termes de financement, c'est à un niveau qui dépasse celui des groupes. La participation des PME dans les derniers appels à projets est de 46%. Les critères de labellisation des projets c'est qu'il y ait au moins une PME. Pour notre site à Grenoble, le financement des projets types coopératifs aidés par Minalogic, ça atteint une dimension importante ; à mon avis c'est entre 30 et 50% selon les années sachant qu'il a des modalités de coopération de recherche européenne. A Crolles ça doit être de l'ordre de 10% (...). Pour le centre de développement de circuit intégré de solutions complexe miniaturisées, on dépense 100 millions d'euros par an en R&D et on bénéficie d'aide à hauteur de 7 millions d'euros ; et là dedans il y a en gros la moitié qui bénéficie du programme Nano 2012, et sur l'autre moitié qui reste, c'est la moitié projet européen et l'autre moitié projets pôle pour simplifier. Donc l'effet d'incitation pour nous, si je fais $7/2 = 3,5$; $3,5/2 = 1,75$ donc 1,7% de nos dépenses de notre R&D. En mécanisme d'incitation, il n'y a aucune commune mesure par rapport à d'autres mécanismes en particulier le crédit impôt recherche. Les effets du cluster en lui-même, i.e. les attributs non financiers sont plus importants que les attributs financiers. Mais, il faut pas le négliger parce qu'il faut garder en tête qu'un projet coopératif est plus compliqué à mener qu'un projet autonome, parce que la gestion de projet est plus compliqué, il y a un formalisme compliqué, on sait pas exactement ce qu'on veut parce qu'il faut tenir compte du partenaire ; s'il n'y a pas un fonds pour compenser ce surcoût, en gros les acteurs tel que les grands groupes ne sont pas partant. D'ailleurs, ce qu'on a vu au fil des années, c'est que comme le taux de support des grands du pôle est passé de 30% à 25%, y a eu aussi un effet de raréfaction de projets dans lesquels les grands groupes participent.

▷ **Auprès de Schneider Electric**

Question : Comment Schneider a intégré le pôle Minalogic, quelles étaient les attentes ?

Directeur : L'attente de Schneider en 2005 (c'est aussi pour ça qu'on avait pris d'ailleurs le leadership puisqu'on était le porteur du projet autour de Minalogic) était de pouvoir créer un écosystème régional dans lequel nous étions un acteur de poids puisqu'on a à peu près 4000 salariés dans la région grenobloise, plus du tiers de ces 4000 salariés sont aujourd'hui dans une activité de R&D, donc c'est quand même assez important et ce qui nous intéressait dans cet écosystème c'était de pouvoir avoir sur un même territoire, des fournisseurs technologiques et des intégrateurs technologiques (...); mais nous, on se plaçait clairement du côté de ces intégrateurs de technologies ; ce qui nous permettaient de définir un écosystème pouvant couvrir un certain nombre de segments de marchés à un niveau d'excellence : efficacité énergétique, imagerie, la partie biomédicale, les communications et les industries plus traditionnelles (le papier intelligent, le tissu intelligent, etc.). Notre challenge était lié à l'efficacité énergétique (...). On était parti dans cet environnement en se disant que seul l'assemblage des acteurs nous permettrait d'avoir la finalité alliant la façon de faire, de développer, d'avoir une plus value substantielle et une barrière à l'entrée beaucoup plus haute par rapport à nos compétiteurs.

Question : Avez-vous, dès le départ, amené dans le pôle de compétitivité des entreprises (entreprises clientes, fournisseurs de technologie) avec qui vous travailliez ?

Directeur : Oui, plutôt des fournisseurs de technologie à l'exception d'une société qui était une de nos clientes (le GEG). La volonté globale au niveau du pôle était de

dire : on souhaite créer le premier cluster européen et un cluster qui soit dans le top 3 mondial des technologies sur lesquelles le pôle est actif (...) : le domaine du micro, nanotechnologie, technologies des logiciels, technologies d'énergie etc.

Question : Quelle était la nature des projets que vous avez développé avec Schneider dans le cadre de Minalogic ? Qu'est-ce qui se serait passé s'il n'y avait pas eu de pôle ?

Directeur : Je pense à un projet particulier qu'on a fait, qu'on aurait probablement jamais réalisé sans partager une vision commune ; un projet qui s'appelle *Energetic* i. e. comment est-ce qu'on arrive en gros à diminuer de 50% la consommation électrique d'un data center ? c'est un projet qui touche l'environnement, l'efficacité énergétique (...); principalement, sur la nature du projet, on était, en tant qu'intégrateur de technologie, sur la partie intégration de briques, et on était aussi beaucoup dans la partie modèle d'affaires qui est pour nous quelque chose de complexe dans le domaine de l'énergie (...).

Question : Au niveau des projets collaboratifs, avez-vous toujours besoin d'intermédiaires de type PME ou de start-up, plutôt que de travailler directement avec un laboratoire ? c'est une constante chez Schneider ou c'est parce que le pôle de compétitivité fonctionne de cette manière ?

Directeur : Ce n'est pas forcément une constante mais c'est quelque chose qu'on a constaté ; pour nous c'est plus efficace. En termes de capacité d'intégration, de maturité de technologies qu'on pouvait intégrer, c'était souvent quelque chose de plus intéressant. Et d'autre part, on s'est rendu compte aussi d'un autre effet, puisqu'on a organisé régulièrement des réunions avec des acteurs invités qui étaient des acteurs de la vie économique, membres du pôle ou pas membres du pôle à travers la CCI où on est venu exposer ce qu'était la stratégie Schneider. Ceci a permis aussi à beaucoup de PME ou de start-up de dire 1) je ne savais pas que Schneider faisait ça, 2) par rapport à ce que je suis entrain de développer, il est possible qu'il y ait un point de connexion, de convergence, de rencontre avec Schneider dans cet horizon de temps (...). Pour nous, clairement, un projet collaboratif répond véritablement à trois grands mots clés : c'est stratégique (si ce n'est pas stratégique, on n'y va pas ; pourquoi ? parce qu'on sait les aléas économiques), c'est innovant (parce que si ce n'est pas quelque chose qui est innovant, de toute façon, ça n'a pas les bonnes propriétés pour être un projet dans cet environnement) et c'est collaboratif (le collaboratif, ce n'est pas juste de l'habillage pour faire plaisir en disant : on emmène une PME parce qu'on sait que c'est politiquement correcte et puis le centre de recherche avec qui on bosse habituellement).

Question : Au niveau du pôle Minalogic, de manière générale comment fonctionne les échanges d'informations ?

Directeur : Les *brainstorming projects* : vous avez une idée de projet mais vous n'avez pas forcément les bons partenaires, vous ne les connaissez pas, vous ne savez pas si c'est une bonne ou une mauvaise idée mais vous êtes prêts à venir partager cela dans l'écosystème Minalogic ; avec un formalisme très simple, qui était un seul slide : quoi, pourquoi, quand, comment (quatre quadrants à l'intérieur), cinq minutes de temps de paroles (...) on passe au suivant. Et donc ce qui permettait à ce moment là de voir dans cette ingénierie de projet, communément une quarantaine d'idées, avec des porteurs qui ne se connaissaient pas (...); et à la fin, surtout ce qui était important, c'est que le porteur du projet se retrouve avec cinq ou six cartes de visite entre les mains, il rentrait dans sa PME ou son labo ou son grand groupe (...). C'est devenu une institution qui a permis d'avoir la première chose que demandait l'État : l'usine à projets. Et cette usine à projets fonctionnait à plein et continue à fonctionner à plein ; c'est véritablement ce qui a fait et ce qui a été le premier pilier de la force de Minalogic.

Question : Est-ce que le pôle a réussi à attirer les investisseurs privés ?

Directeur : Non. J'ai juste un chiffre en tête mais qui est le montant du capital risque qui tombe sur Cambridge en Angleterre; le montant du capital risque à Cambridge, c'est toute la France! Et Cambridge et Grenoble, c'est la même taille de ville, c'est le même nombre d'étudiants, c'est à peu près le même nombre de brevets, c'est le même nombre de patents, c'est le même nombre de publications, c'est pareil. Des fonds publics en Angleterre, ils n'en ont pas, c'est clair, il y a pratiquement zéro livre publique qui tombe dans cet environnement. Je pense qu'on a aussi fait une énorme erreur en France, qui est la traduction du mot *venture capital*. On a traduit par *capital risque* et s'il y a deux mots qui ne s'aiment pas dans la langue, c'est bien le capital et le risque. Je pense qu'ils abhorrent tous les deux, donc c'est juste deux mots qui ne peuvent pas cohabiter dans la même phrase et cette mauvaise traduction de *venture capital* nous a emmené probablement, à mener les choses un petit peu différents dans l'état d'esprit. Alors, il y a quand même eu un mieux, il y a eu une structuration au niveau de *Grenoble angels*; il y a eu des sociétés françaises qui ont levé beaucoup d'argent (exemple MOVEA); sinon, en France on a tendance à investir des fonds publics sur la sortie du laboratoire (thésards, laboratoires, etc.), le départ de la start-up et quand on arrive à un certain niveau où il va falloir que les primo-investisseurs soient capables de remettre au pot pour dire on a investi un million d'euros collectivement dans cette boîte, maintenant il faut mettre 10 ou 30 ou 50 millions, le ticket est trop élevé et les gens ne veulent plus à ce moment là.

Question : Avez-vous des relations de coopération horizontales permises par Minalogic ?

Directeur : Un petit peu mais pas assez. On a eu à un moment donné du maintien à domicile de personnes fragilisées (projet dépendance à domicile). On était vraiment sur une approche transversale avec Orange, GEG, STMicroelectronics, etc. mais on n'a pas eu de point d'accord. Sinon, on a réussi à monter un autre projet avec Atos Origin qui n'a pas été financé. Sans le pôle on aurait jamais fait ces projets car on se serait jamais rencontré.

Chapitre 5

Conclusion générale

Cette thèse se situe dans le cadre théorique de l'économie industrielle appliquée à l'analyse de l'innovation technologique. Son objet principal est d'évaluer les effets de la politique des pôles de compétitivité sur les incitations à innover des firmes. Elle cherche donc à comprendre comment ce nouveau dispositif industriel de production collaborative et localisée de connaissances impacte les efforts de recherche et développement des firmes et leurs activités. Nous avons axé nos analyses autour des effets informationnels que pourraient engendrer ce nouveau dispositif plutôt que sur ses effets financiers. En effet, la littérature sur l'économie de l'innovation établit que les clusters de recherche et développement engendrent une intensification des externalités de connaissance qu'il nous paraît pertinent d'analyser. Après un premier chapitre de revue de littérature, nous avons développé deux modèles théoriques dans les deux chapitres suivants pour analyser les effets des pôles. Dans le chapitre quatre, nous avons confronté les résultats des chapitres théoriques aux réalités du terrain telles que ressenties par les acteurs du pôle Minalogic.

Nous faisons ici la synthèse des principaux résultats, implications et réflexions générales de ces quatre chapitres avant de finir par une discussion des extensions possibles de nos travaux.

Le *premier chapitre* nous a permis de présenter le cadre général de la thèse. Il nous a permis de comprendre les motivations économiques des politiques industrielles fondées sur les clusters R&D et d'établir que l'enjeu des pôles de compétitivité peut être vu comme le point de jonction entre les enjeux de la

recherche et développement, de la localisation des industries innovantes et de la coopération technologique. De ce fait, les externalités de connaissance occupent une place de choix dans la politique des pôles de compétitivité.

Les *chapitres deux et trois* sont les principales contributions théoriques de cette thèse. Le chapitre deux se situe dans le cadre de relations de coopération en recherche et développement entre firmes tandis que le chapitre trois se situe dans le cadre de relations verticales de type fournisseur-clients. Ces analyses théoriques originales des effets des pôles sur les incitations à innover à partir d'outils d'économie industrielle sont les premières du genre.

Le *chapitre deux* montre que l'émergence des pôles crée des incitations informationnelles à l'activité d'innovation. L'accroissement de la circulation d'information engendrée par le pôle a donc un effet positif sur le niveau d'effort privé en recherche et développement ainsi que sur le bien-être social. Le pôle améliore la performance de la coopération en recherche et développement et l'appartenance commune au pôle permet aux firmes de s'engager plus facilement dans des contrats de coopération technologique et d'innover.

Notons cependant que les pôles peuvent avoir des effets contre-productifs au regard de leurs stratégies initiales qui consistent principalement à favoriser la coopération en recherche et développement. En effet, les résultats montrent que dans des situations d'externalités de connaissances très intenses, les pôles peuvent conduire à des situations de monopole sur le marché du produit pouvant se prolonger au delà de la période de coopération. Ce résultat conduit à relativiser l'apport des pôles de compétitivité en matière de recherche et développement.

De manière générale, nos résultats viennent renforcer et compléter ceux de la littérature théorique existante en matière de coopération en recherche et développement. En effet, si la littérature montre que la coopération ex-ante permet d'améliorer le niveau d'effort de recherche de firmes (d'Aspremont et Jacquemin, 1988), les résultats de ce chapitre montrent que cette amélioration est d'autant plus forte que la coopération a lieu au sein des pôles. Cependant, le niveau d'investissement des firmes en recherche et développement reste sous-optimal et justifie la nécessité pour les pouvoirs publics de trouver d'autres mécanismes incitatifs complémentaires pour renforcer les incitations des firmes au sein des pôles.

Les résultats du *chapitre trois* montrent que le pôle a globalement un effet positif sur l'incitation de la firme amont à investir dans la qualité haute plutôt que la qualité basse si et seulement si la mise en place du pôle permet d'atteindre un niveau seuil d'intensité des externalités de connaissance que nous interprétons comme la masse critique du pôle.

On montre aussi que les pôles permettent d'accroître le niveau d'utilisation de la technologie générique ainsi que l'effort de recherche et développement correspondant si la firme investit en qualité haute avant la mise en place du pôle et/ou si la mise en place du pôle incite la firme amont à basculer de la qualité basse vers la qualité haute. Autrement dit, dans tous les autres cas, le pôle réduit le niveau d'utilisation de la technologie amont ainsi que l'incitation de la firme aval à innover.

Enfin on montre que le pôle améliore le bien-être social si la firme amont faisait déjà de la qualité haute et/ou la mise en place du pôle fait basculer la firme amont de la qualité basse vers la qualité haute.

Ces résultats impliquent que le gain d'information engendré par les pôles peut influencer le choix du niveau de qualité de recherche technologique des fournisseurs. En outre, les pôles permettent un meilleur appariement des firmes et constituent une opportunité de nouveaux marchés pour les firmes.

Cependant s'ils ne permettent pas d'atteindre la masse critique nécessaire pour inciter les fournisseurs de technologies à s'engager dans les programmes de recherche de haute qualité, les pôles ont un effet négatif sur l'incitation des firmes utilisatrices à faire de la recherche et développement. Dans ce cas le pôle réduit le bien-être social. Ceci montre que les effets positifs attendus de la politique des pôles ne se concrétisent pas forcément.

L'approche méthodologique originale retenue dans ces deux chapitres consiste à modéliser les pôles comme un accroissement des externalités de connaissance. De manière spécifique, dans le chapitre deux, nous avons intégré dans la modélisation à la d'Aspremont et Jacquemin (1988) la dimension localisée des externalités de connaissance. De manière générale, l'originalité de notre apport est d'avoir d'une part, établi les mécanismes par lesquels les pôles ont un effet incitatif sur l'effort de recherche des firmes et d'autre part, montré que l'idée consensuelle d'effets positifs doit être relativisée.

Enfin le *chapitre quatre* avait pour but de trouver des illustrations ou correspondances de résultats théoriques à travers des informations recueillies sur le terrain auprès des acteurs de Minalogic. Les informations collectées montrent une bonne correspondance à la fois des cadres d'analyse et des principaux résultats des chapitres deux et trois. En d'autres termes, le terrain illustre le fait que les pôles créent des incitations d'ordre informationnel pour l'innovation. Il illustre aussi le fait qu'il faut une masse critique pour que les effets positifs des pôles soient perceptibles.

Au terme de ce travail de thèse sur les effets des pôles de compétitivité, plusieurs pistes d'approfondissement peuvent être envisagées. Ainsi dans le chapitre deux, il serait possible d'endogénéiser l'effort de recherche et développement des firmes qui ne sont pas en coopération avec les firmes en duopole. Ceci permettrait de prendre en compte des externalités de connaissances réciproques entre ces deux groupes de firmes et d'enrichir notre analyse des effets des pôles de compétitivité sur les incitations à innover des firmes.

Une seconde piste de réflexion concerne le chapitre trois. Elle considérerait plusieurs secteurs aval susceptibles d'interagir entre eux et avec la firme amont. Ceci amènerait à prendre en compte à la fois les externalités pécuniaires, les externalités de connaissances horizontales entre les secteurs aval et les externalités de connaissances verticales entre le secteur amont et les secteurs aval. Cette extension impliquerait donc un rapprochement entre les analyses des chapitres deux et trois.

Enfin au niveau empirique, nous pourrions envisager de poursuivre les entretiens avec d'autres acteurs du pôle Minalogic, notamment les PME afin de recueillir plus d'informations et de mieux appréhender la réalité du terrain. Une extension des entretiens à d'autres pôles de compétitivité tels que le pôle *Images et Réseaux* en Bretagne est également envisageable.

Bibliographie

- ACS, Z. J. et AUDRETSCH, D. B. (1987). Innovation, market structure, and firm size. *The Review of Economics and Statistics*, 69(4):567–74.
- ACS, Z. J. et AUDRETSCH, D. B. (1988a). Innovation in large and small firms : An empirical analysis. *American Economic Review*, 78(4):678–90.
- ACS, Z. J. et AUDRETSCH, D. B. (1988b). Testing the schumpeterian hypothesis. *Eastern Economic Journal*, 14(2):129–140.
- ACS, Z. J., AUDRETSCH, D. B. et FELDMAN, M. P. (1992). Real effects of academic research : Comment. *American Economic Review*, 82(1):363–67.
- ACS, Z. J., AUDRETSCH, D. B. et FELDMAN, M. P. (1994). R&D spillovers and innovative activity. *Managerial and Decision Economics*, 15(2):131–138.
- AGHION, P. et HOWITT, P. (1992). A model of growth through creative destruction. *Econometrica*, 60(2):323–51.
- ALEXIADIS, S. et ELEFThERIOU, K. (2011). A note on the relation between inter-regional inequality and economic efficiency : evidence from the us states*. *Regional Science Policy & Practice*, 3(1):37–44.
- ALMEIDA, P. et KOGUT, B. (1999). Localization of knowledge and the mobility of engineers in regional networks. *Management Science*, 45(7):905–917.
- AMIR, R. (2000). Modelling imperfectly appropriable R&D via spillovers. *International Journal of Industrial Organization*, 18(7):1013–1032.
- AMIR, R. et WOODERS, J. (1998). Cooperation vs. competition in R&D : The role of stability of equilibrium. *Journal of Economics*, 67(1):63–73.

- ARORA, A. et GAMBARDELLA, A. (2010). Chapter 15 - The Market for Technology. In HALL, B. H. et ROSENBERG, N., éditeurs : *Handbook of The Economics of Innovation, Vol. 1*, volume 1 de *Handbook of the Economics of Innovation*, pages 641 – 678. North-Holland.
- ARROW, K. (1962). Economic welfare and the allocation of resources for invention. In *The Rate and Direction of Inventive Activity : Economic and Social Factors*, NBER Chapters, pages 609–626. National Bureau of Economic Research, Inc.
- ARTHUR, W. B. (1989). Competing technologies, increasing returns, and lock-in by historical events. *Economic Journal*, 99(394):116–31.
- ARTHUR, W. B. (1990). 'Silicon Valley' locational clusters : when do increasing returns imply monopoly? *Mathematical Social Sciences*, 19:235–251.
- ARZENI, S., ROUSSEAU, L., VELTZ, P. et VERDIER, H. (2008). Les pôles de compétitivité, une démarche paradoxale. *Le journal de l'école de Paris du management*, 2(70):37–45.
- ASTEBRO, T. B. et DAHLIN, K. B. (2005). Opportunity knocks. *Research Policy*, 34(9):1404–1418.
- AUDRETSCH, D. B. et FELDMAN, M. P. (1996a). Innovative clusters and the industry life cycle. *Review of Industrial Organization*, 11:253–273.
- AUDRETSCH, D. B. et FELDMAN, M. P. (1996b). R&D spillovers and the geography of innovation and production. *American Economic Review*, 86(3):630–40.
- AUDRETSCH, D. B. et FELDMAN, M. P. (2004). Knowledge spillovers and the geography of innovation. In HENDERSON, J. V. et THISSE, J. F., éditeurs : *Handbook of Regional and Urban Economics*, volume 4 de *Handbook of Regional and Urban Economics*, chapitre 61, pages 2713–2739. Elsevier.
- AUDRETSCH, D. B. et VIVARELLI, M. (1994). Small firms and R&D spillovers : Evidence from Italy. *Revue d'Économie Industrielle*, 67(1):225–237.
- BAPTISTA, R. (1996). Research round up : industrial clusters and technological innovation. *Business Strategy Review*, 7(2):59–64.

- BAPTISTA, R. et SWANN, P. (1998). Do firms in clusters innovate more ? *Research Policy*, 27(5):525–540.
- BARRO, R. J. (1990). Government spending in a simple model of endogenous growth. *Journal of Political Economy*, 98(5):S103–26.
- BEAUDRY, C. (2001). Entry, growth and patenting in industrial clusters : A study of the aerospace industry in the UK. *International Journal of the Economics of Business*, 8(3):405–436.
- BEAUDRY, C. et BRESCHI, S. (2003). Are firms in clusters really more innovative ? *Economics of Innovation and New Technology*, 12(4):325–342.
- BEAUDRY, C. et SCHIFFAUEROVA (2009). Who’s right, marshall or jacobs ? the localization versus urbanization debate. *Research Policy*, 38:318–337.
- BEAUDRY, C. et SWANN, G. (2009). Firm growth in industrial clusters of the united kingdom. *Small Business Economics*, 32(4):409–424.
- BECATTINI, G. (1991). Italian industrial districts : Problems and perspectives. *International Studies of Management and Organization*, 21(1):83–90.
- BEFFA, J.-L. (2005). Pour une nouvelle politique industrielle. Rapport technique, La documentation française.
- BELL, G. G. (2005). Clusters, networks, and firm innovativeness. *Strategic Management Journal*, 26(3):287–295.
- BELLEFLAMME, P., PICARD, P. et THISSE, J.-F. (2000). An economic theory of regional clusters. *Journal of Urban Economics*, 48(1):158–184.
- BERTRAND, P. et FRICOTTEAU, E. (2007). Minalogic, un enjeu important, porté par les fabricants de composants électroniques. *La Lettre Analyses N°77*.
- BLANC, C. (2004). Pour un écosystème de la croissance. Rapport au premier ministre, Assemblée Nationale.
- BOIVIN, C. et VENCATACHELLUM, D. (1998). Externalités et coopération en recherche et développement : une reconceptualisation. *L’Actualité Economique*, 74(4):633–649.

- BOONE, J. (2000). Competitive pressure : The effects on investments in product and process innovation. *RAND Journal of Economics*, 31(3):549–569.
- BORGHI, E., DEL BO, C. et FLORIO, M. (2010). Industrial clusters and regional innovation : an evaluation and implications for economic cohesion. Departmental Working Papers 2010-18, Department of Economics, Management and Quantitative Methods at Università degli Studi di Milano.
- BOZEMAN, B., HARDIN, J. et LINK, A. N. (2008). Barriers to the diffusion of nanotechnology. *Economics of Innovation and New Technology*, 17:751–763.
- BRESNAHAN, T. F., GAMBARDELLA, A. et SAXENIAN, A. (2001). 'Old Economy' inputs for 'New Economy' outcomes : Cluster formation in the new silicon valleys. *Industrial and Corporate Change*, 10(4):835–60.
- BRESNAHAN, T. F. et TRAJTENBERG, M. (1995). General purpose technology 'engines of growth' ? *Journal of Econometrics*, 65:83–108.
- BYKOVA, A. A. (2010). Innovation cluster effects in Russia : Availability & sources. *International Research Publications : Economy & Business*, 4:139–152.
- CABON-DHERSIN, M.-L. (2007). Le laboratoire commun de recherche : quelles implications pour une politique de la concurrence ? *Recherches économiques de Louvain*, 1:77–93.
- CHABAULT, D. et PERRET, V. (2011). Pôles de compétitivité version 2.0 : les enjeux stratégiques et managériaux de la "clusterisation" des dynamiques compétitives. In NIGATCHEWSKY, G. et PEZET, A., éditeurs : *L'Etat des entreprises 2011*, pages 31–41. La découverte : collection Répères.
- COASE, R. H. (1937). The nature of the firm. *Economica*, 4(16):386–405.
- COHEN, W. M. et LEVINTHAL, D. A. (1989). Innovation and learning : the two faces of R&D. *Economic Journal*, 99:569–596.
- COHEN, W. M. et LEVINTHAL, D. A. (1990). Absorptive capacity : A new perspective on learning and innovation. *Administrative Science Quarterly*, 35(1):128–152.

- COMBS, K. L. (1992). Cost sharing vs. multiple research projects in cooperative R&D. *Economics Letters*, 39(3):353–357.
- CORTRIGHT, J. (2006). *Making sense of clusters : regional competitiveness and economic development*. Discussion paper. The Brookings Institution Metropolitan Policy Program.
- COURLET, C. (2002). Les systèmes productifs localisés : Un bilan de la littérature. *Etudes et Recherches sur les Systèmes Agraires et le Développement*, 33:27–40.
- CRAMPES, C. et ENCAOUA, D. (2005). Microéconomie de l'innovation. In *ECONOMICA*, éditeur : *Encyclopedie de l'innovation*, pages 405–430.
- DASGUPTA, P. et STIGLITZ, J. (1980). Industrial structure and the nature of innovative activity. *Economic Journal*, 90(358):266–93.
- D'ASPREMONT, C. et JACQUEMIN, A. (1988). Cooperative and noncooperative R&D in duopoly with spillovers. *American Economic Review*, 78(5):1133–37.
- D'ASPREMONT, C. et JACQUEMIN, A. (1990). Cooperative and noncooperative R&D in duopoly with spillovers : Erratum. *American Economic Review*, 80(3): 641–42.
- DATAR (2004). La france, puissance industrielle. une nouvelle politique industrielle par les territoires. réseaux d'entreprises, vallées technologiques, pôles de compétitivité. Rapport technique, Etude prospective de la DATAR.
- DAVEZIES, L. (2002). Notes de lecture du deuxième rapport sur la cohésion : unité de l'europe, solidarité des peuples, diversité des territoires. In *Territoires d'Europe*, numéro 5, pages 69–74. Territoires 2020.
- DE BEULE, F. et VAN BEVEREN, I. (2011). Does firm agglomeration drive product innovation and renewal? An application for Belgium. *Tijdschrift voor Economische en Sociale Geografie*.
- DE BONDT, R. (1997). Spillovers and innovative activities. *International Journal of Industrial Organization*, 15(1):1–28.

- DIACT (2009). *Les pôles de compétitivité*. La documentation française.
- DIXIT, A. K. et STIGLITZ, J. E. (1977). Monopolistic competition and optimum product diversity. *American Economic Review*, 67(3):297–308.
- DOMENS, J. et POULIQUEN, E. (2007). Les PME au sein des pôles de compétitivité. une étude de pôle mondial minalogic. *PME/TPE en bref N°25*.
- DURANTON, G., MARTIN, P., MAYER, T. et MAYNERIS, F. (2008). *Les pôles de compétitivité : que peut-on en attendre ?* Numéro 10 de Opuscules du CEPREMAP. CEPREMAP.
- DURANTON, G. et PUGA, D. (2004). Micro-foundations of urban agglomeration economies. In HENDERSON, J. V. et THISSE, J. F., éditeurs : *Handbook of Regional and Urban Economics*, volume 4 de *Handbook of Regional and Urban Economics*, chapitre 48, pages 2063–2117. Elsevier.
- ENCAOUA, D., FORAY, D., HATCHUEL, A. et MAIRESSE, J. (2004). Les enjeux économiques de l’innovation. bilan du programme CNRS. *Revue d’économie politique*, 114(2):133–168.
- ETZKOWITZ, H. et LEYDESDORFF, L. (2000). The dynamics of innovation : from national systems and ”mode 2” to a triple helix of university-industry-government relations. *Research Policy*, 29(2):109–123.
- FELDMAN, M. . P. et FLORIDA, R. (1994). The geographic sources of innovation : technological infrastructure and product innovation in the united states. *Annals of the Association of American Geographers*, 84:210–229.
- FELDMAN, M. P. (1994). Knowledge complementarity and innovation. *Small Business Economics*, 6:363–372.
- FELDMAN, M. P. et AUDRETSCH, D. B. (1999). Innovation in cities : Science-based diversity, specialization and localized competition. *European Economic Review*, 43(2):409–429.
- FOLTA, T. B., COOPER, A. C. et BAIK, Y.-S. (2006). Geographic cluster size and firm performance. *Journal of Business Venturing*, 21(2):217–242.

- FRANCOIS, J.-P. (2001). Innovation et developpement local. problematiques, revue de littérature et piste d'études. Document de travail, INSEE Lorraine.
- FUDENBERG, D. et TIROLE, J. (1991). *Game Theory*. The MIT Press.
- FUJITA, M., KRUGMAN, P. et VENABLES, A. J. (2001). *The spatial economy : cities, regions, and international trade*. MIT Press.
- FUJITA, M. et THISSE, J.-F. (1997). Économie géographique : Problèmes anciens et nouvelles perspectives. *Annales d'Économie et de Statistique*, (45):37–87.
- GILBERT, R. J. et NEWBERY, D. M. G. (1982). Preemptive patenting and the persistence of monopoly. *American Economic Review*, 72(3):514–26.
- GLAESER, E. L., KALLAL, H. D., SCHEINKMAN, J. A. et SHLEIFER, A. (1992). Growth in cities. *Journal of Political Economy*, 100(6):1126–52.
- GRAHAM, S. et IACOPETTA, M. (2009). Nanotechnology and the emergence of a general purpose technology. *SSRN research paper*.
- GUELLEC, D. (2009). *Economie de l'innovation*. La decouverte : Collection Repères, Paris.
- HENRIQUES, I. (1990). Cooperative and noncooperative R&D in duopoly with spillovers : Comment. *American Economic Review*, 80(3):638–40.
- HERVAS-OLIVER, J.-I., de MIGUEL-MOLINA, B. et ALBORS, J. (2009). How much important is the cluster effect ? making sens of the firm's internal and meso (relational) resources to explain innovation. *DRUID Paper to presented at the Summer Conference*, page 26p.
- HOPPE, H. C. (2002). The timing of new technology adoption : Theoretical models and empirical evidence. *Manchester School*, 70(1):56–76.
- HOUEL, M. et DAUNIS, M. (2009). Rapport d'information du groupe de travail sur les pôles de compétitivité. Rapport technique, Rapport N°40 du Sénat, session ordinaire de 2009-2010.
- JACOBS, B. et NAHUIS, R. (2002). A General Purpose Technology explain the Solow paradox and wage inequality. *Economics Letters*, 74:243–250.

- JAFFE, A. B. (1989). Real effects of academic research. *American Economic Review*, 79(5):957–70.
- JAFFE, A. B., TRAJTENBERG, M. et HENDERSON, R. (1993). Geographic localization of knowledge spillovers as evidenced by patent citations. *The Quarterly Journal of Economics*, 108(3):577–98.
- JENSEN, R. (1982). Adoption and diffusion of an innovation of uncertainty profitability. *Journal of Economic Theory*, 27:182–193.
- JENSEN, R. (1988). Information capacity and innovation adoption. *International Journal of Industrial Organization*, 6(3):335–350.
- JOUEN, M. (2008). *La cohésion territoriale, de la théorie à la pratique*. Policy paper 35.
- JOVANIC, B. et ROUSSEAU, P. (2005). General purpose technologies. In AGHION, P. et DURLAUF, S. N., éditeurs : *Handbook of Economic Growth, Volume 1B*, pages 1181–1224. Elsevier B.V.
- KAMIEN, M., MULLER, E. et ZANG, I. (1992). Research joint ventures and R&D cartels. *American Economic Review*, 82(5):1293–1306.
- KAMIEN, M. et ZANG, I. (2000). Meet me halfway : research joint ventures and absorptive capacity. *International Journal of Industrial Organization*, 18:995–1012.
- KAPUR, S. (1995). Technological diffusion with social learning. *Journal of Industrial Economics*, XLIII(2):173–195.
- KARSHENAS, M. et STONEMAN, P. L. (1993). Rank, stock, order and epidemic effects in the diffusion of new process technologies : an empirical model. *Rand Journal of Economics*, 24(4):503–528.
- KATZ, M. L. (1986). An analysis of cooperative research and development. *Rand Journal of Economics*, 17:527–543.
- KETELS, C. H. (2004). Europeans clusters. In *Innovatives cities and business regions*, volume 3, chapitre Structural Change in Europe. Bollscheil, Germany : Hagbarth Publications.

- KLINE, S. J. et ROSENBERG, N. (1986). An overview of innovation. In LANDAU et ROSENBERG, éditeurs : *The positive Sum Strategy : Harnessing Technology for Economic Growth*, pages 275–305. National Academic Press.
- KOGUT, B. (1988). A study of the cycle of joint ventures. *Management international Review*, 28:39–52.
- KOGUT, B. (1989). The stability of joint ventures : Reciprocity and competitive rivalry. *Journal of Industrial Economics*, 38(2):183–98.
- KRUGMAN, P. (1991a). History and industry location : The case of the manufacturing belt. *American Economic Review*, 81(2):80–83.
- KRUGMAN, P. (1991b). Increasing returns and economic geography. *Journal of Political Economy*, 99(3):483–99.
- LARTIGUE, S. et SOULARD, O. (2008). Clusters mondiaux : regards croisés sur la théorie et la réalité des clusters ; identification et cartographie des principaux clusters internationaux. Rapport technique, IAURIF.
- LEAHY, D. et NEARY, J. P. (2007). Absorptive capacity, R&D spillovers, and public policy. *International Journal of Industrial Organization*, 25:1089–1108.
- LEE, C.-Y. (2009). Do firms in clusters invest in R&D more intensively ? theory and evidence from multi-country data. *Research Policy*, 38(7):1159–1171.
- LEE, T. et WILDE, L. L. (1979). Market structure and innovation : A reformulation. *The Quarterly Journal of Economics*, 94(2):429–436.
- LIPSEY, R., CARLAW, K. et BEKAR, C. (1998a). The consequences of changes in GPTs. In HELPMAN, E., éditeur : *General purpose technology and economic growth*, pages 193–218. Cambridge : MIT Press.
- LIPSEY, R., CARLAW, K. et BEKAR, C. (1998b). What requires explanation ? In HELPMAN, E., éditeur : *General purpose technology and economic growth*, pages 14–54. Cambridge : MIT Press.
- LOURY, G. C. (1979). Market structure and innovation. *The Quarterly Journal of Economics*, 93(3):395–410.

- LUCAS, R. J. (1988). On the mechanics of economic development. *Journal of Monetary Economics*, 22(1):3–42.
- MADIÈS, T. et PRAGER, J.-C. (2008). Innovation et compétitivité des régions. Rapport technique, Avis au Conseil d'analyse économique.
- MARCON, A. (2008). Les pôles de compétitivité : faire converger performance et dynamique territoriale. Rapport technique, Avis du Conseil économique social.
- MARIOTTI, M. (1992). Unused innovations. *Economics Letters*, 38:367–371.
- MARJIT, S. (1991). Incentives for cooperative and non-cooperative R and D in duopoly. *Economics Letters*, 37(2):187–191.
- MARKUSEN, A. (1995). Interaction between regional and industrial policies : evidenc from four countries. *Proceedings of the World Bank Conference on Development Economics 1994*, pages 279–298.
- MARSHALL, A. (1920). *Principles of economics*. MacMillan.
- MARTIN, P. (1999). Public policies, regional inequalities and growth. *Journal of Public Economics*, 73(1):85–105.
- MARTIN, P. et OTTAVIANO, G. (1999). Growing locations : Industry location in a model of endogenous growth. *European Economic Review*, 43(2):281–302.
- MARTIN, R. (2008). National growth versus spatial equality ? a cautionary note on the new 'trade-off' thinking in regional policy discourse. *Regional Science Policy & Practice*, 1(1):3–13.
- MARTIN, R. et SUNLEY, P. (2003). Deconstructing clusters : chaotic concept or policy panacea ? *Journal of Economic Geography*, 3(1):5–35.
- MAS-COLELL, A., WHINSTON, M. D. et GREEN, J. R. (1995). *Microeconomic Theory*. Oxford University Press.
- MASKELL, P. et MALMERG, A. (1999). Localised learning and industrial competitiveness. *Cambridge Journal of Economics*, 23(2):167–185.

- MATT, M. (2000). Diversité exogène des entreprises et justification économique d'une politique d'incitation à la coopération en r&d. *Économie & prévision*, 145(4):117–130.
- MCCARDLE, K. F. (1985). Information acquisition and the adoption of new technology. *Management Science*, 31(11):1372–1389.
- MENDEZ, A. (2008). Quelles articulations entre les pôles de compétitivité et les tissus productifs régionaux ? Une mise en perspectives de quatre pôles en Provence-Alpes-Côte d'Azur. Rapport technique, LEST.
- MENZ, N. et OTT, I. (2011). On the role of general purpose technologies within the marshall-jacobs controversy : the case of nanotechnologies. *KIT Working paper series economics*, (18).
- MINALOGIC (2009). Statuts. Rapport technique, Minalogic.
- MINALOGIC (2010). Rapport d'activité 2010. Rapport technique, Minalogic.
- MINALOGIC (2012). Bilan 2011 des actions Minalogic. reunion du collège 1 du 26 maras 2012. Rapport technique, Minalogic.
- MIRANDA, G., POTTER, J. et LETERRIER, N. (2008). Minalogic, ou comment accélérer l'histoire. *Le journal de l'école de Paris du management*, 2(70):24–30.
- MIYAGIWA, K. et OHNO, Y. (2002). Uncertainty, spillovers, and cooperative R&D. *International Journal of Industrial Organization*, 20(6):855–876.
- MOTTA, M. (1992). Cooperative R&D and vertical product differentiation. *International Journal of Industrial Organization*, 10(4):643–661.
- NISHIMURA, J. et OKAMURO, H. (2009). R&D productivity and the organization of cluster policy : An empirical evaluation of the industrial cluster project in japan. CCES Discussion Paper Series 4, Center for Research on Contemporary Economic Systems, Graduate School of Economics, Hitotsubashi University.
- OERLEMANS, L. A., MEEUS, M. T. et BOEKEMA, F. W. (2001). Firm clustering and innovation : Determinants and effects. *Papers in Regional Science*, 80(3): 337–356.

- OTTAVIANO, G. (2008). Infrastructure and economic geography : An overview of theory and evidence. EIB Papers 6/2008, European Investment Bank, Economic and Financial Studies.
- PALMBERG, C. et NIKULAINEN, T. (2006). Nanotechnology as a general purpose technology of the 21st century? an overview with focus on finland. *DIME Working paper series*.
- PERROUX, F. (1957). Note sur la notion de pole de croissance. *Economie Appliquée*, 7:307–20.
- PLUNKET, A. et TORRE, A. (2009). Les poles de compétitivité ou le retour ambigu des déclinaisons locales de la politique industrielle française. *Economia e politica industriale*, 36(3):159–177.
- PORTER, M. (1990). *The competitive advantage of nations*. New York : Free Press.
- PORTER, M. (1998). Clusters and the new economics of competition. *Harvard Business Review*, (Reprint 98609):77–90.
- PORTER, M. (2000). Location, competition, and economic development : local clusters in global economy. *Economic Development Quarterly*, 14(1):15–34.
- PRAGER, J.-C. (2008). Methode de diagnostic du système d’innovation dans les régions française. Rapport technique.
- REINGANUM, J. F. (1981). Market structure and diffusion of new technology. *Bell Journal of Economics*, 12(2):618–624.
- REINGANUM, J. F. (1989). The timing of innovation : research, development and diffusion. In SCHMALENSEE, R. et WILLIG, R., éditeurs : *Handbook of Industrial Organization*, volume 1, chapitre 14, pages 849–908. Elsevier.
- RETOUR, D. (2009). Minalogic est un véritable écosystème d’innovation. entretien avec nicolas leterrier. *Revue Française de Gestion*, 10(190):169–177.
- RIOU, S. (2003). Géographie, croissance et politique de cohésion en europe. *Revue Française d’Économie*, 17(3):171–202.

- ROCHA, H. (2004). Entrepreneurship and development : The role of clusters. *Small Business Economics*, 23(5):363–400.
- ROCHA, H. et STERNBERG, R. (2005). Entrepreneurship : The role of clusters theoretical perspectives and empirical evidence from germany. *Small Business Economics*, 24(3):267–292.
- ROCO, M., HARTHORN, B., GUSTON, D. et SHAPIRA, P. (2010). Innovation and responsible governance. In ROCO, M., MIRKIN, C. et HERSAM, M., éditeurs : *Nanotechnology research direction for societal needs in 2020*, pages 440–487. Springer.
- ROMER, P. M. (1986). Increasing returns and long-run growth. *Journal of Political Economy*, 94(5):1002–37.
- ROMER, P. M. (1990). Endogenous technological change. *Journal of Political Economy*, 98(5):S71–102.
- ROMER, P. M. (1994). The origins of endogenous growth. *Journal of Economic Perspectives*, 8(1):3–22.
- ROSENTHAL, S. S. et STRANGE, W. C. (2004). Evidence on the nature and sources of agglomeration economies. In HENDERSON, J. V. et THISSE, J. F., éditeurs : *Handbook of Regional and Urban Economics*, volume 4 de *Handbook of Regional and Urban Economics*, chapitre 49, pages 2119–2171. Elsevier.
- ROUSSEAU, L. et MIRABAUD, P. (2008). Les pôles de compétitivité. In MADIÈS, T. et PRAGER, J.-C., éditeurs : *Innovation et compétitivité des régions*, chapitre compléments. Documentation française.
- SAXENIAN, A. (1991). The origins and dynamics of production networks in silicon valley. *Research Policy*, 20(5):423–437.
- SCHUMPETER, J. (1942). *Capitalisme, socialisme et démocratie*. Payot 1990, version française, Paris.
- SCITOVSKY, T. (1954). Two concepts of external economies. *Journal of Political Economy*, 62.

- SHER, P. J. et YANG, P. Y. (2005). The effects of innovative capabilities and R&D clustering on firm performance : the evidence of taiwan's semiconductor industry. *Technovation*, 25(1):33 – 43.
- SOLOW, R. M. (1956). A contribution to the theory of economic growth. *The Quarterly Journal of Economics*, 70(1):65–94.
- STEIN, J. C. (2008). Conversations among competitors. *American Economic Review*, 98(5):2150–2162.
- SUZUMURA, K. (1992). Cooperative and noncooperative R&D in an oligopoly with spillovers. *American Economic Review*, 82(5):1307–1320.
- TABARIÉS, M. (2005). Les apports du GREMI à l'analyse territoriale de l'innovation ou 20 ans de recherche sur les milieux innovateurs. *Cahiers de la MSE*, (18):22p.
- THOMA, G. (2009). Striving for a large market : evidence from a general purpose technology in action. *Industrial and Corporate Change*, 18:107–38.
- TIROLE, J. (1988). *The Theory of Industrial Organization*. The MIT Press.
- TIROLE, J. et GUESNERIE, R. (1985). L'économie de la recherche-développement : introduction à certains travaux théoriques. *Revue Économique*, 36(5):843–872.
- TORRE, A. (2008). First steps towards a critical appraisal of clusters. In BLIEN, U. et MAÏER, G., éditeurs : *The Economics of Regional Clusters, networks, technology and policy*, page 320p. E. Elgar, U.K.
- VONORTAS, N. S. (1994). Inter-firm cooperation with imperfectly appropriable research. *International Journal of Industrial Organization*, 12(3):413–435.
- WIETHAUS, L. (2005). Absorptive capacity and connectedness : Why competing firms also adopt identical r&d approaches. *International Journal of Industrial Organization*, 23(5-6):467–481.
- YOUTIE, J., IACOPETTA, M. et GRAHAM, S. (2008). Assessing the nature of nanotechnology : can we uncover an emerging general purpose technology ? *Journal of technological Transfer*, 33:315–329.

THÈSE DE DOCTORAT EN SCIENCES ÉCONOMIQUES

Titre : *Effets des Pôles de Compétitivité dans les Industries de Haute Technologie : Une Analyse d'Économie Industrielle de l'Innovation*

Résumé : Cette thèse se situe dans le cadre théorique de l'économie industrielle appliquée à l'analyse de l'innovation technologique. Elle a pour objet principal d'évaluer les effets de la politique des pôles de compétitivité sur les incitations à innover des firmes. Il s'agit en particulier de comprendre les mécanismes informationnels par lesquels ce nouveau dispositif impacte les niveaux d'investissement en recherche et développement des firmes et leurs activités. Le premier chapitre présente le cadre général de la thèse. Il explicite les éléments de théorie économique qui sous-tendent l'émergence des clusters de recherche et de développement. Le deuxième chapitre, première contribution théorique de la thèse, analyse les effets des pôles sur les niveaux d'efforts R&D de firmes qui sont en coopération au stade de la R&D mais qui sont en compétition à la Cournot sur le marché de produit. Le troisième chapitre et deuxième contribution théorique, s'intéresse aux effets des pôles dans le cadre de relations verticales de type fournisseur-clients de technologies. Le quatrième chapitre a pour but de trouver des illustrations ou des correspondances de nos résultats théoriques à travers les informations recueillies sur le terrain auprès des acteurs des pôles de compétitivité, en l'occurrence le pôle Minalogic situé à Grenoble en Isère.

Mots-clés : Pôle de compétitivité, Externalités de connaissance, Incitation à innover, Coopération en R&D, Adoption, Incertitude.

PHD IN ECONOMICS

Title : *Effects of Competitiveness Clusters in High Technology Industries : An Industrial Economics Analysis of Innovation*

Abstract : The theoretical framework of this thesis is the industrial economics applied to the analysis of technological innovation. Its main purpose is to assess the effects of competitiveness clusters policy on the incentives of firms to innovate. In particular, it aims to understand the informational mechanisms by which this new industrial policy impacts the levels of R&D investment of firms and their activities. The first chapter presents the general framework of the thesis and explains the elements of economic theory underlying the emergence of R&D based-clusters. The second chapter, our first theoretical contribution, analyzes the effects of clusters on R&D investments of firms which cooperate at the R&D stage and compete *à la* Cournot on product market in a two-stage game. The third chapter, our second theoretical contribution, focuses on the effects of the cluster in vertical relationship between a supplier of technology and integrators. The fourth chapter is intended to find illustrations for the theoretical results through informations gathered from actors of competitiveness clusters, specially in the case of Minalogic at Grenoble (Isère France).

Key-words : Competitiveness clusters, Knowledge spillovers, Incentives to innovate, R&D cooperation, Adoption, Uncertainty.

UNIVERSITÉ DE GRENOBLE
LABORATOIRE D'ÉCONOMIE APPLIQUÉE (GAEL-INRA)

JEAN-JACQUES B. G. IRITIE - JUILLET 2012