“ Demand-Pull ” ou “ Technology-Push ” : survey de la littérature récente et nouveaux tests économétriques

Khalid Errabi

▶ **To cite this version:**

Khalid Errabi. “ Demand-Pull ” ou “ Technology-Push ” : survey de la littérature récente et nouveaux tests économétriques. Economies et finances. Université Lumière - Lyon II, 2009. Français. NNT : 2009LYO22005 . tel-01540252

HAL Id: tel-01540252
https://theses.hal.science/tel-01540252

Submitted on 16 Jun 2017

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.

Université Lumière Lyon 2

École doctorale de Sciences Économiques et Gestion

Faculté de Sciences Économique

« Demand-Pull » ou « Technology-Push »:

Survey de la littérature récente et nouveaux tests économétriques

Khalid ERRABI

Thèse de Doctorat de Sciences Économiques

Sous le direction de Christian LEBAS

Présentée et soutenue publiquement le 31 mars 2009

Composition du jury :

Christian LEBAS, Professeur des universités, Université Lyon 2

Bernard HAUDEVILLE, Professeur des universités, Université Aix –Marseille 3

Bodgan SUCHEKI, Professeur d'université, Université de Lodz

Contrat de diffusion

Ce document est diffusé sous le contrat *Creative Commons* « **Paternité – pas d'utilisation commerciale - pas de modification** » : vous êtes libre de le reproduire, de le distribuer et de le communiquer au public à condition d'en mentionner le nom de l'auteur et de ne pas le modifier, le transformer, l'adapter ni l'utiliser à des fins commerciales.

À la mémoire de Hammadi ERRABI et Fatima ABRY, mes parents

[Epigraphe]

« La théorie est l'hypothèse vérifiée après qu'elle a été soumise au contrôle du raisonnement et de la critique. Une théorie, pour rester bonne, doit toujours se modifier avec le progrès de la science et demeurer constamment soumise à la vérification et la critique des faits nouveaux qui apparaissent. Si l'on considérait une théorie comme parfaite, et si on cessait de la vérifier par l'expérience scientifique, elle deviendrait une doctrine. ».

(Claude Bernard)

(Médecin et Physiologiste Français, considéré comme le fondateur de la médecine expérimentale)

« Le seul moyen d'accès à une position telle que notre Science puisse donner un avis positif pour de nombreux politiciens et hommes d'affaires repose sur des travaux quantitatifs. Aussi longtemps que nous ne serons pas capables de traduire nos arguments en chiffres, la voix de notre Science, bien qu'elle puisse occasionnellement aider à éviter des erreurs grossières, ne sera jamais entendue par les praticiens. Ils sont tous, par instinct, économètres, du fait de leur incrédulité pour toute chose dont il n'existe pas une preuve exacte ».

(Joseph Aloïs Schumpeter[1], 1933)

(Économiste Autrichien, connu pour ses théories sur les fluctuations économiques et l'innovation)

« L'innovation est une alliance entre recherche, marketing, instinct, imagination, produit et courage industriel. ».

(Antoine Riboud)(Fondateur et Président du groupe Danone)

[1] Il est né en 1883, la même année que John Maynard Keynes et l'année de la mort de Karl Marx.

Avant-propos

Je souhaite tout d’abord remercier Christian Le Bas pour la confiance qu’il a su m’accorder, très tôt, et tout au long de ce projet. Ses qualités scientifiques et humaines et la clairvoyance de ses conseils m’ont été d’une aide précieuse.

Je remercie également Messieurs Bernard HAUDEVILLE et Bogdan SUCHECKI qui me font l’honneur de composer mon jury.

Je voudrais exprimer ma gratitude à tous les membres de l’équipe du LEFI, qui m’ont permis de poursuivre ma thèse dans un environnement scientifique de qualité, et qui m’ont donné l’occasion de présenter et défendre mes idées lors de nombreuses occasions.

Je ne saurais oublier mes compagnons de promotion et du laboratoire, spécialement Karim Touach, Anne Deshors et Brigitte Esnault, qui m’ont procuré une ambiance de travail agréable et stimulante du début à la fin de cette thèse.

Mes parents ont suscité en moi une curiosité de la vie et une envie d’apprendre qui m’ont été indispensables tout au long de ma vie. Leur soutien sans faille m’a également été très précieux même s’ils ne font plus partie de ce monde.

Enfin, toute mon affection va à mon épouse Wafaa ERRABI qui m’a encouragé et motivé jour après jour, étapes indispensables à l’aboutissement de cette thèse.

Introduction

L'économie de l'innovation, comme pour d'autres champs de la théorie économique, est structurée par d'importantes controverses. Le rôle de la concurrence (ou des structures de marché) sur l'intensité de l'innovation ou l'existence de rendements d'échelle dans les activités d'innovation constituent des conjectures les plus fameuses. Une autre question sans doute moins connue parce que reconnue comme problème par les courants structuralistes, a trait aux déterminants ultimes de l'innovation : l'effet demande (ou « Demand-Pull ») versus l'effet offre (ou « Technology-Push »). Remarquons que les approches standards de l'innovation se focalisant, sans doute excessivement, sur les incitations à entreprendre des investissements dans les activités de recherche, ne reconnaissent pas vraiment ce débat. C'est celui-ci qui fait l'objet de ce travail. Bien que beaucoup d'analyses aient été écrites sur cette question[2], la richesse des données empiriques d'une part et l'évolution spectaculaire des techniques économétriques d'autre part, permettent de progresser dans l'analyse des déterminants de type « Demand-Pull » et de type « Technology-Push ».

L'innovation est le moteur de sociétés modernes capitalistes et industrielles. Pour évoluer, ces dernières ont besoin de nouveaux biens, de nouvelles techniques, de nouvelles connaissances et de nouvelles technologies. Aussi, comprendre comment faire émerger la création et comment la transformer en innovation reste un enjeu primordial pour les économistes. Mais, si on s'accorde aujourd'hui à dire que l'innovation est le cœur qui fait battre ces sociétés modernes, on admet aussi ne pas tout connaître de ce processus complexe. Or, affiner sa compréhension, c'est permettre aux décideurs, aux entrepreneurs, aux collectivités locales de se lancer dans une politique économique d'une innovation efficace et pérenne et d'agir pertinemment sur les bons piliers. L'innovation est l'application à l'échelle commerciale des idées et connaissances et des produits nouveaux ou améliorés, réalisables et d'utilité pratique. La nouveauté de l'innovation doit être évidente en termes de caractéristiques objectives et mesurables. Les produits et procédés nouveaux du point de vue technologique peuvent aussi inclure des changements organisationnels nécessaires à leur réalisation.

Les économistes ont traditionnellement considéré l'apparition de nouvelles technologies comme un phénomène exogène aux systèmes économiques. Ils reconnaissaient l'impact de

[2] Il serait d'ailleurs intéressant d'étudier pourquoi il ressurgit périodiquement depuis les travaux de Schmookler dans les années 1960.

nouvelles inventions sur l'économie, mais l'activité des inventeurs était considérée comme un processus indépendant de structures et comportements économiques. Ils considéraient aussi les inventions plutôt comme le « coup d'un génie » que le résultat d'une activité de recherche organisée. Les économistes croyaient aussi que le changement technologique et la connaissance scientifique sous-jacente évoluent selon leur propre dynamique.

C'est à partir de la 2ème guerre mondiale que la recherche scientifique et technologique devienne une activité de recherche économiquement reconnue et organisée comme le soulignent Mowery et Rosenberg (1989). Les industries et les gouvernements organisent la R&D comme une activité régulière[3] afin d'inventer des produits et procédés nouveaux.

L'institutionnalisation de l'activité de R&D a conduit certains économistes à ne plus considérer cette activité comme un simple phénomène externe à 1'économie. Schmookler (1966) l'interprète comme une réponse des techniciens et ingénieurs aux stimuli économiques. Il prétend que non seulement la diffusion de nouvelles inventions répond aux forces économiques, mais que les conditions économiques expliquent l'activité d'invention elle même. Selon lui, les inventeurs perçoivent la croissance des investissements dans une industrie comme un signal de profitabilité future. En conséquence, ils dirigent leurs efforts et ressources dans cette direction. Dans la première partie de son livre, Schmookler (1966) démontre cette thèse en comparant l'évolution du nombre d'inventions brevetées dans le domaine de chemin de fer et l'évolution des investissements dans le même secteur. Il trouve une corrélation entre les inventions de biens d'équipement (mesurés par les brevets accordés) et les ventes intra-industrie de ces biens. Le fait que les variations des investissements semblent précéder les variations de brevets, ce constat est interprété par Schmookler comme une preuve empirique d'une relation causale selon laquelle l'incitation économique (investissements) « cause » l'activité d'invention. Il en déduit que les forces économiques expliquent l'évolution technologique, et qu'en particulier les pressions de la demande jouent un rôle ici crucial.

Cette thèse néglige le fait que c'est le stock de connaissances actuelles (développements scientifiques et technologiques) qui rend possible certaines inventions. Rosenberg (1974), reproche à Schmookler d'avoir complètement ignoré ce point important. Ainsi, Schmookler raisonne comme si la Science était omnipotente et capable de tout résoudre. En fait, Rosenberg lui reproche aussi d'avoir négligé les contraintes en termes de coût et de faisabilité

[3] Pour les développements les plus récents voir Mowery et Rosenberg, 1989, notamment la globalisation des activités de R&D sous forme d'alliances stratégiques et technologiques.

de la R&D. L'histoire de la Science et de la Technologie nous rappelle que les inventions, en dépit d'une forte demande potentielle, n'ont pas pu être faites avant que la Science et la Technologie donnent les connaissances et savoirs nécessaires.

Sur le plan méthodologique, Rosenberg soulève un point essentiel. Le rôle des forces de la demande, dans l'analyse schmooklerienne, est d'un intérêt ambigu car Schmookler confond besoin et demande (deux concepts, bien entendu, différents). Rosenberg rappelle également que les nouvelles connaissances peuvent être aussi bien des compléments que des substituts aux connaissances existantes. Un autre point négligé par Schmookler est l'importance des améliorations résultant de l'utilisation de nouvelles technologies (Learning by using) qui s'ajoute à l'apprentissage par la pratique (Learning by doing). Certaines technologies se sont développées lentement, en dépit d'une grande demande potentielle, parce qu'il existait un écart entre la conception théorique d'une technique[4] et sa réalisation pratique.

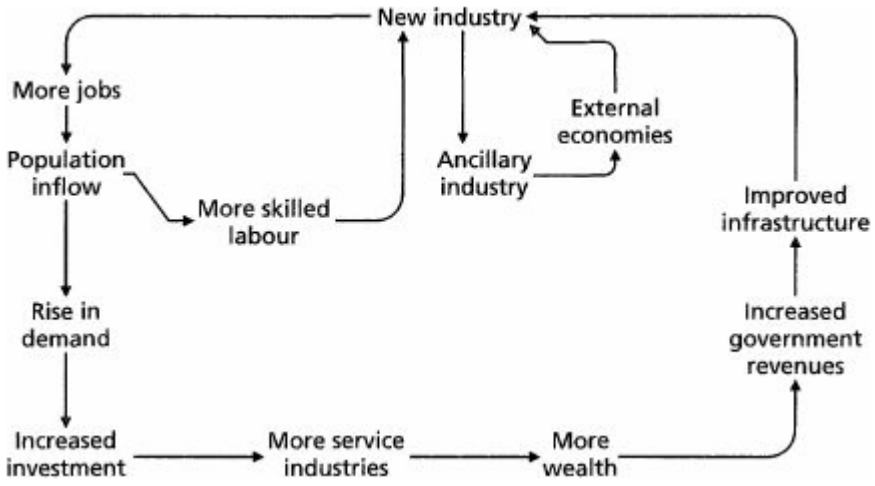
Contrairement à Schmookler, pour qui la demande explique uni-directionnellement le rythme et la structure d'invention, Rosenberg nous montre que les fonctions de l'offre d'inventions ne sont pas parfaitement élastiques. Cela veut dire qu'à un moment de l'histoire scientifique et technologique, certaines inventions peuvent être infaisables ou trop chères pour être réalisées.

L'approche schmooklerienne est fondamentalement micro-économique, sa fenêtre temporelle ne permet pas de voir au-delà du court terme en ce qui concerne les questions liées à la croissance économique. À l'inverse, l'approche de la causalité cumulative, initialement décrite par Myrdal (1957) et réellement développé par Kaldor (1972) et Kaldor (1981), est essentiellement macro-économique puisqu'elle traite des impacts de long terme de la demande sur la croissance économique. Le schéma micro-économique « Demand-Pull » peut être inséré dans un mécanisme plus large de type causalité cumulative. Il vise en fait à expliquer le rôle clé de la demande dans une explication endogène du progrès technique (Figure 1). Le schéma de base remontre au modèle d'Adam Smith. Pour Smith la division du travail est le moteur qui propulse le marché dans une spirale ascendante de croissance de la productivité. Smith considère en effet que la division accrue du travail est source de productivité notamment parce qu'elle permet l'usage des machines. La demande pousse à la division du travail et à la spécialisation et à la mécanisation (progrès technique). Dans la construction de Smith, c'est l'échange, et le profit qui peut naître de l'échange, qui poussent l'entrepreneur (l'artisan ou l'homme de métier, dans la terminologie smithienne) à développer la division du travail et la spécialisation, et par là, le progrès technique. Cette croissance de la

[4] Les inventions de Léonard da Vinci ont dû attendre plusieurs siècles avant de voir le jour.

productivité aboutit à une augmentation de la demande via la baisse des prix relatifs. On tient là le moteur de la croissance économique. On veut ainsi montrer que le schéma « Demand-Pull » n'est pas seulement une explication d'un régime d'innovation mais il a des implications macroéconomiques plus vastes et une portée plus générale. Il renvoie ainsi à des enjeux plus forts.

Figure 1 Causalité Cumulative de Myrdal (1957)



On montre ainsi que la controverse « Demand-Pull » versus « Technology-Push » possède également des enjeux plus généraux, macroéconomiques, dynamiques qu'il ne faudrait ni ignorer, ni limiter.

Cette thèse s'inscrit donc au croisement de plusieurs domaines de la recherche économique de l'innovation. Notre démarche[5] fait appel à des résultats empiriques issus de l'économétrie de l'innovation. En effet, pour étudier la relation entre innovation et demande, l'outil le plus adapté nous semble être le modèle de la croissance endogène fondé sur l'innovation par opposition au modèle de la croissance exogène. La nature et la direction de cette relation ont été explorées par différents économistes qui peuvent être classés selon deux grandes écoles. Les premiers sont les tenants de la thèse dite de la poussée technologique (« Technology-Push ») que l'on peut considérer très globalement comme « tirés » par les travaux de Joseph Schumpeter. Les seconds sont les tenants de l'approche dite de l'impulsion par la demande

[5] Dans ce travail on ne fera pas une revue des études d'histoire des inventions qui traitent des régimes d'innovations. Ces travaux sont loin d'être inintéressants. Par exemple Galvez-Behar (2008) montre qu'une régression sur des données de brevets français sur la période 1890-1914 indique que la variable consommation a un impact positif et significatif. Ce qui plaide pour un effet « Demand-Pull ». Toutefois les données que ces études historiques mobilisent, restent incomplètes et éparses. Elles ne permettent pas de tester des hypothèses permettant d'établir de façon fiable qu'un régime d'innovation a été de type « Demand-Pull » ou de type « Technology-Push ».

(« Demand-Pull ») dont les travaux pionniers ont été baptisés par Jacob Schmookler. Les travaux de Kleinknecht et Verspagen (1990) nous ont fortement inspiré pour démarrer cette thèse. Notre démarche constitue un prolongement de leur analyse. En effet, l'objectif de cette thèse est double : monter que la relation entre innovation et demande n'est pas unidirectionnelle et, ce constat vérifié, examiner la possibilité d'étudier l'hétérogénéité des industries au sens de ces deux approches en fonction de leurs niveaux technologiques.

Pour mener à bien notre projet, nous développons une argumentation en 4 chapitres. Dans un premier chapitre, on présente une revue de la littérature sur le processus de l'innovation avec sa complexité et ses mécanismes de stratégie technologique et politiques économiques. Dans le chapitre 2, on rappelle brièvement les principales caractéristiques des deux approches classiques du changement technologique et on présentera les travaux de Kleinknecht et Verspagen qui serviront de base à toutes les études développées par la suite. Le Chapitre 3 est dédié à l'étude de la structure technologique de l'industrie manufacturière. Pour ce faire, nous décomposons cette dernière en utilisant les critères développés par l'OCDE en termes d'intensité en R&D. Les données utilisées sont issues de deux bases de données STAN et ANBERD de l'OCDE[6]. Dans le Chapitre 4, on présente les différents modèles économétriques estimés. Un bilan de cette thèse ainsi que les perspectives concernant les futurs travaux sera dressé à la fin.

Il nous semble que notre travail contribue à la compréhension des déterminants de l'innovation tels qu'ils ressortent de la controverse « Demand-Pull » versus « Technology-Push », de trois façons :

1 En proposant un survey problématisé de la littérature sur l'innovation,
2 En présentant de façon originale des données sur la R&D et la productivité des industries des pays de l'OCDE,
3 En suggérant que les modèles à correction d'erreur, maintenant très bien maîtrisés, peuvent apporter d'utiles éclairages à la question des modèles d'innovation (« Demand-Pull » versus « Technology-Push »).

[6] Ce chapitre vise à présenter les données utilisées, ensuite, dans le chapitre suivant.

Le processus d'innovation comme processus économique

Le défi de l'innovation ne concerne pas uniquement les secteurs très pointus de la haute-technologie. Il s'inscrit dans la nature même de l'activité économique qui est de créer des richesses. L'innovation est donc par essence une activité économique. La technologie est le vecteur moteur de l'innovation car elle intervient comme un ensemble d'outils de mise en œuvre du changement. Dans une économie de marché où la compétition est le moteur de toutes initiatives, l'innovation est au cœur des préoccupations et des stratégies des firmes en réponses aux signaux en provenance des utilisateurs (individus, firmes, industries, Pays…). Tel est le message que Schumpeter a voulu donner.

Cette prise de conscience explique le grand retour en force des théories de l'innovation et des analyses stratégiques et technologiques dans la science économique. Cette évolution symbolise une évolution dans les pratiques des firmes. En effet, l'innovation est au carrefour de multiples univers :

- L'univers des sciences et techniques qui fabriquent des idées et des connaissances
- L'univers de l'entreprise qui permet l'exploitation des connaissances à des fins productives
- L'univers des institutions publiques qui assurent la formation et l'éducation et protègent la propriété intellectuelle.

La compétition technologique entre les firmes invite à multiplier les interactions entre universités et firmes, à favoriser l'émergence de passerelles entre le monde de la science et le monde des affaires. Elle invite aussi à multiplier les interactions au sein de la même organisation, entre le département technique, le service commercial, le service financier et les laboratoires de R&D internes. L'entreprise ne doit pas perdre de vue le véritable pouvoir économique (pouvoir d'achat) détenu par le consommateur.

Dans une économie concurrentielle, c'est toujours le consommateur qui a le pouvoir de décider d'acheter ou non le produit qu'on lui propose. C'est lui qui détient le pouvoir de sanctionner la valeur économique du produit car il détient le pouvoir d'achat.

Dans ce premier chapitre, on va essayer d'explorer la très riche littérature sur l'innovation comme un processus économique. Dans une première section, nous porterons l'accent sur la complexité de ce processus en rappelant les liens profonds entre innovation et économie. Cette section montre l'importance des structures économiques dans la dynamique du changement technologique. Dans la seconde section, il sera question d'explorer les déterminants d'ordre économique, stratégique et concurrentielle de l'innovation. Cette section montre l'importance des systèmes d'innovation, de diffusion et de protection de la propriété intellectuelle dans le processus dynamique des activités d'innovation. Nous terminons ce chapitre par une analyse des déterminants de *l'intensité d'innovation*. Dans cette section nous explorons les apports de la théorie évolutionniste à l'analyse économique du changement technologique et de l'innovation.

1. Innovation et Économie

1.1. Qu'est-ce que l'innovation ?

Comme l'indique l'Oxford English Dictionary (OED) l'utilisation du terme *Innovation* dans la langue anglaise avait une forte connotation négative entre le 16ème et le 19ème siècle. Une innovation représentait une pratique perturbatrice et inutile allant à l'encontre des bonnes pratiques établies. L'OED attribue la première utilisation du terme innovation dans son sens moderne, celui d'un changement créatif et utile, à l'économiste Joseph Schumpeter, en 1939. La conception de l'innovation en termes de *destruction créatrice*, attribuable à Schumpeter, met en relief une ambiguïté : les firmes créatrices mettent au point de nouveaux produits ou procédés ou encore de meilleures technologies qui entrent dans l'économie, mais cela provoque une destruction des activités et/ou des entreprises stagnantes. Cette destruction est la conséquence négative de l'innovation. Au cours des derniers siècles, le rationalisme et la Science ont fait un apport considérable en vue d'améliorer la qualité de vie dans les sociétés modernes et industrielles. Par conséquent, on peut en partie associer l'innovation au progrès scientifique, économique et social.

Le processus d'innovation peut être stylisé en trois processus se recoupant partiellement (Pavitt, 2003) :

1 La production de connaissances scientifiques et technologiques nouvelles[7]

2 La transformation de ce savoir en outils : produits, systèmes, processus et services[8]

3 en réponse à (ou en correspondance avec) une demande marchande et des besoins d'utilisateur lesquels sont de plus en plus impliqués dans le processus d'innovation. On voit :

- que les aspects économiques sont fortement présents. On pourrait résumer en disant que l'*Innovation* est la production de connaissances technologiques nouvelles économiquement utiles et donc qu'*Invention et Innovation* ne sont pas synonymes. L'innovation est bien plus qu'une invention. Avec l'invention quelque chose de neuf est conçu, avec l'innovation il y a en plus une utilité sociale. L'innovation est un hybride d'invention et d'utilité. L'innovation doit correspondre à une demande, un besoin socialement marchand.
- que déjà, à travers cette définition il y a une « confrontation » entre des phénomènes qui renvoient à une logique de poussée/déplacement des connaissance technologiques et scientifiques (Technology-Push), et la nécessaire prise en compte de la demande des utilisateurs (« Demand-Pull »).

1.2. Course à l'innovation et incitation à innover

La théorie économique néoclassique est fondée sur l'hypothèse de la concurrence parfaite entre des entreprises qui produisent des biens semblables à partir d'intrants semblables. La concurrence est importante dans la mesure où elle empêche toute entreprise de hausser individuellement le prix de ses produits à un niveau supérieur à celui qui permet de couvrir le coût de ses intrants. Or, l'innovation est un processus qui viole fondamentalement cette hypothèse. Les entreprises qui mettent au point de nouvelles façons de produire des biens existants ou créent de nouveaux produits peuvent ainsi abaisser leurs coûts et réaliser des bénéfices supplémentaires (en termes de parts de marché) en conférant à ces entreprises innovantes un certain pouvoir de monopole.

Il y a donc une incitation à innover extrêmement puissante. Toutefois, elle est de fait assez générale puisque les concurrents de la firme innovante ont aussi une forte incitation à innover pour « contrer » le pouvoir de marché de ces concurrents. Il est fort possible que dans les

[7] Tendanciellement le savoir scientifique est de plus en plus spécialisé.

[8] Tendanciellement les technologies sont de plus en plus complexes (car des combinaisons de différents champs technologiques).

conditions « normales » de la concurrence, il y a une course à l'innovation selon les propos de Tirole (1993).

Joseph Schumpeter a fait de l'innovation drastique le mécanisme central du développement économique, en insistant sur le rôle important que peut jouer l'entrepreneur dans la vie économique. Cet esprit d'entreprendre est gouverné par la volonté de conquérir de nouveaux marchés afin d'obtenir les rentes d'innovation. Cela incite les firmes à renouveler d'une façon permanente leurs produits et leurs techniques de production en augmentant leurs stocks de connaissances et de savoirs-faire.

Les travaux pionniers de Schumpeter sur l'innovation ont permis à d'autres auteurs de divers champs disciplinaires d'explorer davantage ce qui fût la boite noire. L'analyse de l'innovation par les évolutionnistes, notamment Nelson et Winter (1982), s'inscrit dans la continuité des travaux de Schumpeter et met l'accent sur le caractère processuel de l'innovation. Les différents travaux réalisés dans cette lignée ont développé également les notions de compétences et d'apprentissage dans le processus d'innovation dont le caractère est interactif et cumulatif.

Dans l'analyse schumpetérienne contemporaine, les firmes s'engagent dans un processus de R&D très coûteux et incertain en réponse aux signaux provenant de différentes sources : conjoncture économique, menace des concurrents au niveau économique, technologique et financier. Ce processus peut prendre des décennies d'essais et d'expérimentation avant de déboucher sur de nouveaux produits ou procédés. La durée des recherches est fonction de la capacité d'apprentissage des firmes et du volume de leurs stocks de connaissances et de savoirs-faire ainsi que du niveau d'investissement en R&D. Dans cette perspective schumpetérienne, l'historien économiste Usher (1970) propose une approche dite *dynamique structurale* qui stipule que le processus d'invention s'analyse comme une suite d'inventions stratégiques qui synthétisent de nombreux éléments de nouveautés incrémentales. Chacune de ces dernières exige ce qu'il a appelé *Acts of Insight* par opposition aux *Acts of Skills.* Leurs différences résident dans la nature des activités d'apprentissage qu'ils incarnent. Ainsi, les premières sont issus des expériences et routines organisationnelles alors que les deuxièmes concernent des compétences acquises durant un processus d'apprentissage et d'accumulations des connaissances. Les firmes industrielles se trouvent donc dans une perpétuelle recherche d'un équilibre optimal entre ces deux points de vue, conciliant ce que l'on peut appeler les besoins de l'entreprise et les besoins du marché. Les premiers besoins incarnent tous les objectifs stratégiques de profits et de performance économique tandis que les deuxièmes

besoins concernent la demande au sens large du terme. Dans ce contexte, les firmes doivent exploiter les informations en provenance des agents économiques pour améliorer leurs produits et services.

Mais, quels sont les facteurs incitatifs à cette course à l'innovation ?

À coté des incitations à l'innovation fournies par la recherche d'un avantage concurrentiel (Porter, 1985)[9], il y a des déterminants plus macroéconomiques.

Pour Vernon (1966), ce sont les différentes demandes nationales qui vont être le moteur de l'incitation à innover. Les nations, ayant les plus forts revenus, vont donc stimuler la recherche scientifique et technologique. Mais, cette description reste floue car, comme il a déjà été noté par Dosi *et al.* (1990), la présentation de Vernon suppose que les firmes aient toutes un potentiel identique d'accès à la technologie ainsi qu'une même probabilité de la mettre en ouvre en fin du processus d'innovation, avec seulement des différences au niveau de la demande rencontrée par les firmes.

1.3. Une vision plus complexe des déterminants de l'innovation : l'innovation comme réponse aux opportunités technologiques et un instrument de politique macroéconomique

Kérihuel (1993) souligne l'influence du marché plus que la dynamique technologique dans le processus d'innovation quelle que soit la taille des firmes agroalimentaires. Selon cet auteur, pour plus de la moitié des firmes innovantes l'influence du marché (relation avec les clients, concurrents…) est très importante, plus que la dynamique propre de la technologie. Ce résultat empirique nous rappelle l'ancien débat qui oppose les tenants de l'approche « Demand-Pull » aux défenseurs de l'approche « Technology-Push »[10]. Ces deux visions explorent les déterminants de l'innovation propres à l'environnement des firmes et des industries. On distingue l'innovation tirée par la demande de celle poussée par la technologie. Selon la première approche, les besoins des consommateurs sont à l'origine des innovations qu'elles soient de produit ou de procédé. L'aspect qualitatif de la demande a trait à l'évolution des préférences des consommateurs. L'aspect quantitatif renseigne sur l'intensité de la

[9] Pour Porter l'innovation est considérée comme une adaptation à un environnement très concurrentiel.

[10] Voir plus loin (chapitre 2) une présentation de ces approches.

demande que l'on peut mesurer à partir des investissements réalisés par les firmes pendant une période donnée. Ces investissements répondent à l'existence d'opportunités de croissance ou de profit dans l'économie considérée.

Cette recherche s'appuie sur cette théorie pour expliquer le rôle de la demande (Schmookler, 1966) dans le développement des innovations dans les secteurs économiques. Selon Schmookler, ce serait la demande qui joue un rôle déterminant pour expliquer à la fois l'intensité et la direction de l'activité d'innovation dans les entreprises. Son modèle s'appuie sur deux hypothèses fortes:

Les capacités d'innovation sont largement répandues au sein des entreprises et que ces dernières s'adaptent à des opportunités de profit émanant du marché.

- Plus la taille d'un marché est grande, plus l'innovation se dirige vers ce marché.

Sa thèse montre que les équipements issus des innovations dans les industries d'origine ont tendance à être adoptées ensuite dans les industries où la demande est la plus élevée. En revanche, elle souligne la suprématie de la demande émanant des industries utilisatrices par rapport aux opportunités technologiques existantes. En d'autres termes, l'information en provenance du marché peut orienter et déterminer des pistes d'opportunités technologiques que la R&D doit franchir pour proposer des innovations pertinentes et fiables[11].

L'approche « Technology-Push » se base, en revanche, sur l'hypothèse selon laquelle le développement interne des techniques constitue la source unique de l'innovation. Dans cette perspective, on retrace le transfert de la connaissance et du savoir-faire de la recherche fondamentale jusqu'aux applications sur le marché.

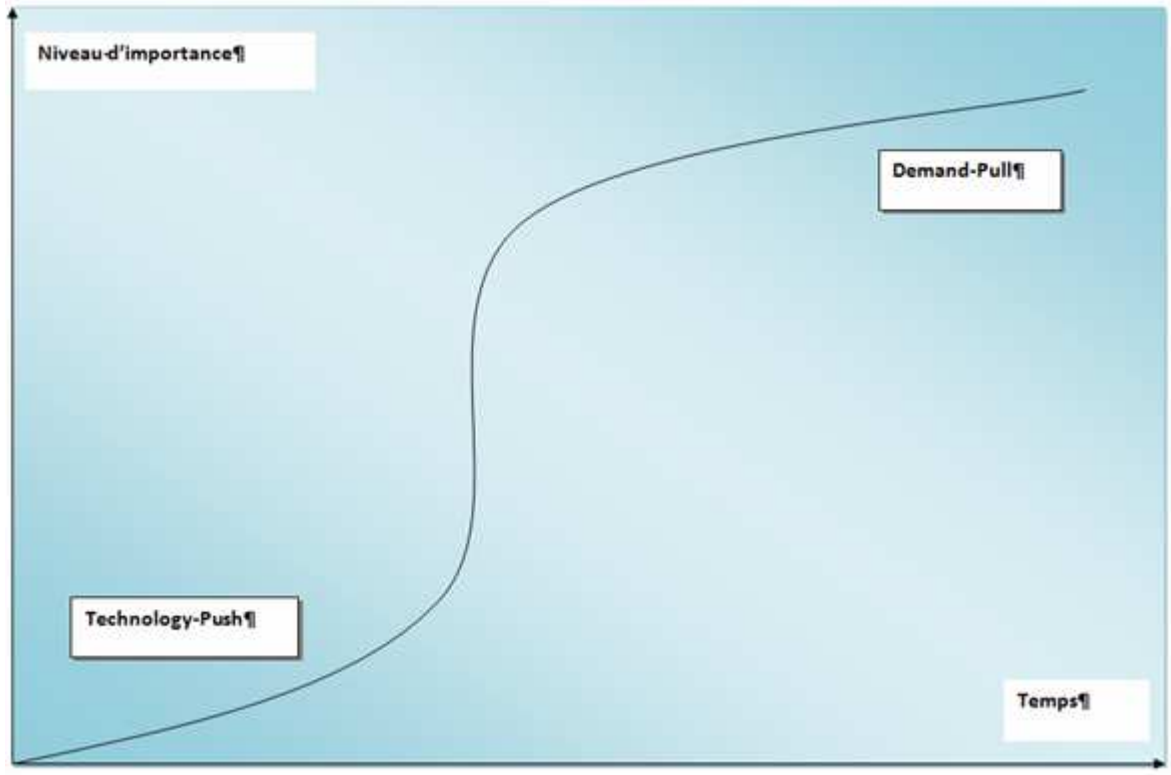
En réalité, ces deux thèses sont plutôt complémentaires, car la littérature néo-schumpetérienne stipule que le poids de ces deux thèses varie en fonction du cycle de vie d'une industrie et du type de l'innovation considérée. Dans la première phase du cycle de vie (voir Figure 2), la poussée de la technologie peut être très importante pour des avancés importantes en innovation, alors que l'impulsion du marché s'avère plus fatale pour des innovations incrémentales. Walsh (1984) a étudié les déterminants du taux et de la direction des activités d'invention et d'innovation de l'industrie chimique sur une longue période allant de 1830 à

[11] Dans une étude empirique, Le Bas (2002) a quantifié ces effets. Le modèle proposé est intéressant dans la mesure où il permet d'estimer ces effets à court et à long terme. Le principal résultat est la confirmation de l'existence d'un effet contemporain de la demande sur le volume des dépenses en R&D. Le deuxième résultat concerne la faiblesse de cet effet contemporain durant la période 1976-1986 par rapport à la période 1987-1996. Troisième résultat étant la forte élasticité dans les industries intensives en R&D, ce qui constitue pour l'État un instrument de politique macroéconomique intéressant pour stimuler et inciter les entreprises à innover.

1980. Ses résultats suggèrent que l'importance et la validité de ces deux concepts varient bien avec les phases du cycle de vie de l'industrie.

Nous ne nous entendons pas sur cette question. Elle est ici juste signalée. Nous l'étudions en détails dans le chapitre suivant car elle est au cœur de cette thèse.

Figure 2 Cycle de vie industriel : Demand-Pull vs Technology-Push



2. Un premier repérage des déterminants empiriques de l'innovation

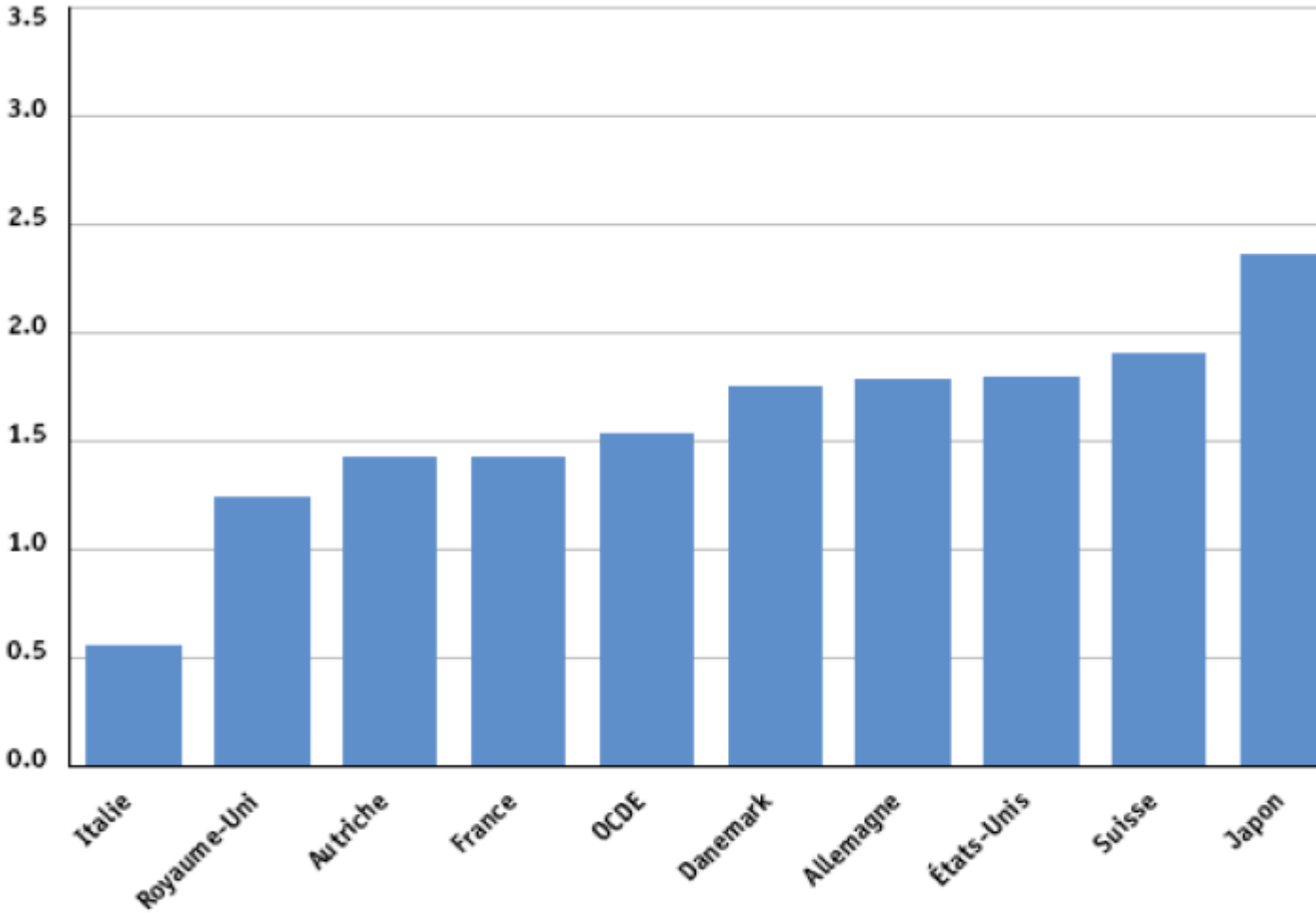
La question sur les facteurs stratégiques de l'innovation bénéficie d'une place importante dans la théorie économique de l'innovation technologique.

Afin de stimuler la croissance européenne, la stratégie de Lisbonne impose aux membres de l'Union Européenne (UE) d'augmenter leurs dépenses de R&D pour atteindre 3 % de leur PIB d'ici 2010. L'adoption d'innovations réalisées à l'étranger peut faire partie du processus, mais n'est pas comptabilisée dans la R&D et n'augmente pas le nombre de brevets. Les

récentes enquêtes de l'OCDE menées auprès des entreprises ont permis de créer de nouveaux indicateurs, plus complets et plus proches du produit final de l'innovation. Elles élargissent la notion d'intrants et de protection des inventions dans le processus d'innovation en incluant, outre la R&D, l'acquisition de machines spécialisées, de formation et de savoir extérieur nécessaire à l'innovation. Elles renseignent en outre sur la proportion d'entreprises ayant introduit un nouveau produit ou procédé et sur la part de ces nouveaux produits dans leur chiffre d'affaires. Ces chiffres peuvent, toutefois, contestés, car le caractère novateur d'un produit ou d'un procédé est laissé à l'appréciation de l'entrepreneur et peut donc dépendre de différences culturelles entre firmes ou/et entre pays. Il ressort néanmoins de l'étude de l'OCDE[12] qu'il existe une relation étroite entre R&D, dépôts de brevets et innovation. Parmi les pays les plus innovateurs, on compte la Suède, la Finlande, le Japon, les États-Unis et la Suisse comme le montre la Figure 3 et la Figure 4.

Figure 3 R&D du secteur des entreprises, 2003a (En % du PIB)

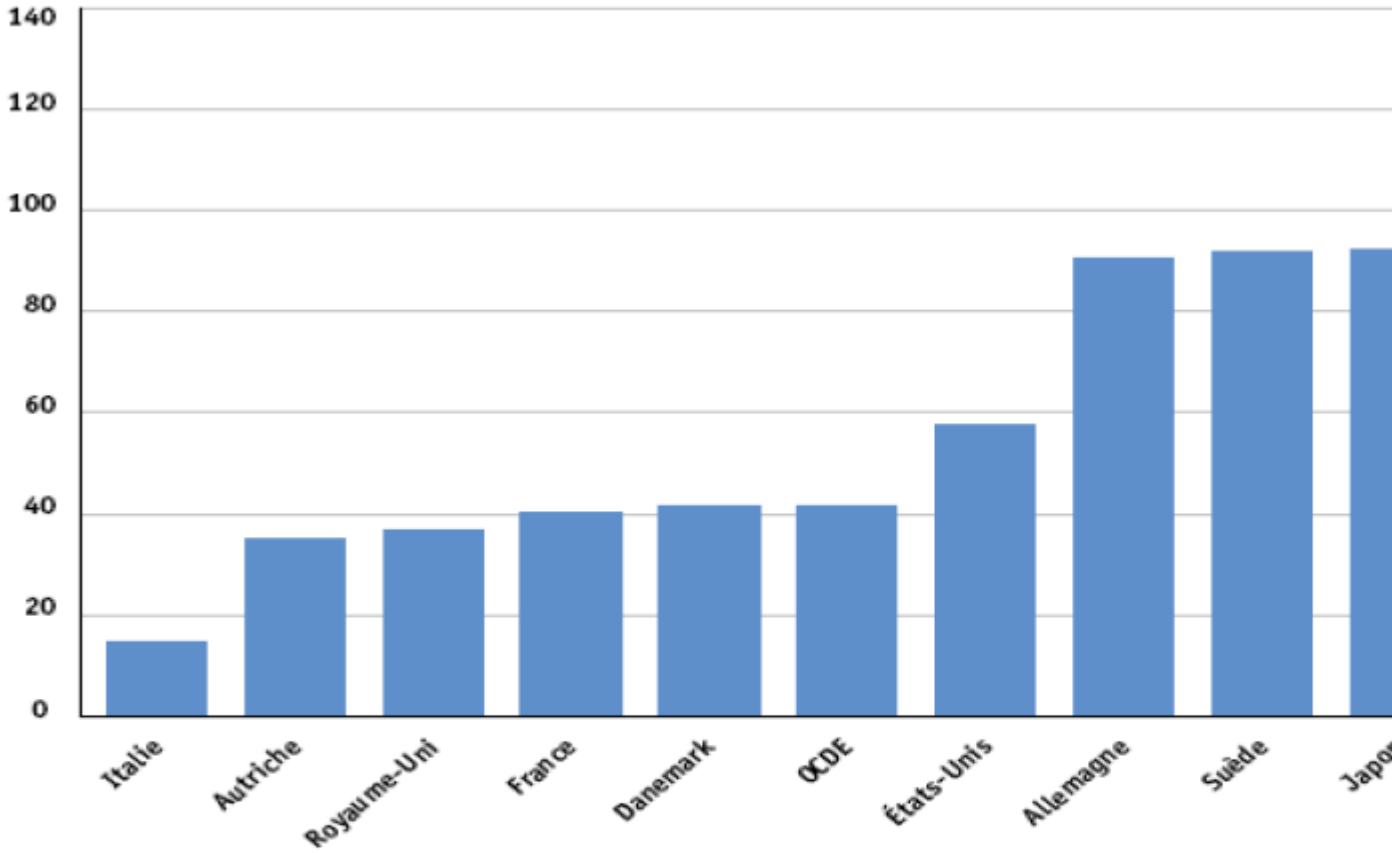
[12] OCDE (2005), Principaux indicateurs de la science et de la technologie, vol. 1 / La Vie économique.



a 2002 pour l'Autriche, le Danemark et l'Italie; 2001 pour la Suède et 2000 pour la Suisse.

Source: OCDE (2005), Principaux i
de la technologie,

Figure 4 brevets triadiques, 2001a (Nombre de demandes par million d'habitants)



a Selon la résidence des inventeurs, par année de priorité (l'année du premier dépôt international de la demande). Les données de 2001 sont des estimations. Les brevets triadiques sont ceux qui, déposés auprès de l'Office européen de brevets, de l'US patent and Trademark Office et de l'Office japonais de brevets, protègent la même invention.

Source: OCDE (2005), Principau
de la technologi

En termes macroéconomiques, l'innovation va de pair avec une croissance vigoureuse, une inflation faible, un taux de change réel synonyme de bonne compétitivité et des taux d'intérêt réels bas, ces derniers affectant directement le coût des dépenses de R&D. Cependant, si on compare les performances en termes d'innovation des pays de l'OCDE ainsi que leurs politiques, d'autres facteurs semblent également jouer un rôle crucial, tels que la concurrence, l'ouverture internationale, les financements disponibles, la recherche publique, efficacité des systèmes de protection des propriétés intellectuelles et capacités d'absorption.

2.1. Une Concurrence forte semble favoriser l'innovation

En théorie, la relation entre concurrence et innovation est ambiguë. Une entreprise innove pour se différencier de la concurrence. Toutefois, si celle-ci dépasse un certain seuil, les gains à espérer d'une innovation peuvent se révéler trop faibles pour justifier des investissements en R&D ; sans compter le fait que cette même concurrence réduit les profits et donc l'autofinancement de l'innovation. En pratique, l'effet de la concurrence sur l'innovation reste clairement positif, que la référence soit les dépenses de R&D ou le dépôt de brevets. Cette question sera réexaminée dans le cadre de l'analyse fourni par la théorie évolutionniste moderne (section 3 de ce chapitre).

La réglementation du marché du travail semble plutôt affecter le type que la quantité d'innovation. Lorsque la réallocation du facteur travail manque de flexibilité, les firmes tendent davantage à innover dans le domaine des procédés que des produits, en mettant à profit les compétences spécifiques acquises par leurs employés. Bien que cela ne modifie pas les dépenses de R&D et la proportion de firmes innovantes, le dépôt de brevets diminue, les innovations de procédés bénéficiant d'autres méthodes de protection.

2.2. L'ouverture internationale favorise l'innovation

L'ouverture internationale favorise également l'innovation, non seulement parce qu'elle accroît la concurrence sur les marchés intérieurs, mais aussi parce qu'elle donne accès aux innovations réalisées à l'étranger, soit par simple diffusion d'informations, l'échange de biens et services, les investissements directs étrangers ou la mobilité des chercheurs. Il ressort de l'étude de l'OCDE qu'un accroissement du stock de savoir étranger stimule[13] les dépenses de R&D et les dépôts de brevets domestiques. En effet, ceci est d'autant plus vrai que la capacité d'absorption[14] d'un tel savoir est élevée. Les pays qui bénéficient le plus de l'ouverture internationale sont la Belgique, l'Irlande, les Pays-Bas et la Suisse.

[13] Il s'agit d'un axe de recherche empirique très intéressant.

[14] Mesurée par le nombre de chercheurs travaillant dans la R&D domestique.

2.3. Le financement de l'innovation

L'innovation fait principalement appel à l'autofinancement, car le risque qu'elle représente et l'asymétrie d'information entre prêteurs et emprunteurs renchérissent l'accès aux fonds externes. En cas où ceux-ci s'avéreraient nécessaires, le financement par actions semble la voie la mieux indiquée. En effet, les investisseurs en capital-risque ont en général une longue pratique qui réduit l'asymétrie d'information et leur permet de donner des conseils à l'entrepreneur. L'expérience des pays de l'OCDE montre que la performance dans l'innovation croît avec la profitabilité des firmes et la capitalisation du marché boursier. Un lien a également pu être établi entre le développement du capital-risque et la diminution des contraintes dans le financement de l'innovation. En se basant sur ces indicateurs, les pays qui présentent les conditions financières les plus favorables à l'innovation sont la Norvège, le Royaume-Uni et la Suisse, où la valeur de la R&D présente une différence de plus de 10 %.

2.4. Incitation financière à innover

La plupart des pays octroient une aide financière directe aux activités de recherche privée, sous forme d'incitations fiscales ou de subsides directs. L'étude de l'OCDE suggère que l'aide directe a en général un impact positif sur la R&D des firmes, mais celui-ci reste souvent modeste. Par ailleurs, l'effet des incitations fiscales est plus important que celui des subsides directs, bien que l'efficacité de ces derniers s'accroisse lorsque la profitabilité de l'entreprise est faible. Il faut également garder à l'esprit que l'octroi d'incitations fiscales et de subsides directs a un coût qui doit être financé soit par une augmentation des taxes ou la réduction d'autres dépenses publiques. Plusieurs pays, dont la France, ont atteint un niveau de R&D qui figure parmi les plus élevés avec de faibles niveaux d'aide directe (Figure 5, Figure 6, Figure 7 et Figure 8).

Figure 5 Dépenses en R&D des pays de l'OCDE– 2003 – (Tableau 1) - a –

RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT[1], 2003 (Tableau I)

	Dépenses intérieures brutes de R-D (DIRD)				Dépenses de R-D des entreprises (DIRDE)			
	% du PIB	% financées par		par habitant aux prix courants USD[2]	% de la DIRD	% de la valeur ajoutée des branches marchandes	% financées par	
		l'État	l'industrie				l'État	l'industrie
Allemagne	2.55	31.14	66.12	692	69.8	2.55	6.1	91.3
Australie	1.62 a	44.39 a	46.43 a	464 a	48.8 a	1.08 a	4.3 a	89.6 a
Autriche	2.20	34.74	43.92	672	66.8 a	1.98 a	5.6 a	64.5 a
Belgique	2.31	21.44 d	64.31 d	683	74.0	2.58	5.9 a	63.8 a
Canada	1.94	34.50	47.52	592	53.0	1.38	2.6	83.0
Corée	2.64 b	23.86 b	74.01 b	509 b	76.1	2.77	5.3	94.1
Danemark	2.53 a	26.21 d	61.41 d	760 a	69.0 a	2.82 a	3.1 d	87.4 d
Espagne	1.10	40.07	48.36	270	54.1	0.84	11.1	83.5
États-Unis	2.60 c	31.20 c	63.11 c	978 c	68.9 c	2.56 c	10.0	90.0 c
Finlande	3.49	25.72	70.00	995	70.5	3.68	3.3	95.8
France	2.19	38.36 a	52.11 a	610	62.3	2.02	10.3 a	79.4 a
Grèce	0.65 d	46.59 d	33.05 d	112 d	32.7 d	0.30	1.2 d	90.5 d
Hongrie	0.95	58.03	30.68	144	36.7	0.55	6.4	70.9
Irlande	1.12 a	27.96 a	63.41 a	365 a	68.8 a	1.08	3.0	87.8
Islande	3.04	34.00 d	46.16 d	903	54.9	2.76	1.4 d	73.1 d
Italie	1.16 a	50.80 g	43.00 g	305 a	48.3 a	0.78	12.2 a	77.4 a
Japon	3.15	17.69	74.52	893	75.0	3.16	0.8	98.1

Figure 6 Dépenses en R&D des pays de l'OCDE– 2003 – (Tableau 1) – b –

Luxembourg	1.71 [c]	7.67 [c]	90.7 [c]	840 [c]	92.6 [c]	2.15 [c]	1.6 [c]	97.5 [c]
Mexique	0.39 [d]	59.05 [d]	29.84 [d]	36 [d]	30.3 [d]	0.18 [d]	9.6 [d]	89.8 [d]
Norvège	1.75	41.91	49.23	646	57.5	1.49	10.4	80.7
Nlle-Zélande	1.16	46.29 [d]	37.13 [d]	270	40.5	0.63	9.6	77.2
Pays-Bas	1.80 [a]	37.06 [a]	50.01 [e]	539 [a]	56.7 [a]	1.50	4.3 [a]	80.3 [a]
Pologne	0.56	62.72	30.27	64	27.4	0.22	15.2	83.0
Portugal	0.94 [a]	60.95 [d]	31.54 [d]	176 [a]	31.8 [a]	0.48 [a]	2.1 [d]	94.4 [d]
Rép. slovaque	0.58 [f]	50.84	45.10 [h]	77 [f]	55.2	0.44	22.1	75.3
Rép. tchèque	1.26	41.83	51.45	218	61.0	1.02	12.0	81.0
Royaume-Uni	1.89	31.29	43.90	564	65.7	1.83	10.9	69.1
Suède	3.98 [f]	23.45	64.97	1 150 [f]	74.1	4.71	5.9	85.9
Suisse	2.57 [e]	23.19 [e]	69.09 [e]	781 [e]	73.9 [e]	2.76 [e]	2.3 [e]	91.4 [e]
Turquie	0.66 [a]	50.57 [a]	41.28 [a]	43 [a]	28.7 [a]	0.23 [a]	2.9 [a]	94.3 [a]
G7	2.47	29.81	62.52	791	68.4	2.39	7.5	89.3
UE15	1.95	34.18 [a]	55.07 [a]	532	64.2	1.82	7.3 [a]	82.0 [a]
UE25	1.85	34.84 [a]	54.51 [a]	463	63.4	1.70	7.3 [a]	82.0 [a]
Total OCDE	2.24	30.48	61.61	589	67.3	2.14	7.2	88.9

Notes :

.. non disponible

Les chiffres en *italique* sont provisoires

1. Y compris quelques estimations nationales ou de l'OCDE
2. Converties en utilisant les parités de pouvoir d'achat, voir note 1 page 13
a. 2002
b. R-D pour les sciences sociales et humaines exclue
c. Dépenses en capital partiellement ou totalement exclues
d. 2001
e. 2000
f. Sous-estimé
g. 1996
h. Surestimé
i. Gouvernement fé
j. 1999

Source : *Principaux indicateurs de la science et de la*

Figure 7 Dépenses en R&D des pays de l'OCDE – 2003 – (Tableau 2) – a –

RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT[1], 2003 (Tableau II)

	% de la DIRDE[2] exécutée dans les industries				Chercheurs (total national)		D l'ens
	haute techno-logie[3]	moyenne haute technologie[4]	moyenne-faible et faible technologie[5]	services	équivalent plein temps	pour 1 000 emplois	% de la
Allemagne	30.3	53.6	7.0	8.5	264 721	6.9	1
Australie	13.0 [a]	17.9 [a]	16.5 [a]	42.2 [a]	71 613 [a]	7.6 [a]	2
Autriche	..	..	..	..	24 124 [a]	5.8 [a]	2
Belgique	42.2 [a]	24.8 [a]	15.3 [a]	14.5 [a]	*34 562* [c]	*8.4* [c]	1
Canada	43.5	7.8	8.8	35.8	*112 624* [a]	*7.2* [a]	3
Corée	50.2	25.6	9.7	9.0	151 254 [d]	6.8 [d]	1
Danemark	35.8 [a]	14.8 [a]	8.8 [a]	39.7 [a]	25 546 [a]	9.2 [a]	2
Espagne	26.8 [a]	26.4 [a]	15.2 [a]	27.3 [a]	92 523	5.6	3
États-Unis	36.6 [a]	16.3 [a]	6.4 [a]	39.1 [a]	1 261 227 [c,e]	9.3 [c,e]	1
Finlande	55.7	16.4	11.8	13.4	41 724	17.7	1
France	44.5 [a]	28.7 [a]	11.4 [a]	11.1 [a]	186 420 [a]	7.5 [a]	1
Grèce	..	..	..	..	14 371 [b]	3.7 [b]	4
Hongrie	..	..	..	..	15 180	3.9	2
Irlande	50.4 [b]	6.5 [b]	11.4 [b]	31.6 [b]	9 386 [a]	5.3 [a]	2
Islande	..	..	..	..	1 859 [b]	..	2
Italie	37.1	31.9	9.0	20.9	71 242 [a]	3.0 [a]	3
Japon	41.8 [a]	37.9 [a]	11.4 [a]	6.8 [a]	675 330	10.4	1
Luxembourg	..	..	..	..	1 646 [f]	6.2 [f]	
Mexique	..	..	..	..	21 879 [c]	0.6 [c]	3

Figure 8 Dépenses en R&D des pays de l'OCDE – 2003 – (Tableau 2) – b –

Norvège	14.4	15.1	20.9	33.4	20 989.0	9.1	2
Nlle-Zélande	..	..	..	..	13 133 [b]	9.1 [b]	2
Pays-Bas	37.9 [a]	25.1 [a]	13.0 [a]	19.5 [a]	43 539 [a]	5.2 [a]	2
Pologne	29.7 [a]	35.1 [a]	16.2 [a]	12.5 [a]	58 595	4.5	3
Portugal	..	..	..	..	17 725 [b]	3.5 [b]	3
Rép. slovaque	..	..	..	..	9 626	4.7	1
Rép. tchèque	11.4	42.9	9.3	34.6	15 809	3.2	1
Royaume-Uni	47.3 [a]	22.6 [a]	7.5 [a]	20.2 [a]	157 662 [g]	5.5 [g]	2
Suède	51.4	30.0	6.5	10.4	45 995 [b]	10.6 [b]	2
Suisse	..	..	..	..	25 808 [e]	6.3 [e]	2
Turquie	..	..	..	..	23 995 [a]	1.1 [a]	6
G7	38.4 [a]	26.0 [a]	8.0 [a]	25.7 [a]	2 662 207 [c]	8.0 [c]	1
UE15	39.5 [a]	34.1 [a]	9.3 [a]	14.8 [a]	1 046 547 [a]	6.1 [a]	2
UE25	..	..	..	..	1 160 305 [a]	5.8 [a]	2
Total OCDE	..	..	..	..	3 380 903 [e]	6.6 [e]	1

Notes :

.. non disponible

Les chiffres en *italique* sont provisoires

1. Y compris quelques estimations nationales ou de l'OCDE
2. Dépenses de R-D des entreprises
3. Industrie aérospatiale ; équipements de bureaux et ordinateurs ; produits pharmaceutiques ; matériel de radio, TV et télécommunication ; matériel professionnel
4. Véhicules automobiles ; machines et appareils électriques ; industries chimiques ; autres matériels de transport ; machines et matériel
5. Caoutchouc et matière plastique ; construction navale ; métaux ferreux et non-ferreux ; produits minéraux non métalliques ; ouvrages en métaux ; pétrole ; sidérurgie ; autres industries manufacturières
6. Dépenses intérieures brutes de D
- a. 2002
- b. 2001
- c. 1999
- d. R-D pour les sciences sociales humaines exclue
- e. Sous-estimé

Sources : *Les dépenses en recherche et dé* ; *Principaux indicateurs de la scier*

2.5. La recherche publique stimule l'innovation

Certaines politiques spécifiques d'innovation jouent également un rôle important. Il ressort ainsi de l'examen des pays de l'OCDE que la recherche publique est particulièrement stimulante pour l'innovation. En effet, la recherche fondamentale est une source importante d'avancées scientifiques et technologiques qui ouvrent de nouvelles possibilités de recherche appliquée aux entreprises. Un soutien public est souvent indispensable pour ce type de recherche car ses débouchés commerciaux sont souvent incertains. Bien qu'il existe une certaine concurrence entre recherche publique et recherche privée au niveau des chercheurs, l'effet net de la recherche publique sur la R&D des firmes est clairement positif. En Suède et en Finlande, l'importance de la recherche publique se répercute sur la R&D des firmes et contribue à accroître son intensité de près de 25 %.

Pour améliorer l'impact de la recherche publique, il est essentiel de stimuler les liens entre le monde académique et les entreprises. Ainsi, de plus en plus d'initiatives ont été prises dans ce

domaine par différents pays. Les universités sont invitées à faire davantage usage de leurs droits de propriété intellectuelle, et beaucoup d'entre elles mettent sur pied des offices de transfert technologique afin de promouvoir l'utilisation commerciale de leurs découvertes. De nombreux pays tentent également de stimuler la coopération entre universités et entreprises pour développer de nouveaux produits ou procédés, en la subventionnant même financièrement à l'instar de l'Agence pour la promotion de l'innovation CTI en Suisse.

Les liens entre universités et entreprises sont difficilement mesurable mais en utilisant un indicateur partiel (la part de la R&D publique financée par le secteur des firmes) l'étude de l'OCDE confirme que leur simple existence tend à stimuler la recherche dans les firmes.

2.6. Les droits de propriété intellectuelle stimule l'innovation[15]

Une innovation devrait être protégée par une législation visant les droits de propriété intellectuelle (DPI), comme les lois sur les brevets. Ces lois font intervenir les pouvoirs policiers de l'État pour empêcher qu'une autre personne pirate l'idée nouvelle d'un innovateur. Ainsi, pour pouvoir utiliser cette idée, les firmes intéressées doivent d'abord obtenir sa permission et lui verser des redevances de licence.

Pour l'économiste-historien North (1981), l'avènement des droits de propriété intellectuelle dans les pays industrialisés a été le déclencheur du développement technologique et de la croissance économique moderne. Lorsque les individus ont su que leurs découvertes pourraient être financièrement récompensées par le marché et que les bénéfices issus de leurs innovations seraient sécurisés par un droit de propriété, le processus d'innovation à grande échelle a pu se développer.

Les DPI sont considérés comme un important stimulant de l'innovation, car ils permettent à celui qui en a la paternité d'en conserver temporairement le monopole. Ils favorisent également la diffusion d'information sur les inventions et contribuent ainsi à réduire le nombre de recherches en double, car en l'absence de protection formelle, les inventeurs décideraient sans doute de ne rien révéler de leur invention. La protection des DPI a eu tendance à se renforcer et on observe une certaine convergence entre les pays de l'OCDE. Cependant, la relation entre DPI et innovation est complexe. Un excès de DPI peut freiner la poursuite de l'innovation, par exemple si elle bloque l'accès aux connaissances et instruments

[15] Sur ce point voir en particulier Le Bas, 2007.

de recherche nécessaires dans des domaines où les processus sont cumulatifs, comme en biotechnologie et dans les technologies de l'information et de la communication (TIC)[16]. Bien que l'étude de l'OCDE ne remette pas en question le bien-fondé des DPI, elle souligne, cependant, leurs limites et suggèrent de ne pas les renforcer indéfiniment. Il ressort en effet de cette étude qu'un surcroît de protection augmente sensiblement le nombre de brevets déposés, mais ne stimule guère la recherche en entreprise. Par ailleurs, un renforcement des DPI semble affecter l'efficacité des chercheurs.

2.7. La disponibilité des chercheurs en nombre suffisant stimule l'innovation

La disponibilité des chercheurs est bien entendu cruciale. Les frais de personnel de R&D constituent en moyenne 50 % des dépenses de R&D. Il ressort de l'étude de l'OCDE que l'offre en chercheurs dépend du niveau d'éducation moyen de la population[17], mais aussi des salaires offerts comparés à ceux que les diplômés des autres filières peuvent espérer. Les pays où les conditions salariales sont les meilleures semblent davantage attirer les chercheurs étrangers et retenir leurs nationaux. Il n'y a pas à priori de raison d'interférer avec les mécanismes de marché pour accroître la disponibilité en chercheurs. Néanmoins, il est du ressort de l'État d'assurer une offre suffisante, efficace et de qualité universitaire, qu'elle soit assurée par le secteur public ou privé. Il faut également noter que la réponse des chercheurs aux signaux du marché que représentent les salaires peut prendre quelques années, car la formation d'un scientifique ou d'un ingénieur nécessite de 4 à 5 ans. Ceci pose des limites aux mesures destinées à faire progresser rapidement la R&D dans un pays puisque les ressources supplémentaires affectées à la recherche risquent, dans un premier temps, d'aboutir à des augmentations de salaires pour les chercheurs plutôt qu'à un accroissement de l'offre.

Les pays qui montrent davantage de signes d'innovation sont technologiquement plus riches et croissent économiquement plus rapidement. On peut dire la même chose des industries et firmes. Les entreprises innovantes doivent pouvoir devenir très grandes très rapidement. Les monopoles découlant d'une innovation fructueuse ne sont pas forcément mauvais d'un point de vue économique. Ils seront vraisemblablement de nature temporaire. Les droits de propriété intellectuelle prolongent les monopoles des innovateurs, mais cela n'est pas toujours

[16] Voir la littérature analysée par Le Bas (2007).

[17] Plus le nombre d'étudiants sera important, plus il y aura de diplômés en sciences et ingénierie.

bénéfique pour la société. Les grandes firmes établies possèdent un avantage sur le plan de l'innovation incrémentielle, mais les petites firmes semblent plus aptes à mettre au point des innovations radicales.

Les programmes de subventions gouvernementales directes destinés à encourager l'innovation dans les firmes échouent systématiquement. Ils semblent inciter les entreprises à devenir plus innovantes uniquement pour soutirer de l'argent à l'État. Un tel comportement est rationnel si ces programmes leur offrent le meilleur rendement sur leurs efforts. Les gouvernements devraient aussi reconnaître que l'abaissement des impôts, tant pour les particuliers que pour les sociétés, constitue la façon la plus simple et la plus directe de subventionner les gagnants (en termes d'innovation) plutôt que les perdants. L'innovation hausse la demande de travailleurs hautement qualifiés et fait grimper leur rémunération. Il pourrait donc être profitable de subventionner l'éducation. Les firmes innovantes semblent former spontanément des grappes géographiques. Même si de nombreuses théories connues tentent d'expliquer ce phénomène, les résultats des études sur la mobilité[18] géographique des chercheurs semblent concorder davantage avec l'hypothèse selon laquelle les concentrations de travailleurs qualifiés attirent les firmes qui ont besoin de leurs services, et que ces entreprises, à leur tour, attirent un plus grand nombre de travailleurs qualifiés, dans une boucle de rétroaction positive. S'il en est ainsi, les politiques visant à former une main d'œuvre qualifiée, sembleraient plus justifiables que les subventions directes ou indirectes aux entreprises de haute technologie. La culture a aussi de l'importance. Le respect des comportements axés sur l'entrepreneuriat et l'exécution des contrats conclus entre les entreprises et les universités semble jouer un rôle capital dans ce contexte.

Enfin, le système financier joue un rôle important. Un système financier efficient et concurrentiel aide les petits innovateurs à se développer rapidement. La présence de fonds de capital-risque indépendants, de grande taille et spécialisés sur le plan scientifique semble aussi revêtir une importance cruciale.

[18] Une étude est en cours, sous la direction de Le Bas, sur la mobilité géographique, technologique et professionnelle dans le cadre du grand projet de l'ANR.

3. Un cadre d'analyse évolutionniste de l'intensité d'innovation

Le survol de la littérature empirique a montré qu'existeraient beaucoup[19] de facteurs agissant comme déterminants de l'innovation. Ceci impose qu'on hiérarchise ces facteurs dans un cadre d'analyse.

La littérature économique présente deux grandes visions de la production d'activités innovantes. La première met l'accent sur les questions d'incitation[20]. L'innovation sera forte et durable si les firmes sont incitées à entreprendre durablement des investissements dans les R&D. Dans cette perspective, on met l'accent sur les structures d'environnement des firmes et, en particulier, sur les formes de concurrence qui relient les firmes entre elles. Il y a donc des degrés différents d'exploitation des opportunités technologiques selon les structures de concurrence propres à chaque industrie. Cette vision de la création technologique tend à mettre l'accent sur les phénomènes de concentration comme des déterminants complexes des activités innovantes. Toutefois, ce cadre d'analyse ne prend pas suffisamment en compte des aspects cruciaux de la création technologique. Par exemple, il y a une forte interaction entre les structures de marché et les tendances de l'innovation comme l'illustrent les modèles du cycle de vie de l'industrie de Walsh (1984), il y a des entrées et sorties de firmes (turbulence au sen évolutionniste du terme) , il y a des dynamiques d'apprentissage qui font que certaines firmes innovent d'une façon continue dans le temps alors que d'autres innovent sporadiquement et que d'autres insuffisamment et sont alors rejetées de l'industrie.

Il est aujourd'hui reconnu que les deux modèles schumpetériens (I et II) offrent des éclairages distincts de la création technologique. Le modèle I décrit un processus de destruction créatrice (Malerba et Orsenigo, 1995).

Un grand nombre de petites firmes exploitent efficacement les opportunités technologiques mais innovent plutôt drastiquement mais temporairement. La concurrence par l'innovation est la règle, et la turbulence est forte. On est dans un régime technologique de type entrepreneurial (Winter, 1984). À l'opposé, dans le modèle II, dit d'accumulation créatrice (Dosi et Malerba, 1996), le progrès technologique repose sur les capacités créatrices d'un petit

[19] On a ici beaucoup retenu du travail de Le Bas et Négassi (2002). Avec l'accord du Professeur Christian Le Bas, je me suis beaucoup inspiré de la section 1 du deuxième chapitre de leur rapport.

[20] On l'a vue dans la première section.

nombre de grandes firmes oligopolistiques. Les activités de R&D internes aux firmes, les *compétences dynamiques* dans Teece *et al.* (1994), sont lentement construites et très largement spécifiques reposant sur des connaissances tacites incorporées aux routines organisationnelles. Ces compétences dynamiques imposent certaines routines dans l'activité de R&D bien que des chocs exogènes peuvent momentanément créer un désordre dans la programmation que les firmes tentent de prévoir *ex ante* ou d'amortir *ex post*. Le modèle de Nelson et Winter (1982) décrit le fonctionnement de cette structure industrielle. En général, ce type d'environnement produit une stabilité industrielle à cause de la persistance d'un nombre limité de grandes firmes constamment innovantes. À l'opposé du régime entrepreneurial, ce régime est assez stable au cours du temps, la hiérarchie des firmes est strictement établie, des barrières à l'entrée en termes d'investissements lourds dans les connaissances garantissent une protection vis-à-vis des *outsiders*, tout en limitant la concurrence aux firmes *insiders*. Cette structure est évidement menacée lorsque surviennent des mutations technologiques pour lesquelles les firmes sont peu préparées (ou pas assez préparées).

En fait, les deux aspects (destruction créatrice et accumulation créatrice) du progrès technique peuvent exister de façon autonome ou coexister dans une même industrie. Dans ce cas, il y a, à côté d'un petit groupe de firmes persistantes en innovation mais plutôt incrémentale, un nombre assez important de petites firmes occasionnellement innovantes mais plutôt radicalement (Malerba *et al.*, 1997).

Ces précisions indiquent explicitement qu'on ne peut comprendre les incitations des firmes à innover et l'intensité d'innovation sans la caractérisation de l'environnement industriel dans lequel elles se situent. Dans cette section plusieurs phénomènes typiques des environnements évolutionnistes sont définis et leurs propriétés clairement établies : la concentration des activités technologiques, leur diversité, la turbulence propre au phénomène d'accumulation technologique, les opportunités technologiques.

3.1. Concentration

Nous étudions ici les impacts potentiels de la concentration au sein d'une industrie sur les activités d'innovation des firmes. Nous distinguerons la concentration économique et la concentration technologique comme nous y incite Le Bas et Négassi (2002).

3.1.1. La concentration économique comme « mesure » de l'intensité de la concurrence et activité d'innovation

Nous nous intéressons en premier lieu à la concentration des activités économiques au sein d'une industrie. On sait bien que l'économie de l'innovation est fondée sur une question principale : est-ce que les types de structure de marché déterminent les incitations des firmes à innover ? Étudier la concentration économique, c'est étudier une image de la structure du marché ; et donc en quelque sorte une « mesure » de l'intensité de la concurrence.

En fait, depuis Arrow (1962), la recherche économique s'est intéressée aux deux structures polaires classiques : monopole d'un côté, concurrence pure et parfaite de l'autre. La possession d'un pouvoir de monopole par la firme innovante constitue une incitation forte à investir dans des activités de R&D. En effet, l'incitation à innover est soutenue par l'anticipation d'un pouvoir de marché *ex post*. Arrow (1962) montre qu'une firme en situation *ex ante* de concurrence parfaite a plus d'incitation à entreprendre de la R&D, et donc à innover de manière à tirer profit d'une position de monopole *ex post*, qu'une firme déjà *ex ante* en position de monopole. Ce type de raisonnement nécessite toutefois une définition claire de ce que peut être le gain issu de l'innovation. L'idée que les rentes issues d'une innovation réussie constituent une incitation à entreprendre de la R&D situe très insuffisamment le problème. La concurrence sur le marché des produits peut réduire les rentes des firmes qui innovent. Ce qui va être le levier de l'incitation, c'est que plus la concurrence sur le marché des produits s'élève plus les profits gagnés par le *leader technologique*, sont élevés, en comparaison de ceux des autres firmes (Aghion *et al.*, 2000). En d'autres termes, une augmentation de la pression de la concurrence tend à stimuler plus fortement la R&D en accroissant le surcroît de profit issu de l'innovation. L'incitation à innover s'enracine cependant dans le besoin continu d'échapper à la concurrence. Le schéma d'Arrow (1962) a été très contesté par deux lignées d'analyse. D'une part, la thèse que le monopole est moins incité à innover est amendée par le fait qu'il est possible que le monopole soit menacé par une firme entrante. Alors, l'incitation du monopole à rester le *leader technologique* est, sous certaines hypothèses, supérieure à l'incitation de l'entrant à devenir duopole (Gilbert et Newberry, 1982). Poussé par la menace d'un entrant potentiel, le monopole peut innover. D'autre part, la thèse qu'une structure concurrentielle est favorable aux incitations à l'innovation est contestée par les tenants de l'argument suivant lequel les innovateurs risquent de ne pas pouvoir, dans cette structure, anticiper un niveau suffisamment élevé de profit de

monopole, ce qui décourage l'innovation (Aghion et Howitt, 1996). Les firmes n'investissent pas dans les activités d'innovation car elles craignent que les autres réussissent leur propre processus d'innovation, laminent les rentes technologiques qu'elle pourrait créer. Récemment, Boone (2001) a confirmé qu'il y avait une relation non monotone entre l'intensité de la concurrence et la valeur de l'innovation en termes d'incitations que reçoivent les firmes pour investir en R&D[21].

Les études empiriques sur le lien entre concentration et innovation fournissent des éclairages divergents selon le type d'indicateur retenu pour décrire l'innovation. La grande majorité des études qui examinent la relation entre concentration et dépenses de R&D, a trouvé une relation positive. Cohen (1995) a toutefois suggéré que la relation pouvait ne pas être linéaire mais en U inversé et que des niveaux élevés de concentration pouvaient être associés à des intensités de R&D plus faibles. La relation inverse entre concentration et innovation a été également investiguée dans certaines études (Nelson et Winter, 1982 et Geroski et Pomroy, 1990). L'idée fondamentale est que certains types d'innovation appellent des structures productives plus concentrées ou plus déconcentrées que d'autres. Sur la base des données d'innovation du SPRU, Geroski et Pomroy (1990) trouvent quant à eux une relation négative, mais de faible intensité, entre concentration et innovation. L'hypothèse qui prévaut aujourd'hui est que cette relation dépend des caractéristiques sectorielles, du niveau des barrières à l'entrée dans l'industrie et de la phase du cycle de vie de la technologie[22].

Les recherches ont recours à différents indicateurs d'innovation. Pour une firme donnée, on peut utiliser la probabilité d'innover, le nombre d'innovations réalisées, le nombre d'innovations réalisées déflaté par la taille de la firme ou par la taille de l'équipe de recherche. Il y a lieu de bien distinguer ces indicateurs sous peine de confusion. Blundell *et al.* (1995) ont montré que les firmes d'une industrie où règne une forte concurrence tendent à avoir une plus forte probabilité d'innover mais non nécessairement la performance la plus élevée en termes d'innovation. De façon paradoxale, Blundell *et al.* (1995) ont montré que les firmes disposant de parts de marché élevées innovent plus ce qui constitue un contre exemple de la triviale idée selon laquelle la concentration industrielle a un *effet ralentisseur* sur l'innovation (Geroski, 1990).

---

[21] Dans une étude récente de Klette et Griliches (2000), on distinguait la compétition de type course aux brevets qui peut stimuler la R&D et la concurrence sur le marché de produit où la concurrence ne stimule pas nécessairement l'innovateur, compte tenu de la profitabilité éventuellement réduite des innovations (Aghion et Howitt, 1996). La concentration économique est l'indicateur que les économistes de cette école utilisé pour modéliser l'intensité de la concurrence.

[22] Voir Le Bas et Négassi, 2002.

On peut retenir en conclusion l'idée que les difficultés à faire émerger des résultats généraux quant aux relations structure de marché et incitation à l'innovation sont liées au fait que, très souvent, les investigations ne prennent pas systématiquement en compte les sources de différences entre les firmes et les industries (Cohen et Levin, 1989).

3.1.2. La concentration des activités technologiques

La *concentration technologique* mesure les asymétries entre firmes qui entreprennent des activités technologiques de façon persistante. Elle peut être mesurée par l'indicateur d'Herfindhal portant sur les parts de brevets (Malerba *et al.*, 1997), les dépenses de R&D ou le nombre d'innovations réalisées. La valeur prise par cet indicateur renseigne sur la structure d'hétérogénéité de l'industrie. S'il est proche de zéro, cela décrit une structure industrielle dans laquelle plusieurs firmes entreprennent des activités technologiques. Pour une taille donnée de l'industrie, on peut inférer qu'il s'agit plutôt de petites entreprises. S'il est proche de 1, une seule entreprise investit dans les activités technologiques (*monopole technologique*). Une étude empirique de Malerba *et al.* (1997) sur des données de brevets, fait apparaître les déterminants de la concentration technologique exposés dans ce qui suit. Toutefois fois, on sait que les activités technologiques sont fortement concentrées autour de quelques grandes firmes ou de quelques pôles géographiques.

Un niveau élevé de concentration technologique signifie que seulement quelques firmes mènent des activités technologiques. On peut inférer de cette constatation qu'il s'agit en général de grandes firmes innovantes de façon persistante (les études centrées sur la persistance du comportement d'innovation concluent à un effet *taille* des activités innovantes)[23]. Persistance et hétérogénéité dans les activités innovantes donnent naissance à une distribution asymétrique de ses activités. L'entrée dans les activités technologiques et la sortie de ces activités (la turbulence technologique)[24] n'ont pas d'impact sur la concentration technologique. Cela confirme l'idée que la turbulence affecte uniquement les franges de l'industrie et que ses effets sont plutôt marginaux sur l'ensemble de la structure. Enfin, un très important facteur rendant compte de la concentration technologique est la concentration économique de l'industrie. Ce résultat conforte l'idée qu'une structure industrielle concentrée,

[23] Voir Le Bas et Latham, 2006.

[24] Voir plus loin.

de type oligopolistique, est aussi fortement concentrée quant à ses activités technologiques (Malerba *et al.*, 1997)[25].

3.2. Diversité technologique

La diversité[26] technologique est une caractéristique déterminante des espaces industriels dans lesquels se déploient des relations concurrentielles entre les firmes. Dans chaque pays, il existe des variétés technologiques dont l'intensité et la forme varient d'une industrie à l'autre. La variété technologique recouvre des aspects très variés : diversité en termes de produits ou/et de processus, diversité des compétences, des champs techniques, diversité des modèles organisationnels. Également, la coexistence d'anciennes et de nouvelles technologies (Kirman, 1992), inéluctablement en compétition, constitue une facette de cette variété. Une mesure de la variété est fournie par une fonction de densité estimant la répartition du produit de l'industrie, ou encore le nombre d'entreprises composant cette industrie, sur des unités productives ou des techniques aux coûts unitaires différents (Metcalfe, 1997). Les auteurs évolutionnistes sont les seuls à mettre en évidence les effets de cette diversité sur les formes et l'efficacité des activités d'innovation.

L'hétérogénéité industrielle décrit également la diversité des niveaux d'efficience et de performance des firmes en termes de productivité (Nelson et Winter, 1982) et de profitabilité (Mueller, 1990). Si l'on positionne les firmes une échelle industrielle et technologique, on peut faire apparaître les asymétries, en termes de capacité technologique et de performance d'innovation, qui constituent le périmètre structurel de la dynamique industrielle[27]. En général, les écarts entre les firmes sont persistants selon les conclusions de Klette et Kortum (2000).

La dynamique *Innovation-Imitation* constitue une autre facette de l'asymétrie entre firmes que des études relativement récentes mettent en évidence la concurrence sur le marché des produits comme un facteur primordial de cette dynamique. Aghion *et al.* (2000) montrent qu'une imitation trop facile est toujours mauvaise pour la croissance, alors qu'un peu d'imitation pourrait être stimulante en termes de croissance. Pour un degré de concurrence

[25] Dans Vossen (1999), l'auteur valide ce résultat en montrant que le niveau de la concentration industrielle agit positivement sur la concentration technologique lorsqu'elle est mesurée à partir des dépenses de R&D, mais a des effets non positifs sur le nombre d'innovations. Ce *paradoxe* tiendrait à ce qu'une concentration industrielle élevée peut être associée à une perte d'efficacité de l'investissement de R&D.

[26] Diversité technologique ou hétérogénéité. Sur tous ces aspects voir Le Bas et Négassi, 2002.

[27] Dosi, 1984.

constant[28], l'effet marginal d'une augmentation de la capacité d'imitation est positif sur le taux de croissance.

On revient sur les asymétries en termes de profitabilité. Ces différences persistent car elles reflètent dynamiquement les différences d'efficience entre les firmes sélectionnées par le processus de concurrence. Toutes les dimensions économiques sont affectées par ces asymétries : chiffre d'affaires, dépenses de R&D, dépôts des brevets (Cohen, 1995). En général, il y a des facteurs spécifiques à la firme qui rendent compte de ces différences. Ces micro fondements pourraient expliquer le fait que dans une grande majorité d'industries perdure un *noyau dur* d'entreprises consistantes et persistantes en termes d'activités d'innovation selon les conclusions de Le Bas et Négassi (2002).

La variété industrielle est un facteur favorable à la création et au progrès technique. Elle est considérée comme la cause principale du progrès pour Alfred Marshall. Les auteurs évolutionnistes (notamment Metcalfe, 1997 et Saviotti, 1994) placent cette diversité au cœur de la création technologique et de la croissance économique.

L'idée que la diversité impulse le progrès technique mérite une précision. On se limite ici à la diversité intra-industrie. Cette diversité peut s'analyser à partir des compétences des firmes qui la composent, de leurs politiques technologiques, de leurs visions stratégiques, de leurs types d'environnement et de leurs façons de conduire des projets variés de R&D. Une plus grande diversité dans les activités de R&D tournées vers les produits sera associée à une plus grande diversité dans les variantes d'un produit. Cette diversité doit produire à terme une plus grande qualité de produit. On peut avancer que le nombre de firmes dans une industrie, et par là la structure de marché, peut affecter la diversité technologique au sein de la firme. En d'autres termes, plus il y a de firmes dans l'industrie, plus il y a une vaste diversité des approches, des perceptions des opportunités et des compétences (Cohen et Klepper, 1992). Enfin, une plus intense compétition devrait impliquer qu'un marché se dirige plus rapidement vers les options technologiques retenues (Cohen et Malerba, 2001)[29].

[28] Si le degré de concurrence sur le marché des produits est proche du maximum, cet effet n'est plus significatif.

[29] Ces auteurs ont récemment avancé l'idée que la variété technologique est un moteur de l'innovation. En effet, en utilisant les données industrielles de l'enquête Yale Survey administrée dans les années 1980, ils montrent que l'effet variété dans les activités d'innovation a un impact important et significatif sur la propension à innover une fois l'effet des dépenses de R&D contrôlé.

3.3. Turbulence comme propriété d'un environnement évolutionniste

Le classement, l'ordre et la hiérarchie des firmes dans une industrie (qui est en quelque sorte mesuré par la concentration industrielle) sont en perpétuel mouvement ou transformation. En général, les structures industrielles ne sont pas invariantes. La plupart des industries sont caractérisées par un haut degré de turbulence (Audretsch, 1995). D'un strict point de vue empirique, la turbulence est la résultante d'entrées de firmes nouvelles et de sorties de firmes. On peut la mesurer d'une façon générale par le taux de *Turn-Over* [*note : Exemple: Une industrie en 2007 regroupe 1000 firmes au 1er janvier. Pendant l'année 2007, 50 sont entrées et 25 quittent l'industrie.* $Turn - Over = \frac{\frac{50+25}{2}}{1000} \times 100 = 3.75\%$]. L'entrée est un phénomène répandu dans l'industrie, y compris les industries intensives en capital. La plupart des entrants sont des petites firmes dont la taille peut être en dessous de la taille critique minimale. Une proportion importante des entrées est constituée de firmes qui se diversifient en opèrent sur plusieurs industries, cela prend souvent la forme d'acquisition de firmes existantes. La sortie de firmes est également forte. La probabilité de survivre[30] s'accroît avec les performances, la taille et l'âge industriel de la firme. La turbulence concerne souvent les « marges » de l'industrie car les firmes *outsiders* aux marges ne sont pas beaucoup plus performantes que les firmes *insiders*. Cette turbulence, en principe, n'affecte pas le *noyau dur* de l'industrie, le groupe des grandes et vieilles firmes. Le taux de *Turn-Over* est plus élevé pour les petites firmes que pour les grandes selon les résultats de Acs et Audretsch (1991). Il est clair que la turbulence diffère fortement d'une industrie à l'autre. La turbulence serait relativement plus faible dans les industries caractérisées par des taux d'innovation et d'investissements publicitaires élevés, une forte intensité en capital, une faible croissance (Acs et Audretsch, 1991). En effet, l'investissement publicitaire constitue une barrière à l'entrée plus haute que l'intensité du capital. Un taux élevé de concentration empêche l'entrée de petites firmes mais aussi l'entrée de grandes. La croissance de l'industrie peut déclencher la constitution de nouvelles firmes, alors qu'une profitabilité élevée n'aurait pas un rôle attracteur significatif. En effet, Baldwin et Gorecki (1991) ont apporté plus de précisions sur l'effet de l'entrée à partir de l'exploitation de données canadiennes. Les firmes entrantes arrivent dans l'industrie avec une taille très inférieure à la taille moyenne. Dix ans plus tard, elles restent encore en dessous de la taille moyenne mais leur niveau de productivité s'élève jusqu'au niveau moyen *[note : Les firmes survivantes ont soit une taille initiale plus élevée, soit une croissance plus forte. Une taille initiale très élevée est, en revanche, plutôt associée à une croissance plus lente, mais aussi à une probabilité de survie plus élevée. Les firmes nouvelles qui survivent ont une croissance plus forte dans les industries particulièrement innovantes. C'est en général l'écart à la taille minimale qui expliquerait la probabilité de survie et non la taille de la firme.]*.

Si la turbulence en général est expliquée par le nombre d'entrées nouvelles dans l'industrie, Malerba et Orsenigo (1999) ont eu recours à un concept de turbulence plus précis : la turbulence technologique. Il s'agit de l'entrée et de la sortie de firmes en relation avec la qualité de firme innovante au sein d'une même industrie. Une firme qui cesse d'être innovante est comptabilisée dans les *sorties technologiques*, une firme qui innove alors qu'elle n'était pas antérieurement innovante est comptabilisée dans les *entrées technologiques.* On peut affiner les présentations en distinguant explicitement le champ technologique dans lequel la firme innove. Ainsi, il y a *sortie et entrée latérales* si la firme n'innove plus dans le même champ mais produit une innovation dans un autre champ (Malerba et Orsenigo, 1999). La sortie technologique dépend de la persistance à innover. Les données de brevets européens permettent de faire ressortir des régularités. Il y a des classes technologiques turbulentes (Mécanique, Machine-Outil, Papier et Fibre, etc.), il y a des technologiques fortement stables (Chimie, NTIC, Véhicules et Aviation, etc.). On peut aussi appliquer cette définition de la turbulence technologique au niveau des pays. Ainsi, on a des pays caractérisés par une haute stabilité, ou faible turbulence, et des processus de diversification élevés (Allemagne, Japon, USA), des pays *fortement turbulents* (Italie, mais à un degré moindre que la France et le Royaume-Uni).

Il reste à étudier les relations entre turbulence au sens large et turbulence technologique et, notamment, la relation entre entrée et entrée technologique. En d'autres termes, est-ce que l'entrée de nouvelles firmes dans l'industrie se réalise nécessairement par la mise en œuvre d'innovations ? Quelle est l'échelle de ce phénomène ?

Le travail pertinent de Geroski (1991) sur la base de données d'innovations du SPRU[30], donne quelques informations. On observe une coïncidence entre entrée élevée et forte propension à innover, mais les données ne permettent pas de trancher quant au sens de la causalité. La question capitale est de savoir si c'est l'innovation qui produit l'entrée ou si c'est la dynamique interne à l'industrie qui appelle l'innovation et donc l'entrée. Dans un papier plus récent Bresnahan et Greenstein (1999) montrent que dans le cas de l'industrie informatique, caractérisée par des progrès techniques rapides et une modification[31] de l'offre de nouveaux segments (micro-ordinateurs notamment) ainsi que par une désintégration verticale et une spécialisation très fortes, de petites PME[32] de type entrepreneurial sont venues remplacer les

[30] Science Policy Research Unit (http://www.sussex.ac.uk/spru/)

[31] On parle de la gestion de l'obsolescence.

[32] Petites et Moyennes Entreprises.

anciennes. L'entrée est plus le résultat des changements industriels que sa cause[33]. Il faut également noter qu'une modification profonde de l'environnement technologique affecte la hiérarchie industrielle. L'apparition de nouvelles technologies peut favoriser certaines firmes alors que d'autres restent engluées dans leur base de connaissances (anciennes).

Supposons maintenant une firme qui a innové de façon plus radicale : elle peut ensuite mettre au point une série de perfectionnements ultérieurs. Cela donne naissance à une série d'innovations successives qui se matérialisent au cours du temps. Ce type d'approche décrit bien les conditions normales d'un processus d'innovation persistant. Toutefois, il n'est réellement mis en œuvre que si d'autres conditions sont réunies, et, notamment celles relatives au financement des coûts d'innovation en termes de dépenses de R&D. Cela n'est possible que si la firme dégage une certaine profitabilité au cours du temps. Avec cette seconde approche, on souligne que la persistance du processus d'innovation n'est réellement possible que si la création de marges de profits est également persistante (Cefis, 1999).

On a vu qu'une taille critique minimale dans les activités d'innovation est nécessaire de manière à ce qu'un innovateur soit persistant (Geroski *et al.*, 1997).

Le *noyau dur* important de grandes firmes innovantes et persistantes est un facteur déterminant de la capacité d'innovation des firmes et des industries (Malerba *et al.*, 1997). Mais, il existe d'autres déterminants.

3.4. Les opportunités technologiques sectorielles

Il est clair que les industries font face à des opportunités technologiques dont les intensités sont très différentes (Cohen, 1995 et Favre et Négassi, 2001).

Par opportunité technologique, on désigne l'ensemble des phénomènes qui contribuent à faciliter plus ou moins la production de connaissances nouvelles par les firmes et les secteurs. Les sources d'opportunités sont les suivants.

- Les progrès des connaissances scientifiques, réalisées par les institutions de recherche fondamentale publique, alimentent la base de connaissances qui sera accessible (au sens de biens public) à toutes les unités de R&D

[33] Il faudrait également étudier en quoi, par exemple, la conjoncture économique générale sectorielle affectent la turbulence industrielle et la turbulence technologique. La demande peut jouer ici un rôle important.

- Les progrès des équipements comme fruits d'innovation d'autres industries[34]
- Les progrès des méthodes propres à l'activité de recherche (Arora et Gambardella, 1994)

Ces opportunités engendrent, consolident et amplifient les incitations à innover.

Conclusion

On peut mettre en évidence les grands types de phénomènes qui déterminent le volume d'innovations au niveau de la firme et de l'industrie : la concentration, la turbulence, la diversité technologique et la persistance. Il est bien clair que ces aspects sont très fortement liés. Une faible concentration signifie un nombre plus grand de firmes qui sont très différentes et hétérogènes. Turbulence et persistance sont liées négativement : une très forte turbulence ne signifie pas forcement un nombre élevé de firmes persistantes en innovation. Les différents degrés de persistance en innovation et de turbulence contribuent à modeler la diversité technologique intra et interindustriels. De même, concentration et hétérogénéité technologique sont aussi très liées : plus la structure de marché est atomistique, plus l'hétérogénéité est forte.

Dans les travaux les plus récents, Aghion *et al.* (2006), Aghion (2006) et Aghion *et al.* (2005) proposent une autre variable pour l'étude de la relation entre intensité de la concurrence et innovation : la distance à la frontière technologique. L'hypothèse mais encore faiblement étayée est que l'effet positif de la concurrence sur l'innovation est supposé d'autant plus fort que l'on s'approche de la frontière technologique mondiale (mais ceci a été contesté récemment par Amable *et al.* (2007)). Un autre phénomène pris explicitement en compte par Aghion *et al.* (2005), est l'effet des diffirences de niveaux de productivités entre concurrents : lorsque le leader à un avantage, l'effet de la compétition sur l'innovation est moins fort. Mais il l'est beaucoup plus, lorsque le niveaux de productivité des compititeurs est comparable.

[34] On est ici dans une logique de type « Technology-Push » pour les industries utilisatrices de ces biens d'équipement (qui sont les résultats de l'innovation pour les industries d'origine).

Demand-Pull et Technology-Push : Deux approches complémentaires des déterminants de l'innovation

Dès le début du 20ème siècle, l'innovation a fait l'objet d'études qui ont tenté de la décrire et de la modéliser. Mais ce processus complexe ne se laisse que difficilement approcher et a donné lieu à différents modèles, qui font, aujourd'hui encore, l'objet de questionnements.

Une première école conduite fondamentalement par l'économiste autrichien Joseph Schumpeter soutient que le déterminisme technologique et scientifique est le plus fort de sorte que c'est la poussée de la recherche fondamentale qui est à l'origine de l'innovation (« Technology-Push Innovation »). Une seconde école guidée par l'économiste américain Jacob Schmookler, estime quant à elle que l'innovation est plutôt tirée par la demande (« Demand-Pull Innovation »). Ces deux approches ont constitué les chapitres essentiels dans l'Economie de l'innovation des années 60 et 70.

Ces deux modèles[35] présentent l'innovation comme un résultat. Le phénomène propre de l'innovation n'est pas expliqué car il se passe dans une *boîte noire* entre le progrès technique et le marché. Pourtant, le modèle de Schumpeter persista longtemps et fut accepté par les économistes presque jusqu'à la deuxième moitié du 20ème siècle.

Peu à peu, le modèle de la boîte noire fut mis à mal. Pourquoi les économistes ont-ils changé de modèles ? Selon certains, l'évolution des conditions de concurrence pour les firmes est telle qu'elle les oblige à repenser leurs innovations. En effet, depuis les années 1920, on est passé d'une concurrence basée sur les prix à une concurrence basée sur la créativité. Ce glissement pousse les firmes à faire des problématiques liées à l'innovation comme le cœur de leurs préoccupations.

[35] Pour un Survey du débat entre « Demand-Pull » versus « Technology-Push », voir Stoneman, 1979, Von Tunzelmann, 1990, Vivarelli, 1995 et Antonelli, 1998.

Dès 1942, Schumpeter avait proposé une nouvelle version de son modèle. Il y intègre un changement majeur : Le changement technique engendré par l'innovation n'est pas le fruit d'un entrepreneur isolé et individuel mais d'un travail organisé au sein d'un département dédié d'une entreprise : Le département de R&D. Ceci entraîne un double déplacement :

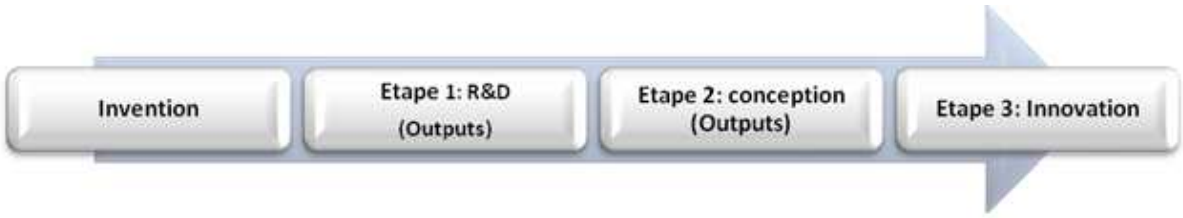
- L'invention et l'innovation sont désormais admises comme des activités courantes exercées par les firmes et faisant partie d'une nouvelle fonction créative qui n'existait pas dans le premier modèle de Schumpeter.
- L'invention est donc devenue endogène à l'innovation. C'est le résultat d'une activité intentionnelle et organisée[36] qui répond à une finalité économique. À ce stade, l'innovation intéresse désormais l'économiste.

Après ces travaux, l'innovation devient un processus et perd son caractère totalement aléatoire. Cela permet d'engager une réflexion sur la façon dont se déroule le processus d'innovation et d'envisager d'agir sur des leviers susceptibles de l'améliorer. Le premier levier sur lequel les autorités politiques ont souhaité agir est celui de la R&D. Aux États-Unis, après la seconde guerre mondiale, les investissements de R&D et le développement de l'*Économie de la Recherche* vont être largement augmentés et seront corrélés avec une croissance importante.

Au cours des années 1950, on acquit le modèle linéaire et hiérarchique qui orienta les politiques en matière de recherche. Ce modèle considère l'innovation comme un processus, une succession d'étapes exigées et ordonnées. Le point de sortie de l'étape précédente est le point d'entrée de l'étape suivante. Ce mode de fonctionnement suppose une organisation cloisonnée, une spécialisation des personnes et des activités des services. Les étapes (Figure 9) peuvent varier en nombre et en spécificités mais le processus débute forcément par l'invention, puis vient ensuite la R&D et se termine inévitablement par l'innovation. La R&D reste au cœur de ce processus.

Figure 9 Le modèle linéaire et hiérarchique de l'innovation de type « Technology-Push »

[36] Comme dans le cas de la découverte scientifique, la pénicilline par exemple.



L'évolution majeure de ce modèle est qu'il assoit l'innovation comme un processus et non pas comme un résultat. Ainsi, il lui confère un caractère processuel où se succèdent diverses étapes. Cependant, ce modèle est fondé sur l'idée que les étapes du processus d'innovation sont prévisibles et que l'on peut par avance prévoir les ressources nécessaires à mobiliser. Ceci orientera fortement les politiques en matière de recherche dans les années 1980 et poussera divers gouvernements à augmenter les dépenses en R&D. En revanche, ce modèle ne laisse aucune place aux *feeds back* c'est-à-dire aux éventuels retours entre une étape et une autre. Le progrès technique est par ailleurs totalement endogénéïsé.

Peu à peu, les économistes ont éclairci davantage encore le processus de l'innovation. Il n'était plus question de se focaliser sur la R&D mais de la remettre à la place qu'elle doit tenir dans le processus plus complet de l'innovation. En 1986, Stephen Kline[37] et Nathan Rosenberg[38] ont modélisé le processus non pas en focalisant sur la R&D mais en centrant leur attention sur le processus de conception. Ainsi, ils montraient qu'il ne peut y avoir d'innovation sans conception (Forest, 1999). En l'espace de moins d'un siècle, on a donc assisté à une double modification du modèle de Schumpeter : l'innovation est plus un processus qu'un résultat, en plus de la R&D proprement dit les activités de conception produisent également de l'innovation.

L'école de Kline et Rosenberg rejette drastiquement la linéarité du processus classique d'innovation. Leur modèle *The Chain linked model* s'appuie sur 3 principaux postulats :

- Le processus d'innovation n'est pas linéaire et hiérarchique
- Le processus de conception est central
- Des *feeds backs* sont envisageables à chaque étape

Dans la suite de ce chapitre, on présente successivement les trois écoles : « Technology-Push », « Demand-Pull » et « Chain Linked Model ».

[37] Ingénieur en Génie Mécanique.

[38] Historien et économiste.

1. Approche par l'offre : le déterminisme technologique de l'école schumpetérienne[39]

Les interprétations des travaux de Joseph Schumpeter (1935, 1939, 1974) ont abouti à la formulation de deux hypothèses majeures. La première suggère qu'une relation positive entre l'innovation et le pouvoir du monopole est capitale. La seconde suppose que les grandes firmes sont proportionnellement plus innovantes que les petites. Cette deuxième hypothèse est souvent interprétée comme une loi économique : l'intensité de la recherche augmente plus que proportionnellement avec la taille de la firme. Cette supposition a fait l'objet de nombreuses études empiriques (Kamien et Schwartz, 1975, 1982, Baldwin et Scott, 1987 et Scherer, 1992). Elle a été discutée dans le chapitre précédent.

Le Bas (1991), rappelle que cette question ne présente ni solution théorique évidente, ni vérification empirique concluante. Pour Scherer (1992), les grandes firmes sont plus prédisposées à innover en raison de moyens financiers et humains plus importants alors que l'avantage de la petite firme dans le processus d'innovation se situe particulièrement au niveau organisationnel avec une plus grande réactivité.

Dans cette perspective, l'approche de type « Technology-Push » considère le développement interne des techniques et produits comme la source unique de l'innovation. Elle cherche à établir, à partir de travaux empiriques, des concordances entre les progrès techniques et des cycles d'affaires de durées variées. Les tenants de cette approche sont partis du constat, souligné par certains auteurs américains comme Solow (1963), que l'augmentation des investissements en R&D a été à la base de la croissance soutenue qui a caractérisé l'économie des États-Unis dans la période de l'après-guerre. Cette approche s'intègre bien dans la modélisation néoclassique de la croissance économique.

L'accroissement du nombre de chercheurs et l'augmentation des dépenses et des investissements en R&D ne se traduisent pas toujours par un accroissement proportionnel des

[39] Il n'y a pas vraiment une école schumpetérienne dans ce cadre théorique, on a choisi Schumpeter pour ces travaux pionniers sur le rôle capital de l'innovation sur la performance économique (approche par l'offre de l'innovation).

innovations ni par un redressement significatif de la productivité[40]. Ce constat a conduit à la mise en avant du *paradoxe de la productivité* par Solow (1988)[41]. C'est pourquoi, on le verra par la suite dans la partie empirique, qu'il est pertinent de postuler que la science, les techniques, l'innovation et la demande, entretiennent des liens de causalité circulaire.

Nous pouvons affirmer que cette approche est réductionniste de la réalité économique du changement technologique, car elle écarte, de son cadre d'analyse, toute interaction de la technologie avec le marché. D'ailleurs, en attribuant le point de départ de l'innovation à la recherche scientifique et aux applications de la Science, ce modèle exclue, d'une part, le rôle fondamental de l'intuition, dont l'influence dans l'innovation est pourtant largement reconnue par les entrepreneurs et, d'autre part, les nombreuses interactions se produisant entre Science et Technologie, comme c'est le cas dans le domaine des biotechnologies. De plus, pour les auteurs précités, c'est la conception et non pas la Science qui est à l'origine de l'innovation. De ce fait, les améliorations successives apportées à une innovation initiale, où réside souvent le succès d'une innovation, sont exclues de l'analyse.

Les tenants de l'approche de type « Demand-Pull » renversent cette tendance en soutenant la thèse selon laquelle l'innovation est engendrée par la perception des besoins du marché. Ainsi, dans un processus de type « Technology Push », les innovations générées par les laboratoires de recherche des grandes firmes étaient intégrées dans les designs, puis développées sous forme de prototypes, puis transférées aux unités de production. Cette démarche assez hermétique, vu le poids grandissant des besoins du client dans toute stratégie de firme, est écartée aujourd'hui. En effet, de plus en plus de firmes abandonnent la recherche fondamentale pour centrer leurs efforts de R&D en fonction des besoins du marché uniquement (« *Market-Pull* »). Elles développent rapidement puis industrialisent des solutions adaptées aux besoins et attentes des clients.

[40] Comme le montre un certain nombre de travaux économétriques réalisés par l'OCDE pour mesurer l'impact de la R&D à l'échelle des firmes, des secteurs ou des pays.

[41] Selon ses propos : *« On voit des ordinateurs partout sauf dans les statistiques »*.

2. Approche par la demande : le déterminisme du marché de l'école schmooklerienne

Cette approche par la demande est beaucoup plus ancienne car elle est déjà présente dans les travaux de Hessen (1931). Néanmoins, Schmookler (1966) est considéré, compte tenu de la qualité de ses travaux empiriques, comme le précurseur de l'approche « Demand-Pull ». Selon lui la demande peut influencer le progrès technique car plus un marché est potentiellement important, plus les possibilités d'invention et d'innovation sur ce marché sont nombreuses (Figure 10).

Figure 10 Le modèle linéaire de l'innovation de type « Demand-Pull »

Schmookler a montré l'existence d'une corrélation positive entre les accroissements de l'output de l'activité d'invention et les accroissements des ventes au sein d'une industrie. Pour lui les besoins déterminent la dynamique de l'invention. C'est ce qu'il a nommé *Need-Pull*. À titre de comparaison avec le modèle précédant où les besoins sont créés, ici ils sont plutôt exprimés. Ainsi, dans son ouvrage[42], Schmookler précise que : « […] *L'inventeur doit employer la Science et la Technologie léguées par le passé. Ainsi, dans un sens fondamental, les besoins et la connaissance accumulée sont tous les deux nécessaires pour inventer. Ni l'un ni l'autre, seul n'est suffisant. Sans les besoins, aucun problème n'existerait. Sans connaissance, il ne pourrait pas être résolu.* ».

Dans cette perspective, la rentabilité d'une invention est directement liée à la taille d'une industrie, toute chose égale par ailleurs. Ainsi, Schmookler, en tenant compte des différences sectorielles de rentabilité, estime que les entreprises de certains secteurs, comme la chimie et l'électronique, ont des avantages comparatifs en matière d'invention et d'innovation en raison

[42] D'après ses explications: « … *the inventor must use the science and technology bequeathed by the past. Thus, in a fundamental sense, both wants and accumulated knowledge are necessary to invention. Neither alone is sufficient. Without wants, no problems would exist. Without Knowledge, they could not be solved.* ».

d'une accessibilité relativement plus facile aux sources de connaissances fondamentales. Pour lui, le rôle des découvertes scientifiques dans l'innovation reste exceptionnel. En effet, même si des facteurs accidentels fournissent assez souvent des intuitions et des découvertes dérivant des activités de R&D, il conclut qu'il est plus fréquent que les problèmes et les occasions d'inventer soient à l'origine de l'innovation.

Schmookler considère, le niveau de la profitabilité d'une innovation, la structure et les évolutions de la demande comme déterminants du niveau d'investissements de la R&D. On va présenter brièvement un résumé de son étude économétrique.

2.1. L'analyse de Schmookler (1966)

Il a utilisé pour son analyse une base de données contenant les demandes de brevets classés selon le « Patent Office Classification ». Cette base a été reclassée par secteur industriel couvrant une période allant de 1836 à 1957. Son étude consistait à expliquer, dans un premier temps, la demande de brevets nette (P) par les dépenses d'investissement (I). Les résultats sont explicités ci-dessous.

$$Log(P)_{40-42} = \underset{(0.08)}{1.174} + \underset{(0.07)}{0.927} \cdot Log(I)_{39} \qquad R^2 = 0.918 \quad ; \quad N=21$$

$$Log(P)_{48-50} = \underset{(0.114)}{0.598} + \underset{(0.07)}{0.940} \cdot Log(I)_{47} \qquad R^2 = 0.905 \quad ; \quad N=22$$

Ecart-type des coefficients entre parenthèses

Il a conclu que la variation interindustrielle en matière d'investissement explique 90 % de celle de brevets. Mais, une forte corrélation entre deux variables est souvent le résultat de leur mutuelle dépendance d'une troisième variable. C'est le cas de la taille des secteurs. Pour cette raison, il a essayé de corriger son R^2 par l'introduction du volume d'emploi par secteur (N) comme une variable explicative complémentaire.

$$Log(P)_{40-42} = \underset{(0.176)}{1.165} + \underset{(0.159)}{0.009} \cdot Log(N)_{39} + \underset{(0.142)}{0.920} \cdot Log(I)_{39} \qquad R^2 = 0.918 \quad ; \quad N=21$$

$$Log(P)_{48-50} = \underset{(0.197)}{0.417} + \underset{(0.197)}{0.222} \cdot Log(N)_{47} + \underset{(0.154)}{0.781} \cdot Log(I)_{47} \qquad R^2 = 0.911 \quad ; \quad N=22$$

Ecart-type des coefficients entre parenthèses

Le niveau d'emploi n'explique pas les demandes de brevets selon ses résultats ci-dessus car cette variable semble fortement corrélée avec I (multi-colinéarité). Pour remédier à tous ces problèmes, il a divisé les deux membres de l'équation par la variable (N) :

$$Log\left(\frac{P}{N}\right)_{40-42} = \underset{(\,)}{1.038} + \underset{(0.141)}{0.924}\, Log\left(\frac{I}{N}\right)_{39} \qquad R^2 = 0.877 \quad ; \quad N=21$$

$$Log\left(\frac{P}{N}\right)_{48-50} = \underset{(\,)}{0.415} + \underset{(0.106)}{0.809}\, Log\left(\frac{I}{N}\right)_{47} \qquad R^2 = 0.782 \quad ; \quad N=22$$

Ecart-type des coefficients entre parenthèses

Le R^2 reste très grand ![43]

L'analyse de Schmookler reste une référence de base pour la compréhension macroéconomique de la relation entre la production scientifique et technologique et la demande. Ce qu'il faut retenir de cette étude c'est le fait qu'elle est reposée sur la demande comme moteur de l'économie. Ce qui constitue pour l'État un instrument de politiques économiques à la Keynes.

S'il était, sans doute, le premier à aborder le sujet et expliciter les mécanismes du phénomène, il ne sera pas le seul, car de nombreux économistes vont reprendre ses études et essayer de tester empiriquement sa thèse.

2.2. La critique de Scherer (1982)

La controverse principale de Schmookler, était que la demande joue un rôle principal et déterminant dans la direction et l'importance des activités d'innovation. Dans son travail d'analyse (chapitre VIII), Schmookler (1966) a tenu compte de l'importance confirmée des différences dans la connaissance en observant que les firmes dans certaines industries (produits chimiques, électronique, et machines) ont un certain avantage comparatif pour inventer et innover en raison d'un accès plus facile à une très riche et abondante base de connaissances scientifiques et technologiques dans leurs domaines de spécialisation. Cependant, pour Schmookler ces bases de connaissances étaient fortement adaptables de sorte que les applications pour lesquelles elles ont été utilisées dépendaient de la profitabilité relative, qui elle même fonction de la demande. L'invention traverse une sorte de matrice de passage *Input-Output* allant des industries d'origine (Très riches connaissances) aux industries utilisatrices (très fortes demandes).

[43] On ne peut pas ne pas remarquer que le nombre d'observation (autour de 20) est faible.

2.2.1. Schmookler (1966) vu par Scherer (1982)

Pour Scherer (1982), la confirmation principale de la théorie de Schmookler du rôle relatif de la demande et des opportunités technologiques vient de ses analyses des brevets pour différentes industries. Sa principale attention portait sur les inventions de biens d'équipement, mesurées par le nombre de brevets américains liés par les codes des sous-classes du Patent Office aux usagers industriels finaux. Scherer souligne que pour Schmookler, plus l'investissement est important dans une industrie utilisatrice plus les demandes de brevets pour les inventions des biens d'équipement orientées vers les besoins de cette industrie sont importants. Selon Scherer la méthodologie de comptage des brevets de Schmookler ne fait pas de distinction entres les différentes sources d'invention[44] ; ce qui était important pour Schmookler étant l'impulsion de la demande des industries utilisatrices.

Pour isoler le rôle des opportunités technologiques, Schmookler a utilisé un échantillon différent de brevets des grandes firmes américaines classés par industrie d'origine. Scherer remarque qu'approximativement trois-quarts des brevets d'inventions, concernant des produits nouveaux ou améliorés, sont vendus à d'autres et que seulement un quart, concernant des procédés nouveaux ou améliorés, sont utilisés en interne. Par conséquent, Scherer déduit qu'une classification des brevets par industrie d'origine est très différente de celle par industrie utilisatrice. La question que Scherer se pose est la différence possible, en termes de signification statistique, entre :

- la relation entre les brevets classés par industrie d'origine et certains indicateurs de la demande (par exemple, total des ventes des firmes innovantes), d'une part,
- et la relation entre les brevets classés par industrie utilisatrice et certains indicateurs de la demande (par exemple, pour les inventions de biens d'équipement, investissements physiques des industries utilisatrices)[45], d'autre part.

Scherer résume les résultats de Schmookler de l'analyse de l'importance relative des hypothèses de type *Demand-Pull* en trois résultats empiriques :

- La linéarité de la relation entre demande, mesurée les investissements physiques, et inventions de biens d'équipement

[44] La source de ces inventions pourrait être l'industrie utilisatrice ou d'autres industries spécialisées fournissant les biens d'équipement, ou inventeurs individuels indépendants. Mais cela a été jugé comme sans importance par Schmookler (1966).

[45] Pour une industrie d'origine, les ventes mesurent les achats de ses produits. Pour les industries utilisatrices de ces biens d'équipement, les investissements mesurent leurs achats.

- les fortes corrélations entre ces deux indicateurs
- les faibles corrélations entre le nombre de brevets par industrie d'origine et les indicateurs de la demande ou la taille de l'industrie.

Sur les limites possibles des tests économétriques de Schmookler (1966), Scherer (1982) avance deux remarques importantes. Premièrement, l'échantillon d'industries choisies pour son analyse était petit et probablement non représentatif. Des industries « anciennes » telles que l'habillement, le bois, et la fabrication du papier ont été surreprésentées, et le nombre de brevets inclus dans l'analyse ne représente que 6 à 8 % de tous les brevets américains accordés aux inventeurs individuels et aux firmes domestiques à la fin des années 1940 et au début des années 1950. Deuxièmement, l'échantillon de brevets classés par industrie d'origine était très différent de celui de brevets classés par industrie utilisatrice, couvrant une fraction beaucoup plus grande de tous les brevets, mais excluant les brevets des inventeurs non affiliés et les brevets des petites firmes. L'échantillon d'industries d'origine était également beaucoup plus large et défini à un niveau élevé d'agrégation.

2.2.2. L'analyse de Scherer (1982)

2.2.2.1. Données et méthodologie d'analyse

Scherer (1982) utilise un échantillon de 443 grandes firmes américaines[46] afin d'estimer *la matrice de flux technologiques* (*Technology Flows Matrix*) proposée par Schmookler (1966). Ma méthodologie consiste à identifier les industries d'origine de tous les brevets d'invention américains des inventeurs résidents américains entre juin 1976 et mars 1977. Environ 15 112 brevets[47] identifiés ainsi, ce qui représente 61 % de tous les brevets accordés aux firmes industrielles américaines au cours de cette période. Il retient seulement les 8 875 brevets codés comme ayant une, deux, ou trois industries utilisatrices spécifiquement identifiables. Les classifications par industrie d'origine ont été basées sur la nature de l'invention, la structure la firme recevant le brevet et les activités spécifiques entreprises aux laboratoires et aux usines à proximité de lesquelles les inventeurs résidaient.

[46] À partir de l'enquête de 1974 réalisée par *The Federal trade Commission's Line of Business*.

[47] Les spécifications techniques et scientifiques de chaque brevet ont été examinées par une équipe de 4 étudiants de l'Université Northwestern (un chimiste organique, un ingénieur chimique, un ingénieur électrique, et un examinateur (Utility Infielder)) pour déterminer la nature de l'invention (Procédés internes, Biens d'équipement ou Biens de consommation), l'industrie d'origine et l'industrie utilisatrice.

Scherer (1982) avoue que son échantillon ne couvre qu'un sous-ensemble de toutes les firmes industrielles. Pour analyser les forces affectant l'invention industrielle, il était nécessaire de pondérer les brevets de sorte que leur nombre correspond à l'output de l'univers industriel des firmes américaines. Pour cela, Scherer a estimé pour chaque industrie d'origine i, la fraction ω_i des ventes de cette industrie représentée par les firmes de son échantillon. Le déflateur pour chaque brevet de l'industrie i étant $\frac{1}{\omega_i}$. Parmi les 245 industries, les valeurs des fractions ω_i varient de 0.06 à 0.99.

Les brevets destinés aux industries utilisatrices ont été divisés en deux groupes mutuellement exclusifs : brevets de matériaux industriels et brevets de biens d'équipement. Ce dernier groupe inclut les produits nouveaux des industries d'origine qui deviennent des biens d'équipement pour les industries utilisatrices ainsi que les procédés nouveaux à usage interne pour l'industrie d'origine, mais exclut les brevets de procédés portés sur des compositions de matière, puisque de tels brevets sont souvent employés pour protéger les produits pour lesquels la protection par le brevet pourrait ne pas être possible.

Scherer (1982) définit les variables suivantes :

- I_{jt} désigne l'investissement de l'industrie utilisatrice j à l'instant t (indicateur de la demande pour les biens d'équipement nouveaux)
- M_{jt} désigne l'achat de matériaux industriels de l'industrie utilisatrice j à l'instant t (indicateur de la demande pour les matériaux industriels nouveaux)
- V_{jt} valeur ajoutée de l'industrie utilisatrice j à l'instant t
- PM_j désigne le nombre total de brevets de matériaux industriels utilisés dans l'industrie utilisatrice j, chaque brevet étant multiplié par le ratio d'échantillonnage $\frac{1}{\omega_i}$ de l'industrie d'origine i.
- PC_j désigne la même chose mais pour les brevets de biens d'équipement.

2.1.1.2. Estimations et résultats

Scherer a procédé à plusieurs estimations pour différentes spécifications. Nous citons quelques résultats intéressants.

Premièrement, dans tous les cas, la relation entre les indicateurs de la demande et le nombre de brevets associé est positive et significative. Deuxièmement, cette relation est beaucoup plus forte pour les biens d'équipement (équations 1) que pour les matériaux industriels (équations 3 et 5). Troisièmement, les valeurs de R^2 sont beaucoup plus inférieures à celles obtenues par Schmookler (1966). Quatrièmement, les régressions logarithmiques (équations 2, 4 et 6) indiquent que les relations linéaires observées par Schmookler ne peuvent pas êtres soutenues dans l'échantillon de Scherer (1982).

$$PC_j = \underset{(.)}{-0.8} + \underset{(0.013)}{0.228} \cdot I_{74j} \qquad R^2 = 0.544 \;;\; N=245 \qquad (1)$$

$$\log(PC_j) = \underset{(.)}{-0.1} + \underset{(0.060)}{0.686} \cdot \log(I_{74j}) \qquad R^2 = 0.382 \;;\; N=214 \qquad (2)$$

$$PM_j = \underset{(.)}{7.2} + \underset{(0.00043)}{0.00278} \cdot M_{74j} \qquad R^2 = 0.149 \;;\; N=245 \qquad (3)$$

$$\log(PM_j) = \underset{(.)}{-0.5} + \underset{(0.080)}{0.443} \cdot \log(M_{74j}) \qquad R^2 = 0.153 \;;\; N=173 \qquad (4)$$

$$PM_j = \underset{(.)}{1.4} + \underset{(0.00087)}{0.000673} \cdot V_{74j} \qquad R^2 = 0.197 \;;\; N=245 \qquad (5)$$

$$\log(PM_j) = \underset{(.)}{-0.9} + \underset{(0.092)}{0.588} \cdot \log(V_{74j}) \qquad R^2 = 0.194 \;;\; N=173 \qquad (6)$$

Ecart-type des coefficients entre parenthèses

Valeurs en millions de US$

Autres aspects de régressions étudiés par Scherer (1982) consistaient à considérer deux groupes de brevets de biens d'équipements : les inventions qui sont des procédés internes pour leurs inventeurs (industries d'origine), et celles qui sont des produits pour l'industrie d'origines mais des procédés pour leurs utilisateurs (industries utilisatrices). En d'autres termes, il s'agit d'étudier les hypothèses de Schmookler (1966) sur les marchés intra-firmes (inventions de procédés) et inter-industrie (inventions de produits). Ce dernier marché pourrait fonctionner plus efficacement que le premier selon l'intuition de Scherer. Pour explorer cette possibilité, Scherer a scindé son échantillon de brevets de bien d'équipement en deux parties : procédés utilisés en interne PCI_j (où industrie utilisatrice j = industrie d'origine *i)* et produits vendus en externe PCE_j (où $j \neq i$).

Les équations 7 et 8 indiquent des valeurs légèrement plus élevées de R^2 pour les produits vendus en externe (0.578) que pour les procédés vendus en interne (0.435). Scherer conclut que les marchés externes sont au moins aussi sensibles aux stimuli économiques en provenance de la demande que les marchés internes.

With Capital Goods Inventions Subdivided

$$PCI_j = \underset{(.)}{-0.7} + \underset{(0.126)}{0.1719} \cdot I_{74j} \qquad R^2 = 0.435 \;;\; N=245 \qquad (7)$$

$$PCE_j = \underset{(.)}{-0.2} + \underset{(0.126)}{0.0562} \cdot I_{74j} \qquad R^2 = 0.578 \;;\; N=245 \qquad (8)$$

Ecart-type des coefficients entre parenthèses

Scherer pense que l'impulsion par la demande peut se manifester par d'autres manières autres que le niveau d'investissements des industries utilisatrices. Pour lui, la profitabilité peut être expliquée en partie par les variations de la production des industries utilisatrices. Aussi, Scherer avance que le dépôt de brevets de biens d'équipement à intensité capitalistique (Labor-Saving) peut être stimulé par des augmentations exceptionnellement rapides des salaires dans les industries utilisatrices.

Pour évaluer la première hypothèse, Scherer utilise le taux de variations entre 1967 et 1972 de la production réelle ΔQ_j de l'industrie utilisatrice j. Pour examiner la seconde hypothèse, il utilise le taux de variation entre 1968 et 1973 de salaires ΔW_j payés heure-homme[51] de l'industrie utilisatrice j.

Économétriquement, Scherer cherche à expliquer le nombre de brevets de biens d'équipement utilisés dans l'industrie utilisatrice par ces deux variables, définies plus haut, en contrôlant le niveau d'investissement de l'année.

$$PC_{wj} = \underset{(.)}{22.9} + \underset{(0.014)}{0.229} \cdot I_{74j} + \underset{(0.090)}{0.271} \cdot \Delta Q_j - \underset{(0.468)}{0.828} \cdot \Delta W_j \qquad R^2 = 0.567 \;;\; N=245 \qquad (9)$$

Ecart-type des coefficients entre parenthèses

Les résultats de l'équation 9, montrent que les variations de la production réelle semblent avoir un impact positif et très significatif. En revanche, les variations de salaires présentent un signe paradoxalement négatif mais non significatif.

Analogiquement, Scherrer a exploré la même relation pour les matériaux industriels (équation 10). La aussi les variations de la production réelle ont un effet positif et très significatif. Les variations de salaires semblent avoir le bon signe mais n'est pas significatif.

$$PM_{wj} = \underset{(.)}{2.9} + \underset{(0.00043)}{0.00272} \cdot M_{74j} + \underset{(0.054)}{0.168} \cdot \Delta Q_j + \underset{(0.276)}{0.024} \cdot \Delta W_j \qquad R^2 = 0.182 \;\; ; \;\; N=245 \qquad (10)$$

Ecart-type des coefficients entre parenthèses

Scherer (1982) conclut que les variations de la production réelle dans une industrie utilisatrice engendrent, de façon décalée dans le temps, des stimuli économiques additionnels mais modestes en faveur des activités d'invention au-dessus des niveaux actuels de la demande. En revanche, il confirme qu'aucun effet stimulant n'est détecté pour des augmentations rapides de salaires dans les industries utilisatrices.

Finalement, Scherer (1982) a procédé à une classification des industries en 7 groupes selon la richesse de leurs connaissances :

- Chimie organique
- Autres produits chimiques
- Systèmes et dispositifs électroniques
- Autres équipements électriques
- Métallurgie
- industries avec des technologies *traditionnelles* (telles que le raffinage, le textile et le ciment)
- Industries avec des technologies mécaniques

Ensuite, il a introduit des variables indicatrices de ces 7 industries dans les équations précédentes 7 et 8 afin de tester si ces variables muettes vont significativement modifier la pente de référence, c'est-à-dire mettre en évidences les différences en termes d'opportunités technologiques. Ainsi, il estime l'équation suivante :

$$P_i = \underset{(.)}{30.1} + \underset{(0.0014)}{0.0116} \cdot S_{Base} - \underset{(0.0039)}{0.0154} \cdot S_{Traditional} + \underset{(0.0044)}{0.0721} \cdot S_{Organic} - \underset{(0.0017)}{0.0018} \cdot S_{Other\ Chemicals}$$
$$+ \underset{(0.0046)}{0.0837} \cdot S_{Electronics} + \underset{(0.0164)}{0.0452} \cdot S_{Electrical} - \underset{(0.0026)}{0.0071} \cdot S_{Metallurgical} \qquad (11)$$
$$R^2 = 0.809 \;\; ; \;\; N=241$$

Ecart-type des coefficients entre parenthèses

Scherer a réussi, avec cette méthode simple, à mettre en évidence l'importance des différences en termes d'opportunités technologiques car la part de la variance expliquée du dépôt de brevets est passée de 24 % (avec une seule variable représentant les ventes de l'industrie d'origine) à 81 %. Clairement, pour Scherer, les différences en termes d'opportunités

technologiques jouent systématiquement un grand rôle dans la capacité d'inventer. Plus explicitement, les coefficients des pentes pour les technologies de la chimie organique et l'électronique sont positivement très significatifs. En revanche, ceux des technologies traditionnelles et métallurgiques sont significativement négatifs indiquant qu'il y a moins de brevets par millions de US$ de ventes par rapport aux technologies précédentes.

En guise de conclusion sur l'analyse de Scherer (1982), ses résultats montrent que les hypothèses de Schmookler (1966) concernant le rôle déterminant de la demande sur la production inventive ne sont validées que partiellement lorsque l'on considère tous les secteurs de l'industrie manufacturière et que les brevets de matériaux industriels font l'objet d'analyse. Toutefois, pour les brevets de biens d'équipement, les résultats valident la théorie de Schmookler (1966).

Bien quelles sont plus faible que celles obtenues par Schmookler (1966), les corrélations entre le nombre de brevets de biens d'équipement et l'investissement de l'industrie utilisatrice sont significativement persistantes non seulement pour les inventions intra-firme, mais également pour les inventions inter-industrie. Les marchés des technologies fonctionnent, intérieurement et extérieurement, en transmettent les stimuli économiques en provenance de la demande.

L'impulsion par la demande et les différences en termes d'opportunités technologiques, qui déterminent spécifiquement les industries dans lesquelles les activités inventives seront concentrées, peuvent être des instruments de politiques économiques et technologiques.

2.3. L'étude de Kleinknecht et Verspagen(1990)

On a vu que pour Schmookler le brevet est une fonction de la demande effective[48]. Kleinknecht et Verspagen (1990) ont essayé de reconsidérer la thèse de Schmookler en réexaminant sa base de données pour déterminer le sens de la causalité entre les indicateurs de la demande et ceux de l'innovation.

Ils se sont posés la question suivante : *Est ce que vraiment l'invention est une fonction de la demande effective ?* Leur doute est alimenté par deux remarques pertinentes. Premièrement, on n'est pas très sûr qu'une fluctuation de la demande entraînera forcement une fluctuation dans les activités d'innovation (R&D ou Brevets). Deuxièmement, il se peut qu'il ait un décalage temporel non négligeable entre invention et demande de brevets. En somme, la causalité entre demande et innovation est plutôt réciproque. En d'autres termes, les deux

[48] Le concept « Demand-Pull » est entendu comme « Need-Pull », selon les propos de Schmookler (1966).

modèles du changement technologique sont complémentaires et non pas mutuellement exclusifs.

La littérature néo-schumpetérienne, notamment Walsh (1984), illustre bien ces résultats en montrant que le poids des deux approches varie en fonction du cycle de vie de l'industrie et du type d'innovation. Ainsi, à la première phase du cycle de vie la « Technology-Push » peut être très importante pour des avancés importantes en innovation. Alors que la « Demand-Pull » s'avère plus fatale pour des innovations incrémentales de produits ou de procédés.

Kleinknecht et Verspagen (1990), en réexaminant les corrélations entre investissements et brevets, estimées par Schmookler, trouvent que ces associations étaient très fortes avec des valeurs allant de 0.922 à 0.958 et expliquent cela par la non prise en considération de l'effet taille des secteurs. En procédant à une correction de cet effet, ils ont trouvé des corrélations plus petites (0.550 à 0.838). Pour eux, Schmookler conclut trop hâtivement que la causalité va de l'investissement vers l'invention. Ainsi, les hypothèses de Schmookler n'ont pas pu être vérifiées sur sa propre base de données comme le montrent les résultats ci-dessous.

Demand-Pull

$$\Delta P_{41-49} = \underset{(-0.822)}{-2.640} + \underset{(0.977)}{0.458}\cdot \Delta I_{39-47} \qquad R^2 = 0.000 \;;\; N=20$$

$$\Delta P_{42-49} = \underset{(0.404)}{4.160} - \underset{(-0.452)}{0.551}\cdot \Delta I_{39-47} \qquad R^2 = 0.000 \;;\; N=20$$

$$\Delta P_{44-49} = \underset{(0.087)}{3.100} - \underset{(-0.007)}{0.041}\cdot \Delta I_{39-47} \qquad R^2 = 0.000 \;;\; N=20$$

t-Student entre parenthèses

Technolyogy-Push

$$\Delta I_{39-47} = \underset{(42.096)}{5.650} + \underset{(1.705)}{0.055}\cdot \Delta P_{37-49} \qquad R^2 = 0.091 \;;\; N=20$$

$$\Delta I_{39-47} = \underset{(54.941)}{5.690} + \underset{(1.584)}{0.066}\cdot \Delta P_{37-41} \qquad R^2 = 0.074 \;;\; N=20$$

$$\Delta I_{39-47} = \underset{(44.920)}{5.770} + \underset{(1.921)}{0.073}\cdot \Delta P_{37-42} \qquad R^2 = 0.124 \;;\; N=20$$

t-Student entre parenthèses

Avec $\Delta P_{\_\_}$ et $\Delta I_{\_\_}$ étant les taux de croissance annuels moyens des logs du nombre de brevets et d'investissements respectivement pour les différentes périodes calculées.

Les auteurs ont testé les hypothèses de Schmookler dans l'industrie manufacturière hollandaise. Leurs données couvrent deux périodes 1981-1985 et 1980-1986 pour 46 industries. Ils utilisent deux variables : le chiffre d'affaires (CA) observé sur la période 1981-

1985 et l'investissement en R&D (IRD) observé sur la période 1980-1986. Les données de Kleinknecht et Verspagen (1990) présentent deux avantages par rapport aux données de Schmookler (1966) : un nombre représentatif de toute l'industrie manufacturière hollandaise (46 secteurs contre seulement 20) et un niveau microéconomique plus fin. Les résultats sont les suivants.

Demand-Pull

$$IRD_{83} = \underset{(5.411)}{2.310} + \underset{(2.594)}{0.113} \cdot CA_{81-83} \qquad R^2 = 0.113 \;\; ; \;\; N=46$$

$$IRD_{83} = \underset{(4.872)}{2.580} + \underset{(2.939)}{0.135} \cdot CA_{82-83} \qquad R^2 = 0.114 \;\; ; \;\; N=46$$

t-Student entre parenthèses

Technology-Push

$$CA_{83-84} = \underset{(0.999)}{2.380} + \underset{(2.341)}{1.748} \cdot IRD_{83} \qquad R^2 = 0.092 \;\; ; \;\; N=46$$

$$CA_{83-85} = \underset{(3.239)}{9.050} + \underset{(2.491)}{2.184} \cdot IRD_{83} \qquad R^2 = 0.106 \;\; ; \;\; N=46$$

t-Student entre parenthèses

Kleinknecht et Verspagen (1990) concluent ainsi que la réalité empirique des hypothèses de type « Technology-Push » est aussi forte que celles de type « Demand-Pull ». En somme, la thèse unidirectionnelle de la causalité technologique de Schmookler (1966) ne permet pas d'expliquer avec pertinence la réalité complexe du changement technologique.

3. Approche mixte : le déterminisme des interactions entre marché et technologie dans les approches de type Kline-Rosenberg (1986)

D'après la définition même des activités de développement expérimental du Manuel de Frascati, des connaissances peuvent venir de l'expérience pratique provenant de la conception, de la production, du marketing, de l'interaction entre les hommes, entre les employés et les machines ou encore entre le personnel et l'environnement externe de l'entreprise. Ce sont ces relations qui fondent la croissance de l'entreprise. Le modèle de liaisons en chaîne de Kline et Rosenberg (1986) traduit bien cet aspect systémique et cognitif

d'une entreprise. En effet, pour produire les connaissances nécessaires pour solutionner un problème, les individus doivent puiser dans un stock de connaissances ou faire appel à l'équipe de recherche si le niveau de connaissances se révèle insuffisant. Ce processus repose sur la capacité de la firme à communiquer, à échanger des informations entre les différents membres qui composent son organisation quelle que soit leur distance fonctionnelle ou géographique et son environnement. Ces interactions entre individus sont le passage obligé pour maintenir des processus d'apprentissage variés et permanents qui sont à la base de la mobilité d'activité de l'entreprise (réactivité ou pro-activité selon le mode de positionnement concurrentiel choisi).

Ainsi chaque pas effectué en matière d'innovation rend le suivant plus facile. L'accumulation des connaissances crée, par combinaison et recombinaison, de la valeur qui se situe au niveau de la firme elle même. Ce point est souligné par certains auteurs de la théorie évolutionniste de l'innovation de type Dosi (2000). La firme, par des apprentissages individuels et collectifs, renforce ainsi son potentiel d'identification des connaissances pertinentes pour une utilisation future, d'absorption de la connaissance externe, de création, d'évaluation et de compréhension des technologies existantes et son potentiel de transfert de connaissance de la recherche vers la phase de développement (Brockhoff, 1995).

Le processus d'innovation ainsi défini est également vecteur de plus-value sociale. Il donne de la valeur à la ressource humaine. C'est ce qu'on appelle communément le savoir-faire individuel ou l'expérience tout simplement. Il repose principalement sur l'apprentissage par la pratique. Toutefois, cette valeur, indissociable de l'individu, est difficilement mesurable car une majorité de ces savoirs accumulés consiste en des connaissances tacites, très difficilement formalisables.

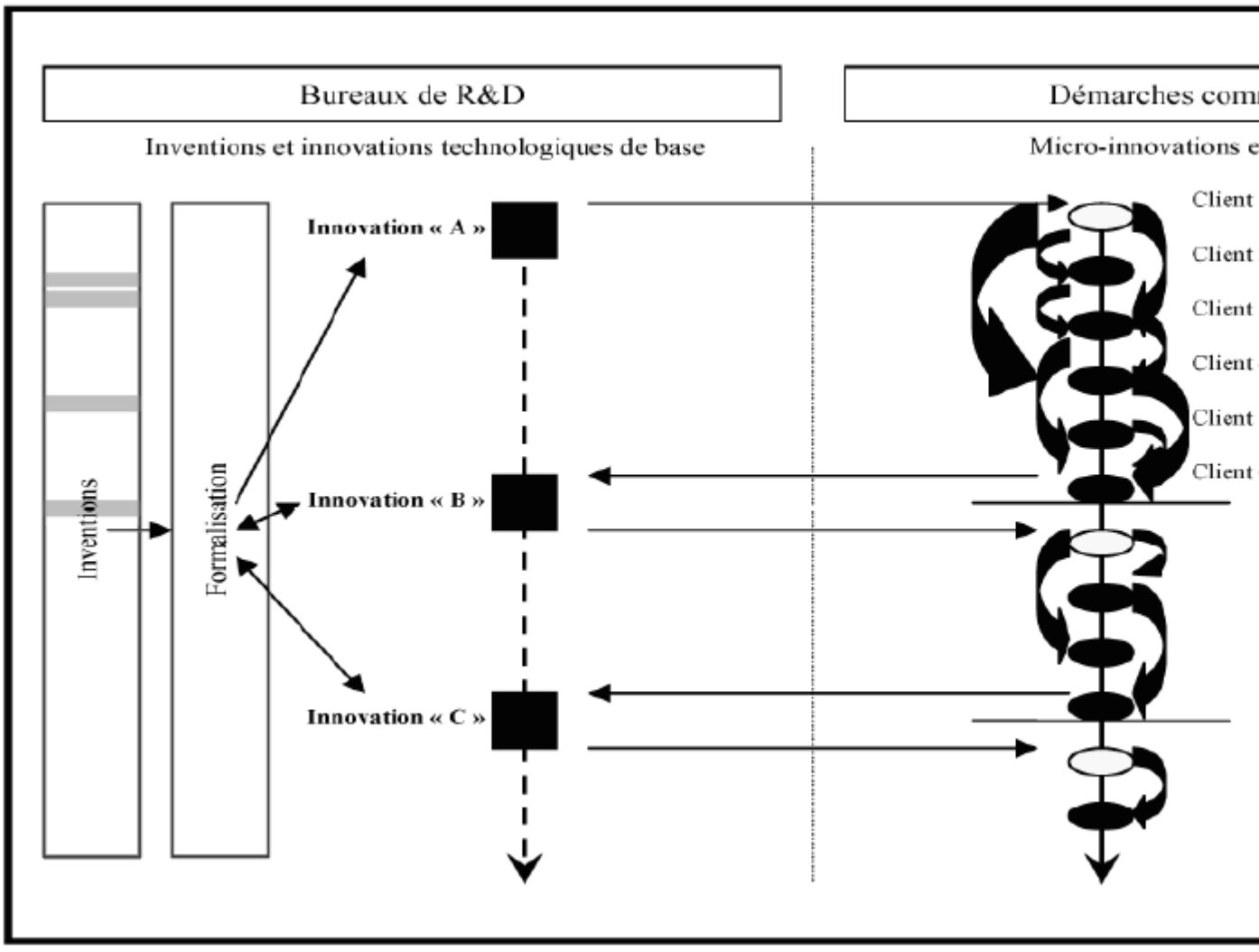
Par ailleurs, les connaissances produites au cours d'un projet d'innovation peuvent avoir une utilité plus ou moins immédiate, selon qu'elles serviront à orienter ou réorienter le projet, ou qu'elles seront activées dans le temps pour d'autres projets. Ainsi, la valeur de la connaissance ne peut pas toujours être évaluée dès sa révélation. De ce fait, même un processus d'innovation ayant essuyé un échec doit alors être considéré comme un acte positif en matière d'accumulation de connaissances.

L'OCDE définit l'innovation technologique en tant qu'« *ensemble des démarches scientifiques, technologiques, organisationnelles, financières et commerciales, y compris l'investissement dans de nouvelles connaissances, qui mènent ou visent à mener à la réalisation de produits et procédés technologiquement nouveaux ou améliorés* » Manuel de

Frascati (2002). Les firmes ont en principe le choix entre deux voies pour se procurer des technologies et de les exploiter après : l'acquisition externe ou le développement interne (R&D). Dans le but de préserver leurs *compétences cœur*, leurs préférences vont plutôt pour la seconde alternative de processus d'innovation. Or, une telle stratégie de développement interne de biens et de ressources intangibles peut également se concevoir différemment en dehors de l'activité pure et stricte de R&D. En effet, Arrow (1962) avait démontré au moyen de sa courbe d'apprentissage que les expériences contribuent à leur tour aux développements de savoir-faire.

Kline et Rosenberg (1986) expliquent que le processus de telles activités de R&D n'évolue pas sur une seule voie linéaire. Selon eux, plusieurs de ces voies, différentes les unes des autres en termes de boucles, coexistent et l'interaction de l'une sur l'autre apporte une réactivité interdépendante et propice au développement (Figure 11).

Figure 11 Le modèle itératif en chaines interconnectées



Le processus d'innovation commence dès lors dans les unités de recherche et développements à travers des inventions. Ces inventions scientifiques encore brutes en tant que concepts, nécessitent d'être développées en vue d'une commercialisation future. Une fois qu'une invention a atteint un stade de développement permettant une telle commercialisation, nous arriverons au point dénommé « Innovation **A »** dans le schéma ci-dessus. Si cette dernière devait être offerte à un « Client **1 »**, les revendications d'une telle attribution spécifique doivent être totalement remplies. L'innovation **A** doit alors être modifiée afin de résulter dans un produit final effectivement offert, à savoir la « Technologie **A1 »**. Il en est de même pour les transformations de cette innovation **A** en vue d'une vente pour d'autres clients.

Les conditions techniques des produits exigent notamment que des technologies soient *taillées sur mesure* pour satisfaire le client. Dès lors on ne peut réellement parler de standardisation des technologies dans les marchés. Bien que l'innovation initiale soit similaire, tout client met l'accent sur d'autres caractéristiques techniques. Confrontée à ces exigences, la firme doit être en mesure de proposer des solutions alternatives au risque de perdre le marché. Dans le schéma ci-dessus, on passe de l'innovation **A** à l'innovation **B** afin de recommencer le nouveau cycle. Dès lors, la technologie **A** est légèrement différente dans toutes les applications pour les clients **A1--A6**, alors que, toujours basée sur l'innovation **A** initiale (on parle de micro-innovations). Ceci dit, une consolidation vers une nouvelle technologique (« Innovation **B »**) peut également s'envisager par suite à des raisonnements purement de marketing. Il n'est pas rare en effet qu'une telle étape soit déclenchée comme réaction au lancement d'une innovation par la concurrence[49].

En définitive, l'approche du processus d'innovation des firmes est de ce fait souvent réactive, notamment vis-à-vis des demandes ou exigences des clients ou alors vis-à-vis des stratégies des concurrents. Dans le premier cas, les réactions des utilisateurs de technologies apportent les idées ou donnent la direction aux innovations (on parle de « Demand-Pull » locale). L'alternance entre les bureaux d'études et le personnel en contact avec les clients formalise alors les innovations. Dans le deuxième cas, en cas de réaction à la concurrence, l'entreprise agit par nécessité commerciale, d'image, de développement technologique et même de survie (on parle de « Technology-Push » locale).

Ce processus d'innovation témoigne que la majorité des innovations technologiques se voient ainsi « *provoquées* » par la demande et non créées par l'offre. Ce phénomène spécifique peut

[49] On est dans un schéma évolutionniste, déjà discuté dans le chapitre I, de la relation entre structure de marché et incitation à innover.

également être expliqué par le fait que les firmes n'utilisent pas leurs propres technologies en tant qu'application industrielle. Ce sont donc de fait les clients qui savent apprécier le mieux les points forts et les faiblesses des innovations et technologies. Ainsi, l'innovation technologique se réalise sur trois niveaux :

- dans les unités de R&D en ce qui concerne les démarches essentiellement scientifiques et technologiques
- sur le plan commercial en coopération avec les clients
- et finalement sur le plan de la gestion en ce qui concerne la partie organisationnelle et financière.

4. Discussion et élargissement du cadre d'analyse

La question examinée dans ce chapitre est celle des facteurs qui déterminent l'innovation. C'est évidemment une question complexe dont nous n'avons traité ici que quelques aspects. On a retenu deux facteurs relatifs respectivement à la technologie et à la demande selon que l'impulsion de l'innovation est considérée provenir principalement des opportunités technologiques (« Technology-Push ») ou de l'impulsion de la demande (« Demand-Pull »). Les opportunités technologiques d'un secteur représentent le potentiel de progrès technique que cache l'activité correspondante.

4.1. La place des opportunités technologiques

Cette notion importante indique qu'un euro investi en recherche ne conduit pas nécessairement au même niveau de gain de productivité selon le potentiel technologique de l'activité où il est investi[50].

Sur le plan de la modélisation, les opportunités technologiques d'un secteur sont le plus souvent traitées sous une forme réduite qui postule une relation entre l'intensité des opportunités technologiques et les variables mesurant le rythme du progrès technique comme le taux de hasard des découvertes ou la date de succès d'une innovation ou encore la valeur absolue de l'élasticité de la fonction de coût par rapport aux dépenses de R&D. On postule

[50] Sur la notion d'opportunités technologiques et ses implications voir (Dosi *et al.*, 1988, Dosi, 1997, 2000).

ainsi que le taux de hasard est d'autant plus élevé, la date de succès d'autant plus avancée, et l'élasticité de la fonction de coût d'autant plus forte que les opportunités technologiques d'une activité sont élevées. Tous les résultats des modèles précédents sont ainsi affectés de manière triviale par le paramètre d'opportunités technologiques.

L'intérêt du concept provient du fait que les opportunités technologiques ne dépendent pas seulement des lois de la nature mais également de l'histoire passée en termes d'accumulation de connaissances de base et d'innovations technologiques. Les opportunités technologiques dépendent ainsi d'un large ensemble de facteurs, comme le niveau d'avancement des connaissances de base, leur degré de diffusion et de réception par l'industrie, la vitesse d'adoption des nouvelles technologies et des nouveaux produits, les sources d'information utilisées dans le processus d'innovation et les réseaux de relations que les firmes tissent entre elles et avec les laboratoires de recherche pour concevoir et développer leurs innovations. Ces relations très complexes servent de support à la réflexion des pouvoirs publics pour les politiques technologiques de support à l'innovation. La nature des activités présentant les opportunités technologiques les plus fortes varie fortement en longue période. Ceci se traduit par des inflexions temporelles de ce que sont les industries clés à tel ou tel moment de l'histoire.

Enfin, la notion d'opportunités technologiques n'est pas sans lien avec le concept de *technologies génériques* ou encore de *technologies* à *usage généralisé* qui correspondent, selon le vocable introduit par Brenahan et Trajtenberg (1995), aux *General Purpose Technologies* (GPT). Une innovation majeure est qualifiée de GPT si elle a un potentiel d'utilisation dans un grand nombre de secteurs et si elle change de manière notable la manière dont ceux-ci fonctionnent. Par exemple, dans la phase contemporaine, les gains de productivité issus des Sciences des Technologies de l'Information et de la Communication (STIC) se propagent à tous les secteurs de l'industrie et des services et sont à l'origine de changements organisationnels importants dans les firmes, tant en termes d'organisation du travail qu'en termes de fonction de conception ou de commercialisation.

La notion de *technologie générique* donne ainsi du sens à la notion de complémentarités intersectorielles de l'innovation. La productivité de la recherche dans un secteur est d'autant plus élevée que le secteur s'est d'autant mieux adapté aux modes d'organisation qu'implique la technologie générique. Réciproquement, le rythme de la R&D dans les secteurs utilisateurs accroît à son tour le rythme de progrès technique de la technologie générique. La notion d'opportunités technologiques est riche sur le plan conceptuel, son appréhension au niveau

empirique reste difficile. Certains travaux utilisent des classes d'opportunités technologiques fondées sur le nombre de brevets déposés.

En croisant cette information avec celle liée à l'intensité de l'activité d'innovation des firmes, une certaine hétérogénéité interbranche et intra-branche apparaît. D'une part, de fortes disparités existent entre les branches depuis celles à haut niveau d'opportunités technologiques (Aéronautique, la Pharmacie, les biens d'équipement professionnels), jusqu'à celles à faible niveau d'opportunités technologiques (Industrie du Bois et Ameublement, Papier et Carton, Textile et Habillement, Matériaux de construction.). D'autre part, au sein de ces deux types de branches, de fortes disparités en matière de capacités d'innovation existent entre les firmes. Les branches à faibles opportunités technologiques comportent une proportion significative de firmes fortement innovantes et celles à fortes opportunités technologiques ne sont pas exemptes de firmes ne consacrant aucun effort significatif à la R&D. Ces résultats laissent donc penser que l'activité d'innovation d'une firme ne dépend pas seulement du déterminisme technologique de sa branche d'appartenance. Mais, il n'en reste pas moins que sur le plan économétrique de l'explication des performances individuelles des firmes, la prise en compte de la variable *opportunités technologiques* conduit à des effets significatifs et importants[51].

L'accent mis sur les opportunités technologiques à l'origine des innovations est parfois contrebalancé par les impulsions nées de la demande (« Demand-Pull »). Selon Schmookler (1966), on a vu que c'est la demande qui joue le rôle déterminant pour expliquer à la fois l'intensité et la direction de l'activité d'innovation des firmes. Deux prémisses fondent son analyse. D'une part, la capacité d'innovation est largement répandue au sein des firmes et celles-ci s'adaptent aux opportunités de profit d'où qu'elles viennent. D'autre part, la taille d'un marché existant ou potentiel joue un rôle important dans l'orientation des innovations. Plus cette taille est élevée, plus l'innovation se dirige vers le marché correspondant, en partie parce que le profit d'une innovation croît avec la taille du marché et, en partie parce que les chances de succès augmentent avec le nombre d'innovateurs potentiels sur le marché. Pour illustrer, ce serait parce que la demande de thérapie génétique s'accroît que les laboratoires pharmaceutiques réorientent actuellement leurs recherche en ce domaine.

La thèse de Schmookler reste très intéressante dans la mesure où elle ne nie pas l'importance des opportunités technologiques comme impulsion de l'innovation, mais elle montre que les équipements issus des innovations dans les industries à fortes opportunités technologiques

[51] Voir Barlet *et al.*, 1998.

(secteurs d'origine) ont tendance à être adoptés ultérieurement essentiellement dans les secteurs où la demande est la plus élevée (secteurs utilisateurs). Sa thèse suggère en fait que les innovations technologiques se diffusent dynamiquement, au travers d'une sorte de *matrice de passage* en termes d'échanges interindustriels, allant des industries d'origine où la base technologique en termes de connaissances et d'opportunités est forte, aux industries utilisatrices qui sont celles où la demande est élevée.

Cette vision est intéressante, mais elle reste difficile à tester car il faut pouvoir identifier le secteur d'origine et le secteur utilisateur de chaque innovation. Un travail empirique[52] important est réalisé par Scherer (1982) dans cette direction.

4.2. Les critiques au modèle « Demand-Pull »

Le modèle « Demand-Pull » a subit plusieurs critiques, notamment celles de Mowery et Rosenberg (1979), Walsh (1984), Scherer (1982) et de Kleinknecht et Verspagen (1990).

- Même si les résultats de Scherer (1982) relativisent en quelque sorte la thèse de Schmookler, ils ne l'invalident pas totalement. Cependant, ses résultats ne dénient pas l'importance des opportunités technologiques pour stimuler l'innovation.
- La proposition qui consiste à dire que c'est le marché qui tire l'innovation est réductionniste dans la mesure où l'entrepreneur ne mettra jamais en œuvre une innovation dont il sait à l'avance qu'elle ne peut être rentable.
- Dans certains cas, l'innovation (surtout si elle est drastique) se développe en créant une demande et des marchés, et non pas en satisfaisant une demande préexistante. Les micro-ordinateurs constituent sans doute l'illustration la plus classique de ce phénomène d'inversion de la filière au sens de Galbraith (1958).
- Une importante difficulté réside dans l'incapacité de distinguer clairement entre « besoin » et « demande » car *« le concept de demande utilisé dans beaucoup de ces travaux est un concept très vague, souvent si large qu'il peut englober virtuellement tous les déterminants possibles du processus d'innovation et par conséquent écarter presque toutes les autres influences* » Rosenberg, 1982, p. 194.

Des études basées sur l'examen d'un grand nombre d'innovations dans différents domaines industriels montrent que c'est la perception d'une demande qui constitue le facteur le plus

[52] Voir section 2.2.2 de ce chapitre pour une présentation complète de cette étude.

déterminant du processus d'innovation et non pas les possibilités offertes par la technologie elle-même. Ainsi, Mowery et Rosenberg (1982) font référence à une douzaine d'études importantes, réalisées notamment aux États-Unis et en Grande Bretagne. Une analyse poussée de ces travaux les mène à conclure que les études précitées n'arrivent pas à prouver leurs hypothèses, en raison notamment de la faiblesse du cadre conceptuel de référence. Spécialement en ce qui concerne une définition précise de la notion de demande.

Selon Mowery et Rosenberg (1982), la demande est parfois définie en englobant la demande courante aussi bien que la demande potentielle, ce qui enlève toute signification efficace à la notion de demande du marché. Lorsqu'on parle de besoin, on ne fournit pas de définition à ce terme. Or, ce dernier ne peut pas être assimilé à la demande. Parfois encore, on confond le rôle de la demande dans l'invention avec celui qu'elle exerce dans les innovations d'intérêt commercial. C'est le cas de Schmookler, qui concentre son analyse sur les inventions et non pas sur les innovations réussies. C'est pourquoi il se sert des statistiques des brevets, qui constituent l'un des indicateurs de l'activité d'innovation. De ce fait, au lieu d'expliquer les facteurs qui sous-tendent une innovation réussie, il analyse le rôle de la demande du marché dans l'allocation de ressources allouées à l'activité inventive. Ce que relève Rosenberg (1982) comme une toute autre chose.

Pour Basalla (1988), c'est une erreur d'établir une équivalence entre brevet et invention, étant donné que toutes les inventions ne sont pas brevetées et ne sont pas non plus brevetables. Concernant les inventions brevetées, l'impact économique peut varier considérablement selon le type d'invention. En effet, quelques inventions sont à la base d'activités industrielles entièrement nouvelles, comme les biotechnologies de troisième génération, l'informatique et les nouveaux matériaux, tandis que d'autres ne constituent que des améliorations mineures de produits qui n'ont pas un grand impact économique.

En négligeant l'influence du progrès des connaissances techniques sur l'innovation en faveur de la demande, et en mettant l'accent sur la mesure du niveau d'investissement et le nombre de brevets (inventions brevetées), Schmookler mène à penser que l'existence d'une demande suffit pour résoudre n'importe quel problème technique pour autant qu'une telle solution technique soit profitable. Or, bien que la demande existe pour un certain nombre de problèmes, on n'a pas encore trouvé la solution technique. C'est le cas, par exemple, des sources d'énergie non polluantes et renouvelables, d'une cure pour le SIDA et pour tant d'autres maladies humaines, végétales et animales. C'est aussi ignorer l'impact de nombreuses innovations sur le prix de revient de la fabrication de produits existant ; par

exemple, l'impact de l'informatique sur l'automobile, sur l'industrie de l'habillement et sur les biotechnologies.

C'est la raison pour laquelle certains auteurs (notamment Mowery et Rosenberg, 1982) sont d'avis que l'analyse doit commencer par une définition de la demande. Ce concept, exprimé par le marché, dénote une relation systématique entre les prix et les quantités, résultant d'une multitude de préférences et de revenus des consommateurs. Il doit être clairement distingué de celui de besoin, concept bien plus vaste et imprécis, car provenant des besoins vaguement exprimés et pratiquement illimités de l'être humain.

En l'absence d'une telle définition précise, le concept de la demande utilisé dans ces études lors de l'examen des décisions des firmes individuelles s'avère d'une telle amplitude, qu'il inclut presque tous les déterminants possibles de l'innovation. Sont donc exclues toutes les autres variables qui n'entrent pas dans la catégorie de demande. Dans ces conditions, l'influence de cette dernière apparaît exagérée.

Inversement, les mécanismes variés et complexes provenant des capacités techniques des entreprises et des processus d'apprentissage liés à ces dernières, sont ignorés. En effet, supposer que les signaux émis par la demande du marché sont clairs revient à prétendre que la sélection et l'adaptation des techniques sont une tâche facile, dont les coûts et les efforts sont limités et bien connus et dont les résultats sont parfaitement prévisibles.

L'approche par la demande affronte la même critique portée sur le modèle basé sur l'offre, dans la mesure où il s'agit également d'un modèle linéaire dans lequel la firme est traitée en termes de boîte noire et, par conséquent, de nombreux facteurs sont arbitrairement laissés de côté.

4.3. De nouvelles approches concernant le rôle de la demande sur l'innovation : « Demand for Product » to « Demand for Technology »

Aujourd'hui de nouveaux schémas de relations entre demande et innovation qui s'appuient des micro-mécanismes à travers lesquels la demande pour les produits ou un ensemble de produits (de consommation) peut affecter (améliorer) les technologies sous-jacentes, qu'il s'agissent de technologies de produits comme de technologies de processus. Souvent ils prennent place dans le renouveau des théories évolutionnistes de la croissance mettant au

cœur des schémas explications le coté « demande » (voir en particulier Witt, 2001 et Von Tunzelman, 2002). Par exemple :

- plusieurs analyses ont pointées le rôle crucial tenu par les utilisateurs de technologies. Le « *learning by using* » défini par Rosenberg (1982) montre que l'utilisation d'un produit reposant une technologie complexe peut révéler à long terme des défauts et un manque de fiabilité. Les *feed-backs* en termes d'information des consommateurs qui utilise le produit peuvent stimuler de nouvelles améliorations techniques.
- Récemment Thomke et Von Hippel (2002) ont avancé que dans certains secteurs les firmes donnent aux consommateurs des outils pour concevoir et développer leurs propres produits. Ils considèrent les « *users as innovators* ». Ce processus serait assez typique des secteurs des technologies de l'information. Metcalfe (2001) a tiré des implications théoriques de ce nouveau rôle des consommateurs; les comportements des consommateurs tendent an fait en transformer les opportunités technologiques en nouveaux produits considérés comme « *prêts pour le marché* » (prêts à l'emploi).
- Dans la même veine, Saviotti (2001) notait *« In the case of radical innovations consumers and users are not fully aware the properties and user of the new goods. In these conditions consumers' rationality is limited […] and the process of choice is subject to a great uncertainty, which creates a barrier to the adoption of new goods and services. The barrier to the consumption of a new good can be overcome either by increasing consumers' knowledge or by redesigning the good so as to reduce the barrier. In whatever way knowledge is acquired, demand formation takes place gradually and requires learning… as consumers/users start using it, they will begin to learn the properties of the new product and how it can serve their purposes* ». Ainsi la formation de la demande nécessite un apprentissage qui tend à réduire l'incertitude souvent associé au produit nouveau (ou aux petites améliorations dans le produit).
- Une autre approche avancée par Fontana et Guerzoni (2007) qui considèrent la demande comme ayant un double effet sur l'innovation. D'une part, il y a un « effet incitatif » (*Incentive Effect*) lorsqu'une fois l'innovation est introduite sur le marché, la demande agit comme un multiplicateur sur la marge de l'entreprise. Comme suggéré par Schmookler (1962), l'impact de cet effet est plus fort lorsque le marché est grand et surtout pour les innovations de procédé. D'autre part, il y a un «effet d'incertitude» (*Uncertainty Effect*) lorsque l'introduction de produits améliorés ou radicalement nouveaux et la prévision de leur rythme d'adoption sont difficiles, en raison de

l'incertitude intrinsèque associée à la nouveauté en général. Dans ce contexte, la demande peut tirer l'innovation par «acheminement» vers des connaissances utiles sur les besoins du marché. En réduisant l'incertitude des firmes sur les profits escomptés, la connaissance peut favoriser l'innovation. Cet effet a été mis en évidence d'abord par Myers et Marquis (1969), puis par Von Hippel (1978) et plus récemment, par Herstatt et Von Hippel (1992) et Morrison *et al.* (2000).

- Une dernière approche en vient à considérer la « *demande pour la distinction* » affectant les technologies (Swann, 2001). Le point de départ est l'idée que les consommateurs sont toujours à la recherché de nouvelles caractéristiques qui leur permettent de se distinguer. Telle est la base d'une demande pour la distinction[53]. Swann (2001) prend pour exemple la demande de voiture de prestige. Il montre notamment que les concepteurs sont intéressés à modifier un modèle de voiture si il est devenu trop populaire de manière à offrir un nouveau « *modèle de prestige* » aux consommateurs qui désirent maintenir leur « distinctive position ». Cette tendance pousse les designers à inventer des modèles successifs de prestige modèles pour maintenir la distance entre l'élite et les consommateurs plus populaires. Ainsi les innovations sont destinées à encourager l'élite à acheter de nouveaux produits.

Toutes ces approches sont centrées sur des changements qualitatifs prenant place étapes par étapes dans le processus d'innovation de produit. Elles ne sont pas sans rappeler l'analyse de Lundvall (1988) pour laquelle les agents apprennent par interactions. Évidemment nous sommes encore loin de disposer des données pour mesurer l'ampleur de ces mécanismes, ni des outils économétriques pour en saisir les effets sur la productivité et la croissance (sectorielle ou macroéconomique)

Tous ces travaux montrent bien la pertinence de ces deux approches qui cherchent à expliquer une réalité sectorielle ou macroéconomique très complexe. Il faudrait trouver un cadre permettant de concilier les deux approches. Les travaux de Kleinknecht et Verspagen (1990) constituent une avancée dans cette direction.

[53] Alfred Marshall notait « *Strong as is the desire for variety, it is weak compared with the desire for distinction: a feeling which if we consider its universality, and its constancy, that it affects all men and at all times, that it comes with us from the cradle and never leaves us till we go into the grave, may be pronounced to be the most powerful of human passions*. ».

Une exploitation de la statistique descriptive de la Base de données de l'OCDE : Pays, industries et intensités en R&D

Nous avons présenté dans le chapitre précédent les travaux empiriques de quelques économistes testant les hypothèses de type « Demand-Pull » et de type « Technology-Push ». Nous allons décrire dans ce chapitre, avant de procéder aux tests économétriques (chapitre suivant), les structures des systèmes nationaux de R&D dans les pays de l'OCDE et expliquer comment les activités de production de connaissances sont de plus en plus globalisées et externalisées (section 1). Nous présentations (section 2) quelques chiffres clés sur les activités d'innovation (R&D) et de production (Valeur Ajoutée) calculés à partir de la base de données de l'OCDE-2002 avant de clore ce chapitre sur une classification de l'industrie manufacturière par niveau technologique de type OCDE-1997.

1. De la R&D intégrée à la R&D globalisée

1.1. La place de la R&D dans l'économie nationale

1.1.1. Le cas de la France

Le poids des activités d'innovation dans l'économie peut être principalement apprécié par les moyens et ressources financières qui sont mobilisés pour financer les travaux de recherches et développement. Ainsi, les dépenses globales de R&D sont mesurées en se référant, soit au financement des travaux de R&D, soit à leur exécution par deux grands acteurs économiques : Les administrations[54] et les entreprises publiques et privées. Deux grands indicateurs sont utilisés :

- La dépense nationale de recherche et développement (DNRD) qui correspond au financement par les entreprises ou les administrations françaises[55] des travaux de recherche réalisés en France ou à l'étranger
- La dépense intérieure de recherche et développement (DIRD) qui correspond aux travaux de R&D exécutés sur le territoire national quelle que soit l'origine des fonds.

En 2005, la DNRD s'élève à 37,1 milliards d'euros (Md€) (Figure 12). La forte progression du financement global des travaux de R&D entre 2004 et 2005 (+ 3,9 % en volume) résulte d'une augmentation à la fois du financement des entreprises (+ 5,2 % en volume) et du financement des administrations (+ 2,3 % en volume) (Figure 13).

Figure 12 Le financement et l'exécution de la recherche en 2005

[54] Les administrations désignent ici le secteur de l'État (services ministériels, organismes publics de recherche et autres établissements publics), le secteur de l'enseignement supérieur (universités, grandes écoles, centres hospitaliers universitaires et centres de lutte contre le cancer) et les institutions sans but lucratif (associations, fondations).

[55] Y compris les administrations régionales ou locales.

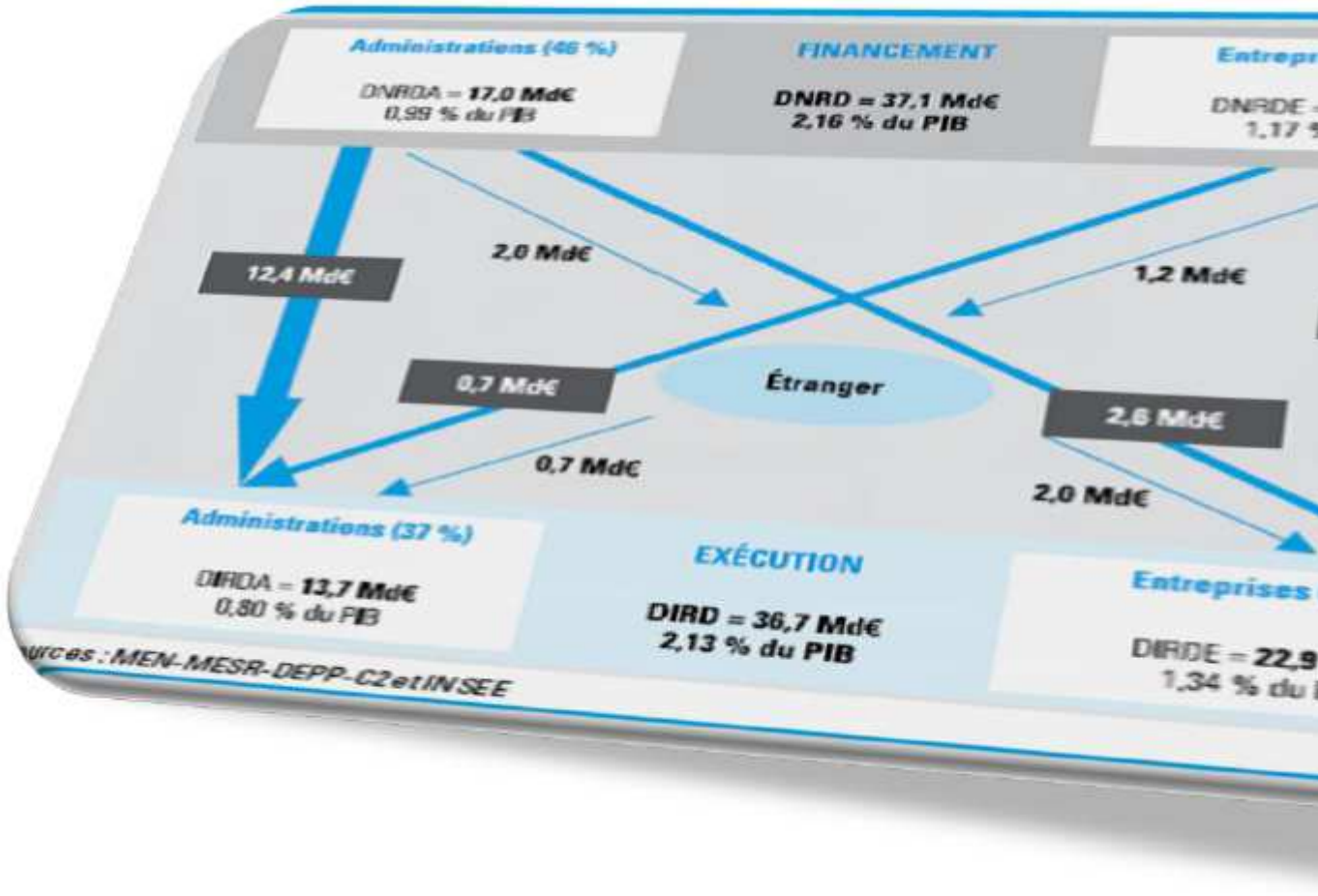
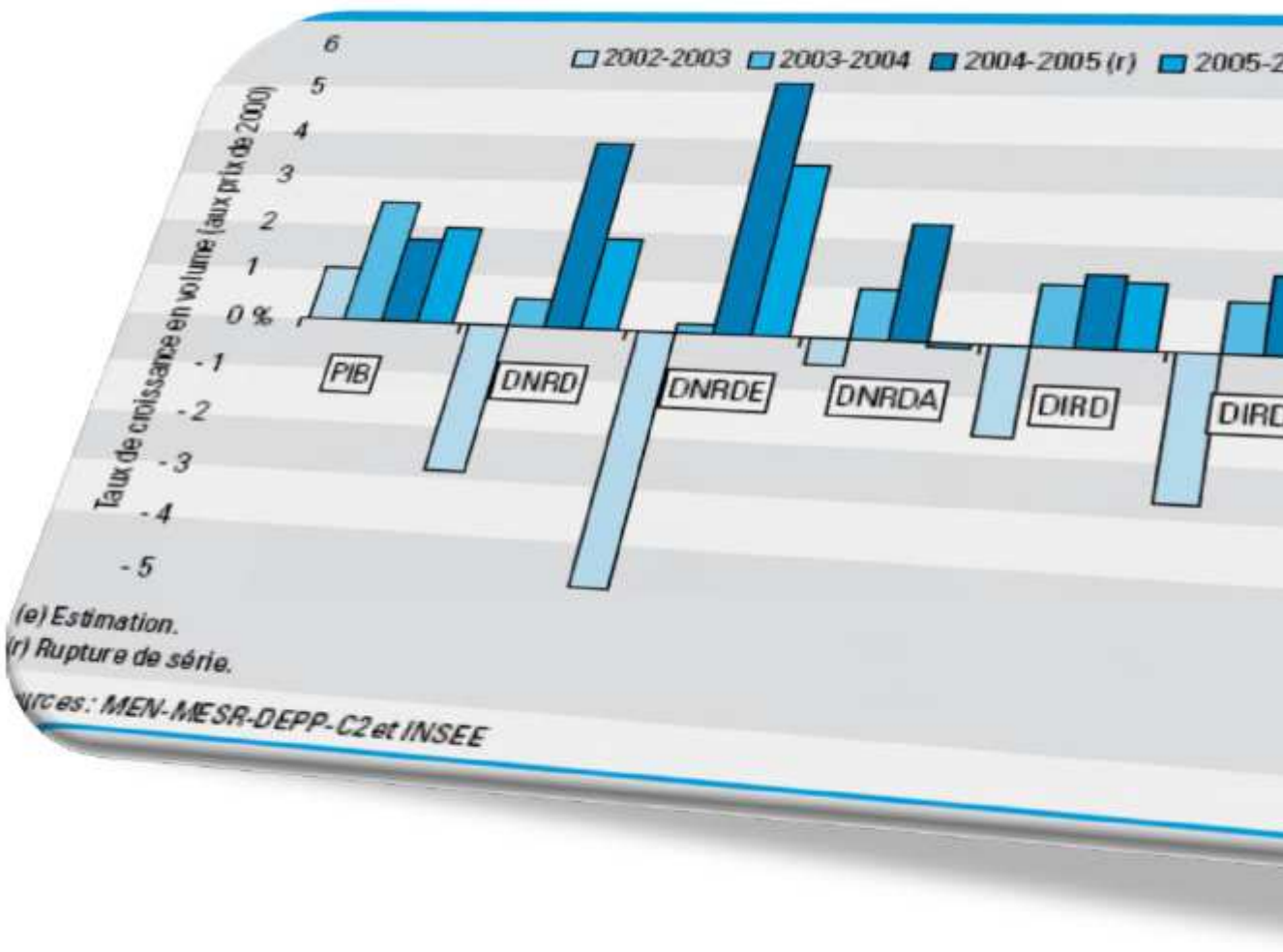


Figure 13 Évolution en volume (%) du PIB et des composantes de la DIRD et de la DNRD



En 2005, la DIRD s'établit à 36,7 Md€. L'augmentation en volume de 1,4 % par rapport à 2004 (Figure 13) résulte d'une progression des travaux de R&D exécutés par les entreprises (+ 1,5 % en volume) et par les administrations (+ 1,2 % en volume).

Dans le secteur privé, l'activité de recherche reste concentrée dans quelques branches industrielles (automobile, pharmacie, équipements de communication et aéronautique) qui exécutent 53 % de la DIRD des entreprises en 2005.

Dans le secteur public, les organismes de recherche (EPST[56] et EPIC[57]) exécutent 53 % de la DIRD des administrations en 2005.

[56] **E**tablissements **P**ublics à caractère **S**cientifique et **T**echnologique.

[57] **E**tablissements **P**ublics à caractère **I**ndustriel et **C**ommercial

1.1.2. Le cas des pays de l'OCDE

Le Tableau 1 montre que la part des dépenses de R&D dans le PIB pour 2003 varie d'un pays à l'autre avec une dominance des pays nordiques du Japon : Suède (3.98 %), Finlande (3.49 %), Japon (3.15 %), USA (2.60 %), Allemagne (2.55 %) et la France (2.19 %).

La part du financement public est en recul par rapport aux années 1980 passant de 45 % en 1981 à 30.48 % en 2003 pour le Total OCDE. Ce recul est général à l'exception de l'Italie où l'Etat finance encore prés de 51 %. Les entreprises deviennent le lieu principal des activités de R&D. Dans l'ensemble, elles réalisent près de 62 % de la R&D, avec un maximum de 74.52 % au Japon, 70 % en Finlande, 66.12 % en Allemagne et 52.11 % en France. Les DIRD par habitant varient considérablement d'un pays à l'autre. Pour le Suède on trouve 1150 US$, en France 610 US$ et en Italie 305 US$.

Tableau 1 Dépenses de R&D – 2003 –

Pays	Dépenses intérieures brutes de R&D (DIRD)				Dépenses de R&D des entreprises (DIRDE)			
	% PIB	% financées par		Par habitant aux prix courants US$ (PPA)	% DIRD	% de la valeur ajoutée des branches marchandes	% financées par	
		l'État	l'industrie				l'État	l'industrie
Allemagne	2.55	31.14	66.12	692	69.8	2.55	6.1	91.3
Canada	1.94	34.50	47.52	592	53.00	1.38	2.6	83
États-Unis	2.60	31.20	63.11	978	68.90	2.56	10	90.0
Finlande	3.49	25.72	70.00	995	70.5	3.68	3.3	95.8
France	2.19	38.36	52.11	610	62.3	2.02	10.3	79.4
Italie	1.16	50.80	43.00	305	48.30	0.78	12.2	77.4
Japon	3.15	17.69	74.52	893	75.00	3.16	0.8	98.1
Norvège	1.75	41.91	49.23	646	57.5	1.49	10.4	80.7
Pays-Bas	1.80	37.06	50.01	539	56.70	1.5	4.3	80.3
Royaume-Uni	1.89	31.29	43.9	564	65.7	1.83	10.9	63.1
Suède	3.98	23.45	64.97	1150	74.1	4.71	5.9	85.9
G7	2.47	29.81	62.52	791	68.4	2.39	7.5	89.3
UE15	1.95	34.18	55.07	532	64.2	1.82	7.3	82.0
UE25	1.85	34.84	54.51	463	63.4	1.7	7.3	82.0
Total	2.24	30.48	61.61	589	67.3	2.14	7.2	88.9

Source : Principaux indicateurs de la science et de la technologie, OCDE, 2005

La recherche est une activité inégalement distribuée d'un secteur à l'autre et d'un niveau technologique à l'autre. Le Tableau 2 montre que la part des dépenses de R&D des entreprises exécutées dans la haute technologie, principalement dans les industries aérospatiale et pharmaceutique, varie entre un minimum de 30.3 % en Allemagne et un maximum de 55.7 % en Finlande. La part de la France est de 44.5 % (supérieure à la moyenne des G7 qui est de 38.4 %). La position de l'Allemagne est dominante pour les industries à moyenne-haute technologie, principalement dans les industries automobiles et chimiques, avec 53.6 % suivi du Japon avec 37.9 %. En ce qui concerne la France cette part est de 28.7 %.

Une telle croissance nécessite des travailleurs ayant un niveau d'instruction élevé avec des compétences très spécifiques. Les chercheurs constituent un ensemble particulièrement important de spécialistes car ils sont au centre des systèmes de R&D et nécessitent une formation spécialisée, qui s'étend souvent sur plusieurs années. En 2002, environ 3.6 millions[58] de chercheurs participaient à des activités de R&D dans la zone de l'OCDE, contre 2.3 millions en 1990. Cela représente environ 8.3 chercheurs pour 1000 salariés, soit une progression significative par rapport au niveau de 1995 de 7 chercheurs pour 1 000 salariés. Sur ces 3.6 millions de chercheurs, la plupart travaillaient dans le secteur des entreprises et un peu plus de 25 % dans le secteur de l'enseignement supérieur. Les pays bénéficiant de secteurs de haute technologie, comme la Finlande, le Japon et la Suède, enregistrent parmi les plus fortes densités de chercheurs. La Finlande atteignant 17.3 chercheurs pour 1 000 salariés en 2004, contre 8.2 en 1995. Le nombre de chercheurs pour 1 000 salariés en République Tchèque, en Hongrie, en Pologne et en République Slovaque demeure inférieur à la moyenne de l'OCDE et varie entre 3.4 et 5.2 chercheurs pour 1 000 salaries. Pour la France ce chiffre (7.5 chercheurs) est supérieur à la moyenne.

Les chercheurs en entreprise continuent de représenter l'essentiel de la population de chercheurs. En 2002, quelque 64 % de l'ensemble des chercheurs dans les pays de l'OCDE (soit 2.2 millions sur un total de 3.4 millions) travaillaient dans le secteur des entreprises. Néanmoins on observe des différences régionales marquées. Les chercheurs en entreprise représentaient environ 80 % des chercheurs aux États-Unis en 2002, tandis qu'au Japon et en Corée, ils représentaient en 2004 respectivement 67 % et 74 % de la population de chercheurs.

[58] Principaux indicateurs de la science et de la technologie, OCDE, 2005.

Ces chiffres sont nettement supérieurs à ceux de l'UE-25, où les chercheurs en entreprise ne représentaient que 49 % de la population de chercheurs en 2003.

Tableau 2 Dépenses en R&D – 2003 - suite-

Pays	% de la DIRDE exécutée dans les industries				Chercheurs (total national)		DIRDES[62]	
	HT[63]	MHT[64]	MFT-FT[65]	Services	EPT[66]	‰ emplois	% DIRD	% PIB
Allemagne	30.3	53.6	7	8.5	264721	6.9	16.8	0.43
Canada	43.5	7.8	8.8	35.8	112624	7.2	35.7	0.69
États-Unis	36.6	16.3	6.4	39.1	1261227	9.3	16.8	0.44
Finlande	55.7	16.4	11.8	13.4	41724	17.7	19.2	0.67
France	44.5	28.7	11.4	11.1	186420	7.5	19.3	0.42
Italie	37.1	31.9	9	20.9	71242	3.0	32.8	0.38
Japon	41.8	37.9	11.4	6.8	675330	10.4	13.7	0.43
Norvège	14.4	15.1	20.9	33.4	20 989.0	9.1	27.5	0.5
Pays-Bas	37.9	25.1	13.0	19.5	43539	5.2	28.8	0.52
Royaume-Uni	47.3	22.6	7.5	20.2	157 662	5.5	21.4	0.4
Suède	51.4	30	6.5	10.4	45995	10.6	22	0.88
G7	38.4	26.0	8.0	25.7	2662207	8.0	-	0.44
UE15	-	34.1	9.3	14.8	1046547	6.1	21.9	0.43
UE25	-	-	-	-	1160305	5.8	21.9	0.4
Total OCDE	-	-	-	-	3380903	6.6	18.7	0.42

Source : Principaux indicateurs de la science et de la technologie, OCDE, 2005

Tous ces chiffres montrent l'importance et le poids des activités d'innovation dans la sphère économique. On a vu statistiquement comment la firme est devenue le principal lieu de R&D suit au recul de la part du financement public de ces recherches.

On pense que cette évolution structurelle est la conséquence directe de la prise en conscience des firmes de l'importance stratégique d'intégrer à la fonction d'investissement la variable R&D qui constitue pour les grandes firmes des compétences-Cœur et compétences dynamiques (Teece *et al.*, 2000). L'exemple d'Alcatel illustre bien cette stratégie. Elle a externalisée toutes ces activités de production et de distribution sauf la R&D.

La R&D est une activité complexe et incertaine d'acquisition de compétences, de connaissances et de savoirs-faire. Certaines dépenses telles que les dépenses d'équipements et d'infrastructures sont irrécouvrables. Les firmes adoptent de plus en plus une stratégie hybride pour la réalisation de leurs activités de R&D en accomplissant certains projets à l'interne, en externalisant certaines missions et en développant des partenariats.

1.2. Externalisation de la R&D

Les relations externes des entreprises dans le domaine de la R&D sont une composante cruciale du processus d'innovation. Parmi elles, les stratégies de coopération en R&D (joint venture de recherche, partage de résultats, échange de chercheurs) sont les plus répandues. Les relations de sous-traitance en R&D restent moins bien connues, alors qu'elles constituent un mode d'organisation majeur des relations inter entreprises, notamment dans les domaines de l'approvisionnement, de la production et de la distribution.

Incorporant un échantillon de 1 296 firmes ayant une activité interne de R&D, l'enquête ERIE[59] fournit des éléments quantitatifs sur l'importance des relations externes en R&D. La description par les firmes interrogées de 697 relations externes en R&D permet de distinguer la sous-traitance des relations coopératives et d'en évaluer les spécificités. Les résultats (Figure 14) de cette étude montre que :

- Un tiers des firmes françaises ayant une activité de R&D ont au moins une relation de coopération ou de sous-traitance en R&D permettant d'accéder aux compétences et aux moyens techniques nécessaires à la création de nouveaux produits ou procédés.
- Cette externalisation de la R&D est plus fréquente dans les firmes à dépenses de R&D élevées et dans les secteurs intensifs en technologie.
- Un tiers de ces relations externes en R&D sont des relations de sous-traitance, par opposition à des relations coopératives. Ces dernières se caractérisent par le souci de mieux valoriser les actifs internes de l'entreprise via l'exploitation d'économies d'échelles, l'accès à de nouveaux marchés (« Demand-Pull ») et la recherche de compétences complémentaires. Au contraire, les relations de sous-traitance sont plus sensibles aux prix, aux certifications de qualité et à la proximité géographique. De plus, elles impliquent moins souvent des partenaires publics et débouchent plus rarement sur des dépôts de brevets. La sous-traitance sera plutôt préférée à la coopération lorsque la relation porte sur des savoirs-faire, suffisamment génériques pour pouvoir être encadrés par des mécanismes marchands.

Figure 14 Étendue et nature des relations externes en R&D

[59] Les notes Recherche - D.E.P. - N°06.02.

		Nombre d'entreprises	Part des entreprises externalisant de la R&D (en %)	Nom de
Toutes les entreprises (1)		1 296	30	
Entreprises manufacturières	Haute-technologie	225	44	
	Moyenne-haute technologie	391	21	
	Moyenne-faible technologie	225	17	
	Faible technologie	180	21	
	Total	1 021	25	
Entreprises de services à forte intensité de connaissance		275	50	
Effectifs	Moins de 20 salariés	70	40	
	De 20 à 100 salariés	241	36	
	De 100 à 500 salariés	538	28	
	De 500 à 2 000 salariés	349	28	
	Plus de 2 000 salariés	98	35	
Dépense intérieure de R&D (DIRD)	Moins de 0,15 million d'euros	112	13	
	De 0,15 à 0,75 million d'euros	358	25	
	De 0,75 à 3 millions d'euros	403	28	
	De 3 à 15 millions d'euros	293	41	
	Plus de 15 millions d'euros	130	46	
Appartenance à un groupe	oui	1 070	29	
	non	226	36	

Source : Enquête ERIE, 2003.
(1) Entreprises employant au moins un chercheur en équivalent temps-plein et n'appartenant pas aux secteurs suivants : agriculture, ac
autres services.

On distingue deux formes d'externalisation de la R&D par les firmes :

- *L'externalisation structurelle ou de spécialisation*, lorsque la firme ne peut ou ne souhaite pas se doter des compétences de recherche nécessaires, pour des raisons relevant de sa stratégie propre.
- L'externalisation conjoncturelle ou de capacité, lorsque la firme ne peut provisoirement dégager les capacités de recherche nécessaires.

Les déterminants de cette décision sont très variables. On distingue :

- **Disponibilité de prestataires de R&D, de haut niveau et orientés vers la résolution des besoins des firmes** : laboratoires universitaires, réseaux et structures coopératives…
- **Pression concurrentielle internationale** : elle accentue à la fois le besoin pour une large part de firmes de développer des innovations et de se concentrer sur leur

cœur de métier, où leur compétitivité est maximale. Ces deux facteurs croisés favorisent une augmentation du volume de R&D externalisée.

- **Évolution du coût moyen de développement d'un nouveau produit** : le partage des coûts liés à l'innovation est en effet l'un des motifs d'externalisation de la R&D.
- **Capacité des laboratoires de recherche publique à contracter avec le milieu industriel** : rapports de confiance, connaissance du milieu industriel, niveau de mobilité entre chercheurs du public et recherche en entreprises pouvant faciliter compréhension et confiance mutuelles.

Dans leur article, Dumoulin et Martin (2003) visent à comprendre le phénomène de l'externalisation de la R&D en mobilisant trois cadres théoriques : la théorie des coûts de transaction, l'approche ressource habituellement utilisées pour appréhender l'externalisation et la vision de Kay (1988) qui s'est intéressé à la R&D. Son apport original réside dans sa considération de l'activité de R&D comme non spécifique et qu'il remet en cause le rôle de spécificité de l'actif, mis en avant par certains auteurs (Williamson, 1999), dans la décision d'externaliser pour privilégier le concept de substituabilité de l'actif.

L'existence d'externalités justifie et conduit à recommander un nouveau mode d'organisation des firmes sous la forme de coopération. En effet, la coopération technique est généralement considérée comme un moyen d'améliorer la capacité des firmes à générer de nouveaux produits et de nouveaux procédés de production, générateurs eux-mêmes de compétitivité. Les raisons à cela sont multiples. D'une part, la coopération permet de remédier partiellement aux nombreuses imperfections des marchés, et d'autre part elle permet d'accroître le rendement de la recherche. La coopération technique permet donc de réduire les impacts négatifs de ces imperfections sur les investissements en R&D et aussi d'accélérer les délais de découverte et de production de connaissances et de compétences.

1.3. Coopération en R&D et externalités technologiques

Les pays développés aujourd'hui sont confrontés à de profonds changements structurels impliquant une refonte drastique des systèmes de production et d'innovation. Les formes organisationnelles qui ont permit le développement industriel au cours des deux derniers siècles doivent être refaçonnées pour faire face aux nouveaux défis technologiques,

économiques et institutionnels. Si le changement technologique et organisationnel est nécessairement localisé (Antonelli, 1994) opérant au voisinage des connaissances accumulées, il passe également par l'exploration de nouveaux horizons impliquant de nouvelles compétences pour partie internalisées et pour partie externalisées par la coopération. À ce niveau, une question paraît intéressante : Quel est la logique de la coopération en R&D ?, et dans quelle mesure elle provoque des externalités technologiques ?

Une des premières contributions à la littérature théorique sur la coopération en R&D est celle de Katz (1986) et Katz et Ordover (1990), Dans son modèle, le bénéfice social de la coopération en R&D dépend principalement du niveau de *Spillovers* (externalités technologiques), l'effort de R&D d'un pays au sein d'une structure coopérative correspond à la somme de son propre effort en R&D et de la part des efforts fournis par les autres pays partenaires sous forme de *Spillovers*. Ainsi, dès lors que ces *Spillovers* sont internalisés au sein d'une structure coopérative, ceux-ci bénéficient conjointement aux pays participants à l'accord et élèvent par conséquent les niveaux d'effort effectif de R&D.

La coopération en R&D fait partie des nouvelles stratégies développées par les pays dans un environnement économique de plus en plus globalisé et compétitif. Ses avantages pour les pays participants sont bien connus. En effet, les pays engagés peuvent bénéficiés d'économies d'échelle car ils peuvent bénéficier des complémentarités de leurs savoirs-faire et éviter ainsi les récidives de leurs résultats[60].

L'importance des recherches coopératives est reconnue à travers les politiques de certains gouvernements. En particulier, la recherche de projets en communs *Research Joint Venture* (RJV) est garantie par le privilège de lois antitrust et leur formation est encouragée par des subventions.

Dans le cadre de l'ouverture de l'économie mondiale et la concurrence croissante, les gouvernements développent de nouvelles stratégies impliquant des réseaux de travail de plus en plus intense et globalisé. Geroski (1992) résume les conclusions théoriques sur ce sujet et conclut que les projets coopératifs de R&D sont désirables lorsque les *Spillovers* technologiques et les externalités positives rentables existent.

La coopération en R&D a également été perçue comme une opportunité d'associer les potentiels des activités de recherche pour accroître la capacité d'intégration dans l'économie mondiale et de valoriser les efforts d'innovation. La coopération technologique est devenue d'une part, une forme d'organisation très recherchée pour avoir accès à des connaissances

[60] En anglais on parle de « *Me-Too* ».

externes (Mowery et Rosenberg, 1989 et Mowery *et al.*, 1996). D'autre part, les coopérations technologiques sont perçues comme un véhicule d'internalisation des externalités technologiques et des effets de diffusion inévitable. Ce qui reflète l'idée de D'Aspremont et Jacquemin (1990) et Katz et Ordover (1990). Ces impacts limitent le rôle incitatif du marché en matière d'investissement en R&D et de l'innovation.

Les limites des différents travaux qui s'intéressent à l'impact des *Spillovers* sur la croissance conduisent à l'introduction des interactions plus précisément les coopérations technologiques, comme mécanisme de diffusion des externalités. En considérant la coopération comme un lieu de création de connaissances, deux caractéristiques de la coopération peuvent être indiquées ; à savoir l'incertitude et l'existence des contrats incomplets, pour montrer que les *Spillovers* peuvent circuler au sein des formes organisationnelles.

Dans l'optique de Gallié (2003), la coopération est vue comme étant un vecteur d'externalité de connaissances. Elle a développé une nouvelle conception de la relation entre coopération et externalités, contrairement à l'analyse de D'Aspremont et Jacquemin (1990). À ce niveau, les économistes développent deux perceptions principales à l'égard des externalités des connaissances. La première dans la lignée de l'économie standard, considère ces phénomènes comme des défaillances de marché, puisque ce sont des effets non pris en compte par le système des prix. Le producteur ne peut pas être rémunéré au coût de la production. Leur existence engendre un déficit d'incitation à investir. Les modèles de D'Aspremont et Jacquemin (1990) proposent d'internaliser les *Spillovers* dans des relations de coopération pour atténuer les défaillances de marché. La deuxième perception constate que les externalités constituent un facteur déterminant de la croissance. Dans cette optique, la question est de savoir comment est-il possible de favoriser les bénéfices de la connaissance et permettre aux mécanismes d'internalisations de compenser l'inefficacité générée par l'externalité. Ceci permet de converger vers un équilibre Pareto-optimal (Bach et Lhillery, 1999). Les différentes caractéristiques de la coopération en R&D peuvent devenir des instruments de politique économique si on attribue aux pouvoirs publics en charge de ces questions, la capacité de les faire varier en fonction d'un objectif prédéfini.

Les externalités dues à la recherche sont liées à la diffusion des connaissances: lorsqu'un pays poursuit une activité de recherche, une partie des connaissances produites se diffuse à d'autres pays. Ces externalités ont des effets forts en termes de rendement et par conséquence en termes de niveau de recherche. Ce qui peut être vu, d'une part, positivement du fait que la société bénéficie des découvertes au-delà des externalités liées à la circulation de la

connaissance. Et d'autre part, négativement du fait que l'innovateur n'est que partiellement récompensé de son effort ce qui désigne une imparfaite appropriation. En d'autres termes, le rendement individuel de l'activité de recherche est inférieur à son rendement social.

Du fait des externalités de recherche, l'activité de R&D génère un niveau d'investissement excessif par rapport à ce qu'il serait collectivement optimal de réaliser (Crampes et Encaoua, 2003). La raison est double : D'une part, chaque pays veut être le premier à réussir, alors que la collectivité n'est intéressée que par la réalisation de l'innovation, quel qu'en soit son origine. D'autre part, si trop de pays participent à la recherche correspondant à une même innovation, cela entraîne une répétition des efforts de recherche et une certaine forme de gaspillage. De ce qui précède nous retenons que les externalités technologiques et stratégiques de la recherche peuvent déterminer l'écart entre l'optimum social et l'équilibre de marché. Lorsque les externalités technologiques dominent, l'équilibre de marché sera caractérisé par un sous investissement en R&D. À l'inverse, lorsque ce sont les externalités stratégiques qui dominent, l'équilibre de marché sera caractérisé par un surinvestissement en R&D. Cette analyse de la recherche est analogue à l'analyse économique des externalités. Ainsi, les externalités de recherche sont passibles des mêmes mécanismes de correction (internalisation) dans l'optique d'une convergence entre optimum privé et optimum public. Le premier mécanisme correspond aux systèmes d'aides et de subventions à la R&D. Le second consiste à accorder aux innovateurs un droit de propriété sur le résultat de leurs activités.

Le problème d'externalité n'est pas un problème unilatéral, mais un problème bilatéral entre l'émetteur et le récepteur. Dans le domaine de la production de la connaissance, la création d'entités collectives, comme le partenariat et le consortium, permet aussi d'internaliser les externalités.

Le concept d'appropriation est utile pour comprendre les conditions menant au changement technologique et à la réalisation d'innovation. En effet, l'appropriation été utilisée par des théoriciens des droits de propriété pour caractériser la R&D comme un bien public non appropriable (Hippel, 1987 ; Teece, 1992). L'innovation technologique ne sera entièrement appropriée et transformée en innovation économique que sous la condition de posséder une capacité d'absorption afin de pouvoir intégrer de nouveaux savoirs. La notion d'appropriation se réfère donc à deux différentes logiques. La première, qu'on peut rapprocher de l'analyse économique en général, et de la théorie des droits de propriété en particulier. La seconde se rattache plutôt aux sciences cognitives, et aux théories évolutionniste et des compétences en

particulier, et se réfère à la notion d'apprentissage en renvoyant plus précisément à la capacité d'absorption.

1.4. Globalisation de la R&D

La globalisation de la recherche industrielle constitue aujourd'hui une composante essentielle de la stratégie des firmes multinationales. Considérée il y a quelques années comme une caractéristique marginale propre à certaines firmes globales issues de petites économies[61] ou comme le prolongement de stratégies d'adaptation des produits aux conditions locales de la demande, cette globalisation de la R&D se trouve depuis peu au centre de l'attention.

Par comparaison avec le cas des firmes originaires soit des économies anglo-saxonnes, soit des économies scandinaves, la connaissance du phénomène dans le cas français était beaucoup plus réduite (Cantwel et Kotecha, 1994). Depuis peu, l'enquête annuelle sur la R&D des firmes conduite par le ministère de l'Éducation nationale a introduit une rubrique permettant le repérage des filiales majoritaires de groupes étrangers qui déclarent faire de la recherche en France.

Les travaux récents du SESSI[62] du ministère de l'Industrie portant sur la globalisation des firmes françaises, ont permis d'améliorer les connaissances sur de nombreux aspects du comportement de ces firmes, et de combler ainsi le retard pris en ce domaine. Haudeville et Wolff (2006) ont cherché à examiner les comportements d'un échantillon de 132 entreprises industrielles françaises en termes de production de connaissances et d'internationalisation. Leurs résultats montrent que les activités de production de connaissances constituent une partie intégrante de la stratégie globale de l'entreprise au même niveau que les autres fonctions comme la gestion des ressources humaines ou le marketing. Selon ces auteurs, l'internationalisation et l'activité de R&D sont très fortement liées.

Dans la situation actuelle, où le processus de la globalisation économique se produit en interdépendance avec le développement de l'économie fondée sur la connaissance, comprendre et analyser le comportement des firmes multinationales s'impose non seulement sur le plan scientifique, mais aussi sur le plan politique.

Sur le premier plan, la conduite d'une étude sur les firmes françaises possédant des laboratoires de R&D à l'extérieur du territoire français, permettrait de tester la pertinence de

[61] Par exemple les entreprises suédoises.

[62] Service des Études et des Statistiques Industrielles.

différents modèles stratégiques et d'organisation de la recherche et développement au sein des multinationales. L'étude du cas français permettrait aussi d'apprécier le rôle joué par les systèmes nationaux ou locaux d'innovation dans les choix de localisation et de spécialisation des laboratoires décentralisés. La question particulière de la tension entre proximité géographique et proximité organisationnelle dans les décisions stratégiques des firmes multinationales occupe une place centrale dans ce cadre scientifique.

Sur le plan de la politique scientifique et technologique, ce qui paraît constituer un enjeu dominant aujourd'hui, c'est l'ensemble des relations entre systèmes scientifiques et techniques nationaux et la recherche industrielle délocalisée des firmes multinationales.

Le problème qui se pose est relatif à un risque de contrôle. En effet, l'entrée de laboratoires sous contrôle étranger provoque des effets d'éviction ou de captation de ressources scientifiques et techniques nationales conduisant à des innovations renforçant la compétitivité des firmes multinationales. En sens contraire, l'existence de laboratoires décentralisés dans des environnements technologiquement et dynamiquement différents peut servir à compenser les points faibles de l'appareil de recherche national. Enfin, s'il se révélait que les entreprises européennes tendent à développer des réseaux de laboratoires décentralisés, cela pourrait s'interpréter comme la création d'un espace européen de recherche.

2. Industrie manufacturière par niveaux technologiques

2.1. Bases de données

On exploite deux bases de données de l'OCDE[63] combinant deux sources de données : **ANBERD**[64] et **STAN**[65] comme la montre la Figure 15.

La base de données STAN pour l'Analyse Industrielle est d'une grande utilité pour les analystes et les chercheurs s'intéressant à l'étude des performances industrielles à un niveau d'activités relativement détaillé. Cette base comprend des données annuelles de production, d'utilisation du facteur travail, d'investissement et de commerce extérieur, elle permet aux

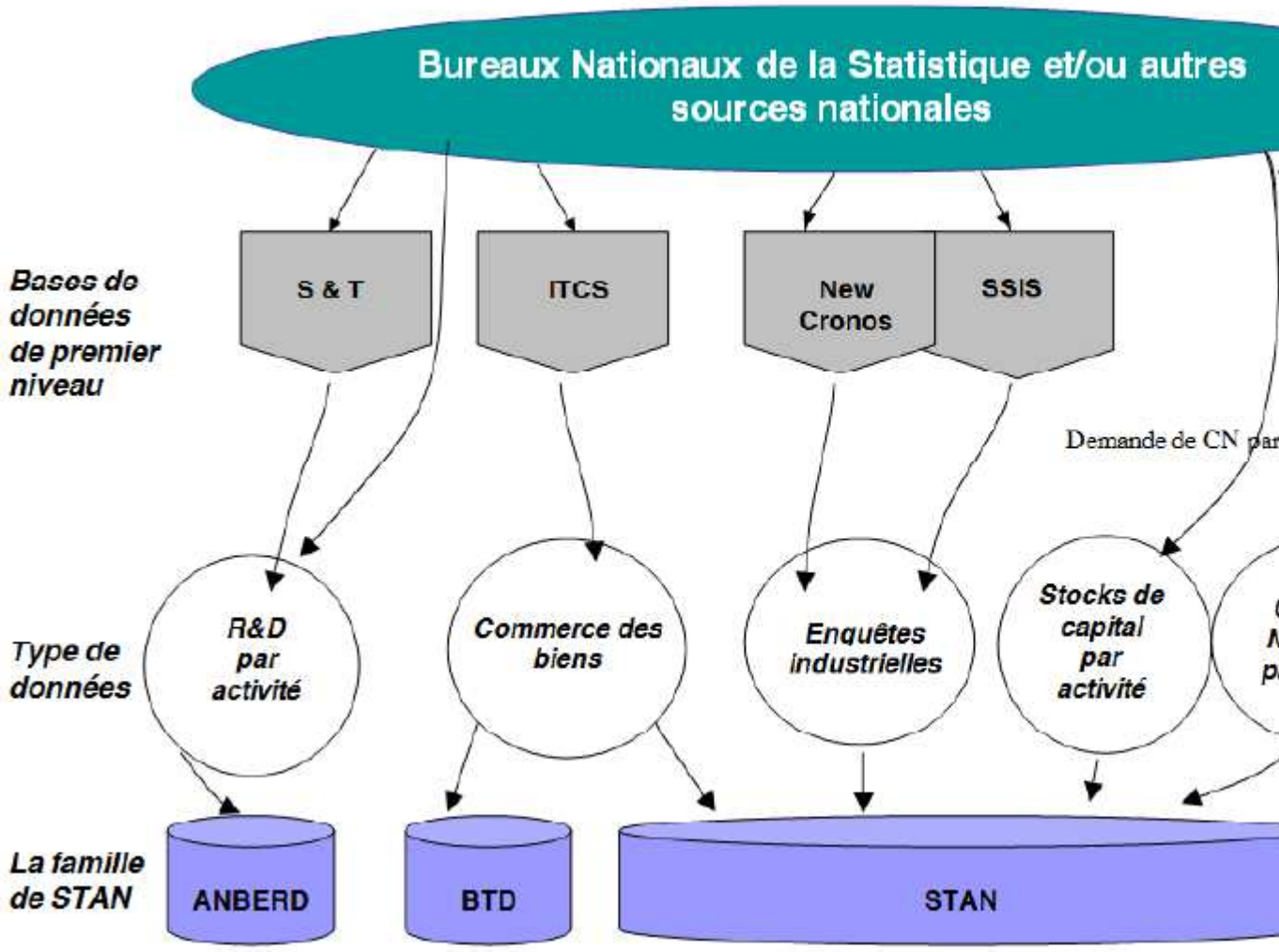
[63] Principaux Indicateurs Industriels, OCDE, 1999.

[64] Analytical Business Enterprise Research and Development.

[65] Structural Analysis database.

utilisateurs d'établir une large gamme d'indicateurs portant sur des domaines tels que la croissance de la productivité, la compétitivité et les changements structurels d'ordre général. Les comparaisons entre pays sont possibles, du fait que la base utilise une liste standardisée des activités industrielles. Cette liste est suffisamment détaillée pour permettre aux utilisateurs de mettre en lumière les secteurs de haute technologie, elle est également compatible avec les listes utilisées dans d'autres bases de données de l'OCDE notamment ANBERD, liées à STAN[66].

Figure 15 STAN, ANBERD et autres bases de données de l'OCDE



[66] STAN est gérée par la Division des Analyses Économiques et des Statistiques de la Direction de la Science, de la Technologie et de l'Industrie de l'OCDE, sous les auspices du Groupe de travail statistique du Comité de l'Industrie et de l'Environnement des Affaires de l'OCDE. Les données sont publiées sous l'autorité du Secrétaire Général de l'OCDE.

STAN repose avant tout sur les tableaux par activité des Comptes Nationaux annuels des pays Membres, et utilise également d'autres sources de données, comme les recensements ou les enquêtes nationales portant sur les entreprises, pour estimer toute information détaillée manquante. Bon nombre de données sont des estimations et ne représentent donc pas les chiffres officiels transmis par les pays Membres. La version actuelle de STAN repose sur la CITI[67], de toutes les branches d'activités économiques, Révision 3 (CITI Rév.3) et couvre l'ensemble des activités (y compris les services). Les versions antérieures de STAN étaient fondées sur la CITI Révision 2 et ne couvraient que les industries de fabrication.

La base de données (ANBERD[68]) contient les données sur les dépenses de la R&D industrielle à prix courants.

Les variables[69] qui seront utilisées dans notre étude statistique et économétrique sont relatives aux dépenses en R&D (mesure les efforts en matière d'innovation) et la valeur ajoutée[70] (un bon indicateur de la demande). En ce qui concerne cette dernière, la Figure 16 indique, pour chaque pays, la méthode d'évaluation[71] de la valeur ajoutée et résume les relations qui existent entre ces méthodes.

Figure 16 Evaluation de la valeur ajoutée selon les pays

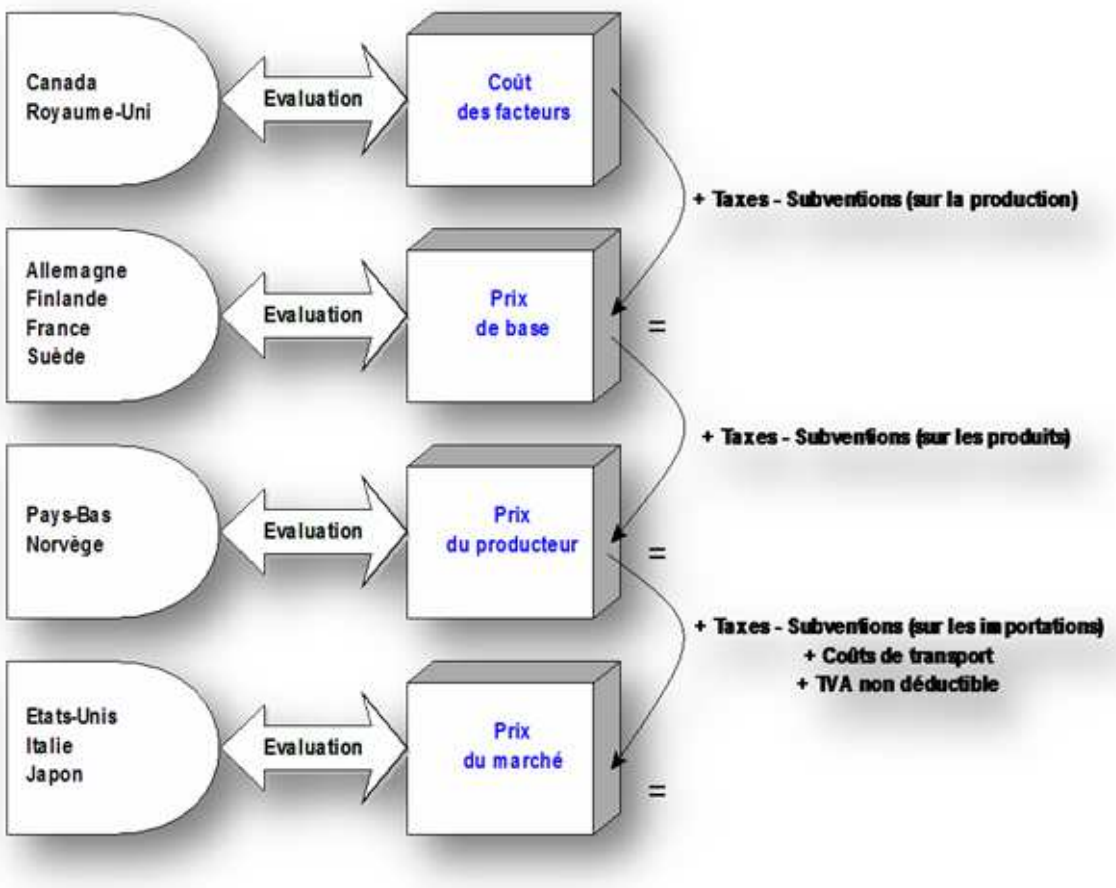
[67] Classification Internationale Type par Industrie.

[68] Cette base de données sur les dépenses en R&D de l'industrie (DIRDE) a été élaborée avec pour objectif de créer un ensemble de données cohérentes permettant de surmonter les problèmes de comparabilité internationale et de discontinuité chronologique des données officielles sur la DIRDE fournies à l'OCDE par ses pays Membres. Fondée sur des méthodes d'estimation éprouvées, le Secrétariat de l'OCDE a créé une base de données portant sur 19 parmi les pays ayant la plus importante activité de R&D. La base de données est conçue pour fournir à l'analyste un ensemble de séries temporelles cohérent et comparable sur le plan international pour les dépenses industrielles de R&D.

[69] On précise qu'on a procédé à un traitement préalable de ces données en les reconvertissant au US$ constant (base 1995) corrigé par la parité de pouvoir d'achat.

[70] La Valeur ajoutée brute d'une industrie donnée représente la contribution de cette industrie au PIB national. On l'appelle parfois le PIB par industrie. La Valeur ajoutée n'est pas mesurée de manière directe, en général, elle est calculée en soustrayant la Consommation Intermédiaire à la valeur de la Production. La Valeur ajoutée comprend alors la Rémunération des salariés, la Consommation de capital fixe, les impôts **moins** les Subventions et l'Excédent Net d'Exploitation (Revenu mixte). Le terme « mixte » signifiant que ce revenu correspond à une rémunération à la fois du capital et du travail.

[71] Source : Principaux Indicateurs Industriels, OCDE, 1999.

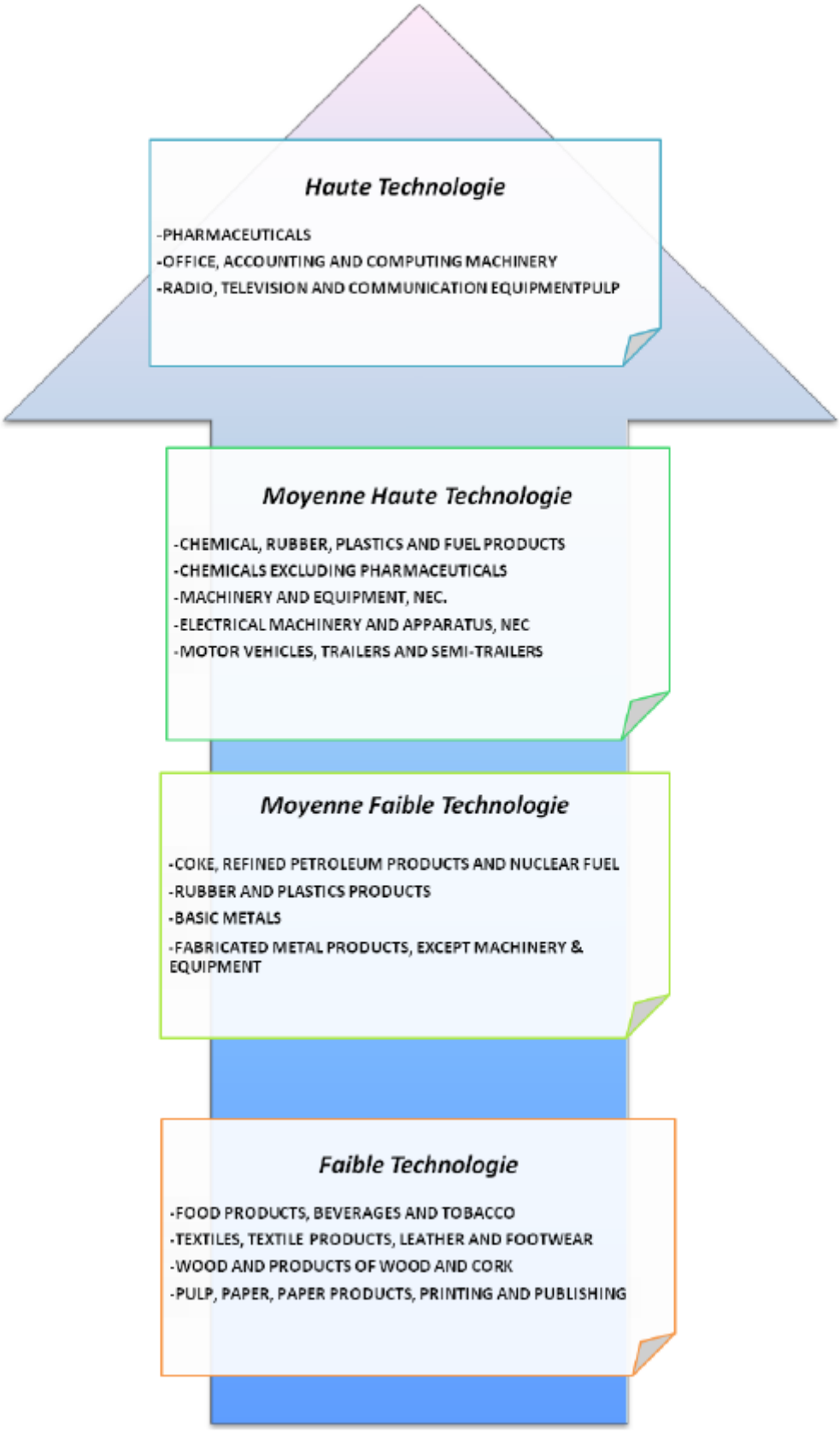


L'analyse en termes de valeur ajoutée peut poser donc problème, du fait de l'hétérogénéité des méthodes d'évaluation car il serait difficile d'interpréter les comparaisons des résultats entre pays[72]. La Figure 17 affiche les secteurs étudiés, par niveau technologique[73] croissant de l'industrie manufacturière.

Figure 17 Secteurs retenus et niveaux technologiques

[72] On a testé l'influence du type d'évaluation sur l'intensité en R&D, les résultats montrent que cet effet est faiblement significatif.

[73] Ce découpage technologique a été réalisé dans le cadre d'un mémoire de DEA (K. ERRABI. 2002. « "Demand-Pull" versus "Technology-Push" : une reconsidération économétrique de la thèse de Schmookler (1966) ». Université Lyon 2, 80 p., sous la direction de C. Le Bas) en s'inspirant des travaux de Pavitt.


Haute Technologie
-PHARMACEUTICALS
-OFFICE, ACCOUNTING AND COMPUTING MACHINERY
-RADIO, TELEVISION AND COMMUNICATION EQUIPMENTPULP
Moyenne Haute Technologie
-CHEMICAL, RUBBER, PLASTICS AND FUEL PRODUCTS
-CHEMICALS EXCLUDING PHARMACEUTICALS
-MACHINERY AND EQUIPMENT, NEC.
-ELECTRICAL MACHINERY AND APPARATUS, NEC
-MOTOR VEHICLES, TRAILERS AND SEMI-TRAILERS
Moyenne Faible Technologie
-COKE, REFINED PETROLEUM PRODUCTS AND NUCLEAR FUEL
-RUBBER AND PLASTICS PRODUCTS
-BASIC METALS
-FABRICATED METAL PRODUCTS, EXCEPT MACHINERY & EQUIPMENT
Faible Technologie
-FOOD PRODUCTS, BEVERAGES AND TOBACCO
-TEXTILES, TEXTILE PRODUCTS, LEATHER AND FOOTWEAR
-WOOD AND PRODUCTS OF WOOD AND CORK
-PULP, PAPER, PAPER PRODUCTS, PRINTING AND PUBLISHING

2.2. Critères de classification en niveau technologique

Pour construire la classification publiée en 1997, l'OCDE a utilisé deux types d'indicateurs d'intensité technologique basés sur les données de R&D industrielles :

- L'Intensité R&D Directe évaluant la technologie produite par l'industrie en se basant sur la proportion de ses dépenses de R&D par rapport à sa production ou à sa valeur ajoutée
- L'Intensité R&D Indirecte mesurant la technologie incorporée dans les intrants utilisés par les industries.

2.1.1. Les indicateurs d'intensité en R&D directe

Ces indicateurs peuvent être calculés par rapport à la production ou à la valeur ajoutée. Dans le premier cas, l'indicateur est simplement le ratio des dépenses de R&D industrielles d'un secteur particulier sur la production de ce même secteur et, dans le second cas, le ratio est calculé sur la valeur ajoutée du secteur défini.

- L'indicateur d'intensité en R&D par rapport à la production est celui qui demeure le plus stable au fil du temps. Il permet d'ajuster nette distinction entre les industries de haute technologie et celles des autres niveaux technologiques.
- L'intensité en R&D directe par rapport à la valeur ajoutée s'approche de la précédente car elle donne une nette classification des industries au sein du même groupe technologique, selon les conclusions de l'OCDE. C'est cette méthode qu'on privilégiée pour conduire notre analyse statistique et économétrique.

2.1.2. Les indicateurs d'intensité en R&D indirecte

La méthode de calcul des intensités R&D indirectes est beaucoup plus complexe que la précédente. Pour obtenir ces indicateurs, il faut recourir aux coefficients techniques du tableau d'entrées-sorties qui permettent d'évaluer la quantité des intrants utilisés par une industrie en provenance d'une autre industrie. Ils permettent également d'estimer la quantité d'intrants importés et la provenance de ces intrants. Pour les calculer, les coefficients d'entrées-sorties sont multipliés par les intensités R&D directes. Par exemple, si l'industrie X achète 15 % de

ses intrants de l'industrie Y, alors l'intensité R&D indirecte de l'industrie X provenant de l'industrie Y sera égale à l'intensité R&D directe de l'industrie Y multipliée par 15 %.

Les intensités R&D indirectes ont aussi été calculées dans le cas des intrants importés. Dans ce cas, c'est l'intensité R&D directe de l'industrie du pays de provenance qui multiplie la proportion des intrants utilisés.

Ce dernier type d'intensité R&D indirecte est très intéressant pour notre analyse de la dynamique du changement technologique. En effet, intégrer une variable mesurant la quantité de technologie transférée d'un pays à l'autre permet de décomposer les effets croisés de la demande et de l'innovation en isolant l'effet interne et externe pour mieux comprendre la dynamique technologique au niveau sectoriel, national, régional et international.

L'indisponibilité de ces coefficients et des statistiques sur les importations sectorielles croisées inter-pays ne permet pas l'exploration et l'évaluation de ce mécanisme.

2.3. Niveaux technologiques et intensité en R&D

Nous étudions les niveaux technologiques et l'intensité en R&D pour l'ensemble de l'industrie manufacturière, puis par secteurs industriels et enfin on croise les deux dimensions.

2.3.1. Industrie manufacturière par pays

On s'intéresse dans un premier temps à l'industrie manufacturière toute entière. À ce niveau d'agrégation, on calcule le total pour chaque variable comme étant la somme des valeurs observées dans tous les secteurs étudiés pour une année donnée, pour chaque pays.

D'après la Figure 18 et la Figure 19, les efforts en R&D et la valeur ajoutée industrielle varient fortement d'un pays à l'autre. Sur toute la période 1980-1999, les dépenses moyennes annuelles en R&D varient de 0.47 (Norvège) à 76.74 (USA) milliards US$ ppa (M$ppa). Pour les valeurs ajoutée, cette fourchette varie de 9.91 (Norvège) à 1054.57 (USA) M$ppa.

Figure 18 Total manufacturing : Répartition des dépenses en R&D par pays (M$ppa)

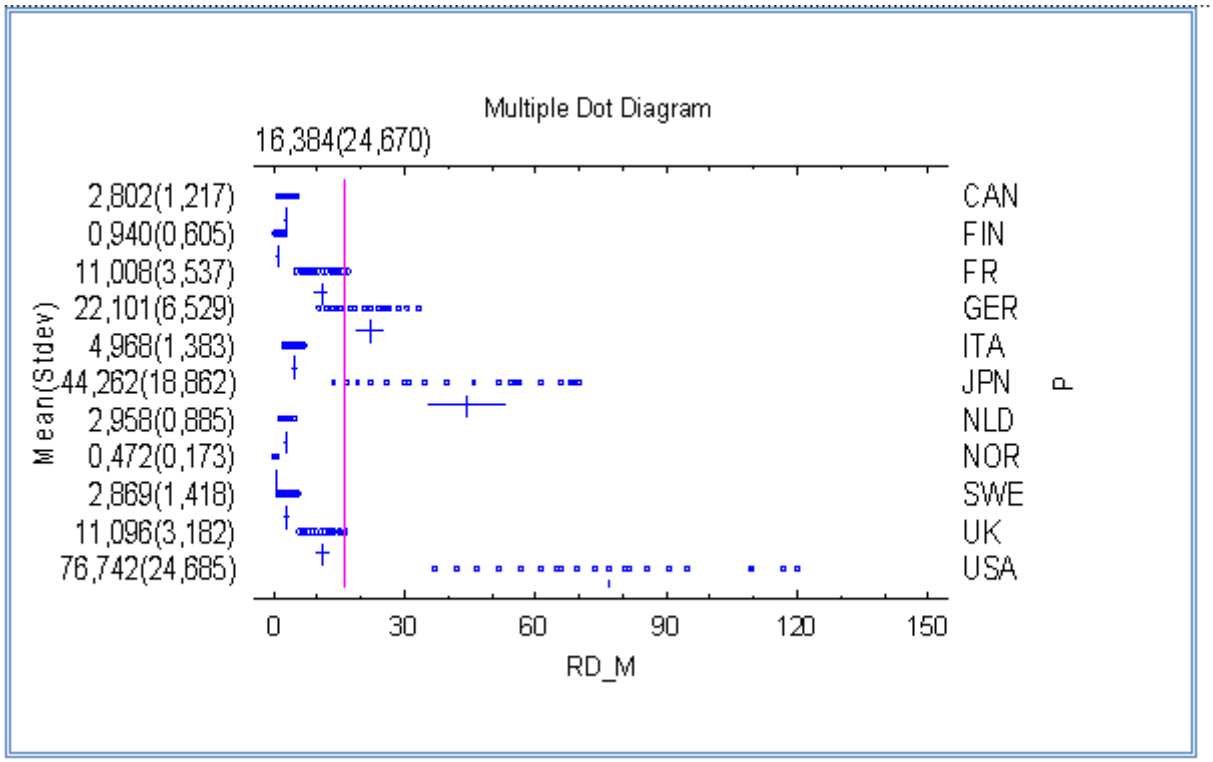
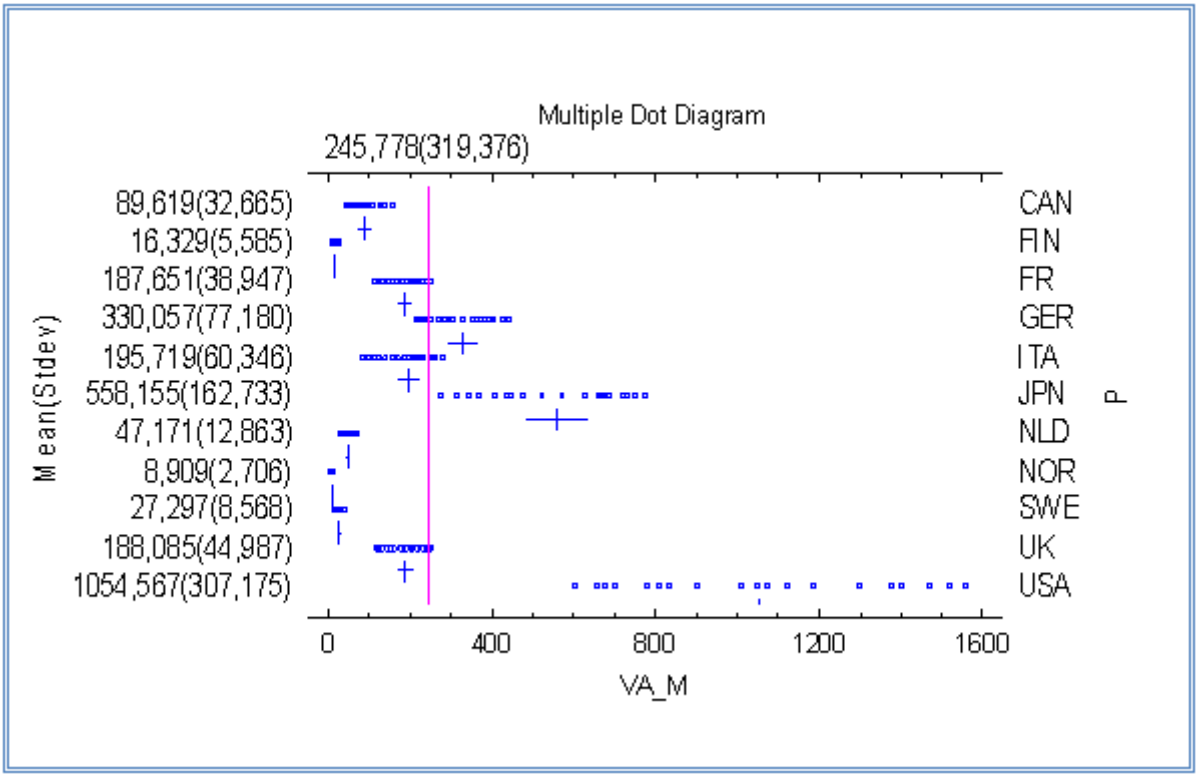


Figure 19 Total manufacturing : Répartition de la valeur ajoutée par pays (M$ppa)



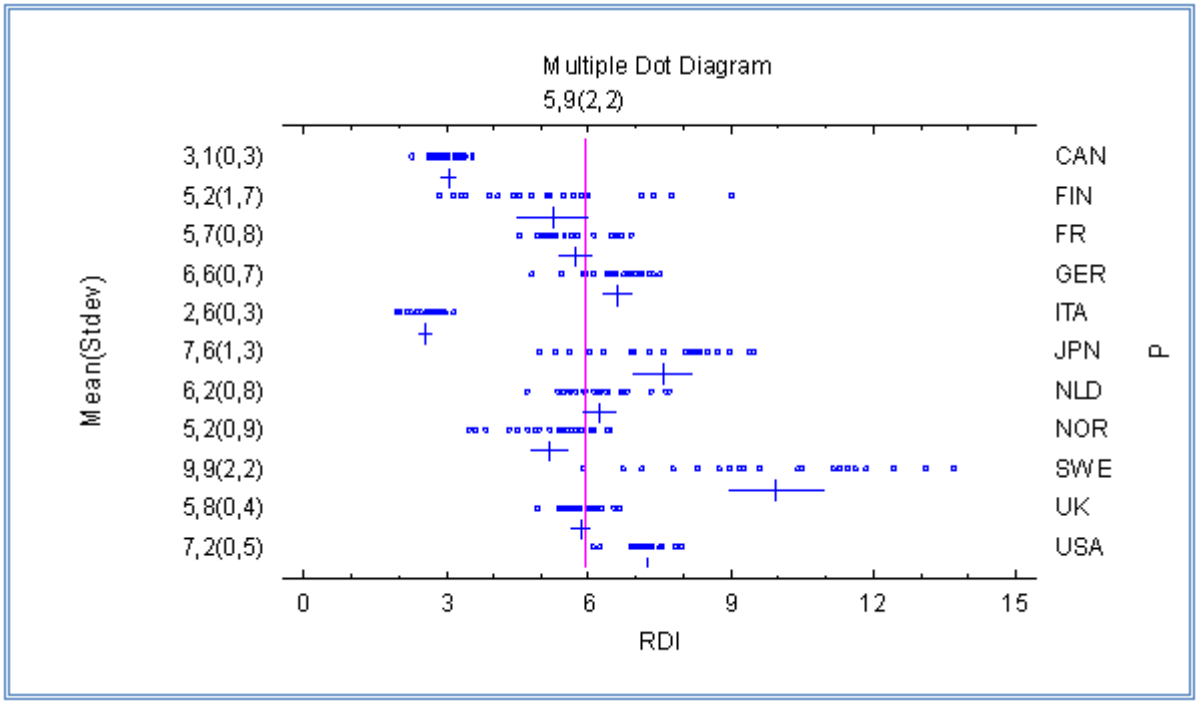
Les chiffres concernant la France (R&D=11.01 M$ppa, VA=187.65 M$ppa) sont inférieurs aux moyennes générales (R&D=16.38 M$ppa, VA=245.8 M$ppa).

On peut classer les pays en 3 groupes selon le niveau des efforts en R&D et la valeur ajoutée en se basant sur les moyennes globales :

- **Faible** : Canada, Finlande, Pays-Bas, Norvège et Suède
- **Moyen** : France, Italie et Royaume-Uni
- **Fort** : Allemagne, États-Unis et Japon

Le classement, en termes de R&D et la valeur ajoutée, que l'on vient d'établir est directement expliqué par la taille économique du pays. En revanche, la Figure 20 montre que l'effort en R&D relativement à la valeur ajoutée (intensité technologique) n'est pas forcement expliqué par la taille du pays. En effet, on trouve à la tête de ces pays la suède avec environ 10 %.

Figure 20 Total manufacturing : Répartition de l'intensité en R&D par pays



2.3.2. Par secteurs industriels

Certains pays investissent massivement en R&D dans des secteurs majeurs pour leur économie. L'investissement en R&D des entreprises industrielles canadiennes se fait essentiellement dans le secteur des Appareils de radio, télévision et Télécommunication avec 36 % (Tableau 3) du total l'industrie manufacturière. Ce secteur représente environ 4 %

(Tableau 4**)** de la valeur ajoutée industrielle canadienne. Avec une intensité en R&D de 41 % **(**Tableau 5), il arrive ainsi loin devant.

Concernant la France, l'investissement en R&D des industries françaises se fait principalement dans le secteur de produits chimiques et pétroliers, caoutchouc et plastique avec 25 % du total de l'industrie manufacturière. Il représente un poids d'environ 17 % du PIB industriel et une intensité technologique d'environ 9 %. La contribution des 4 secteurs les plus importants en termes de dépenses en R&D (cases colorées Tableau 3) place les Pays-Bas en tête avec 71.56 %, suivi de la Suède avec 70 % et le Canada avec 68 %. Le chiffre concernant la France (65 %), la place devant les États-Unis (63.88 %) et le Japon (54.53 %).

Analogiquement, en termes de valeur ajoutée (cases colorées Tableau 4), la contribution des 4 industries les plus importantes, place toujours les Pays-Bas en tête avec 57 %, suivi de la Finlande (54 %) et la Norvège (53 %). Le chiffre concernant la France (45.98 %), la place toujours devant les États-Unis (44.54 %) et le Japon (42.01 %).

On vient de mettre en évidence un résultat concernant la structure industrielle nationale. En effet, certains pays de petites tailles ont une structure très concentrée sur quelques secteurs (ici on a choisi 4 industries les importantes) qui contribuent à plus des 2/3 du PIB manufacturier (Tableau 5).

Tableau 3 Dépenses en R&D industrielle par pays et contribution des 4 secteurs les plus importants (Total de la période 1980-1999)

Secteur	CAN	FIN	FR	GER	ITA	JPN	NLD	NO
Other Non-Metallic Mineral Products	0,39 %	1,61 %	1,34 %	0,95 %	0,44 %	2,11 %	0,31 %	1,24
Wood And Products Of Wood And Cork	0,65 %	0,80 %	0,09 %	0,28 %	0,07 %	0,28 %	0,04 %	0,82
Rubber And Plastics Products	0,90 %	2,02 %	2,88 %	1,46 %	2,19 %	2,36 %	0,83 %	1,07
Textiles, Textile Products, Leather And Footwear	1,27 %	0,68 %	0,65 %	0,50 %	0,25 %	0,86 %	0,31 %	0,58
Fabricated Metal Products, Except Machinery And Equipment	1,68 %	2,22 %	1,25 %	1,97 %	1,75 %	1,24 %	1,06 %	1,93
Electrical Machinery And Apparatus, Nec	2,19 %	6,46 %	3,92 %	7,20 %	5,49 %	9,54 %	11,45 %	4,57
Food Products, Beverages And Tobacco	2,26 %	3,78 %	1,93 %	0,74 %	1,11 %	2,37 %	5,15 %	4,38
Pulp, Paper, Paper Products, Printing And Publishing	3,08 %	5,79 %	0,38 %	0,28 %	0,12 %	0,78 %	0,38 %	2,64
Motor Vehicles, Trailers And Semi-Trailers	3,12 %	0,86 %	13,59 %	18,67 %	15,79 %	11,62 %	2,68 %	1,41
Machinery And Equipment, N.E.C.	3,55 %	12,71 %	5,12 %	10,34 %	6,48 %	7,93 %	3,87 %	11,7
Basic Metals	4,06 %	2,61 %	2,16 %	1,25 %	1,63 %	4,10 %	1,32 %	9,19
Coke, Refined Petroleum Products And Nuclear Fuel	4,07 %	1,51 %	2,27 %	0,39 %	1,00 %	0,77 %	1,83 %	1,56
Chemicals Excluding Pharmaceuticals	4,60 %	6,86 %	9,02 %	13,55 %	7,16 %	9,02 %	17,55 %	8,68
Pharmaceuticals	7,31 %	4,92 %	11,19 %	5,25 %	11,57 %	5,73 %	6,73 %	7,24
Office, Accounting And Computing Machinery	7,69 %	2,27 %	4,00 %	3,01 %	5,43 %	7,91 %	3,92 %	4,35
Chemical, Rubber, Plastics And Fuel Products	16,88 %	15,31 %	25,35 %	20,60 %	21,92 %	17,88 %	26,94 %	18,54
Radio, Television And Communication Equipment	36,29 %	29,59 %	14,88 %	13,55 %	17,58 %	15,49 %	15,61 %	20,0
Total manufacturing	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,0
Contribution des 4 secteurs les plus importants	68,17 %	64,47 %	65,01 %	66,37 %	66,86 %	54,53 %	71,56 %	59,53
Rang	3	8	7	5	4	11	1	10

Tableau 4 Niveaux de Valeur ajoutée industrielle par pays et contribution des 4 secteurs les plus importants (Total de la période 1980-1999)

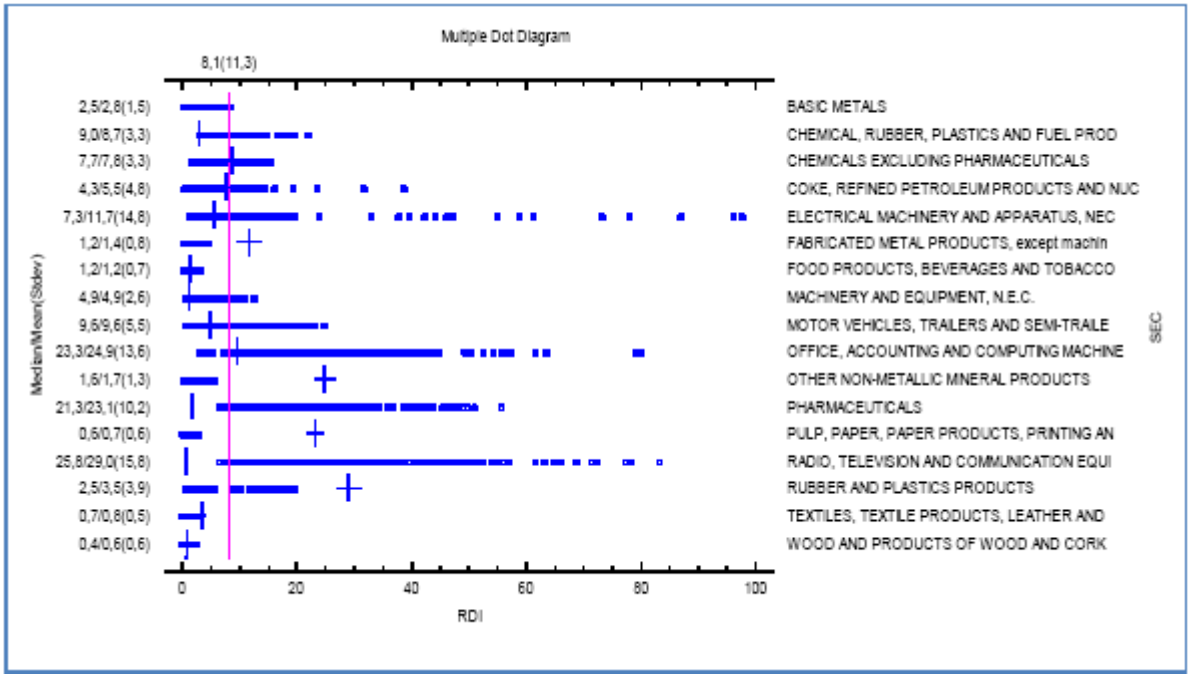
Secteur	CAN	FIN	FR	GER	ITA	JPN	NLD	NOR
Other Non-Metallic Mineral Products	0,59 %	0,70 %	1,42 %	1,31 %	0,45 %	2,38 %	0,75 %	0,72 %
Wood And Products Of Wood And Cork	1,31 %	1,77 %	3,42 %	1,00 %	1,92 %	4,34 %	1,97 %	1,29 %
Rubber And Plastics Products	1,53 %	1,12 %	2,86 %	1,73 %	2,62 %	2,62 %	1,73 %	1,50 %
Textiles, Textile Products, Leather And Footwear	2,08 %	3,41 %	3,82 %	7,33 %	4,36 %	4,62 %	1,72 %	4,11 %
Fabricated Metal Products, Except Machinery And Equipment	2,64 %	3,63 %	4,41 %	3,77 %	5,85 %	3,61 %	3,59 %	4,13 %
Electrical Machinery And Apparatus, Nec	3,86 %	2,94 %	3,98 %	4,18 %	3,76 %	1,21 %	2,85 %	2,38 %
Food Products, Beverages And Tobacco	4,04 %	6,01 %	2,60 %	2,17 %	2,27 %	8,26 %	7,25 %	2,07 %
Pulp, Paper, Paper Products, Printing And Publishing	4,46 %	4,13 %	5,83 %	3,47 %	14,42 %	4,43 %	2,77 %	2,45 %
Motor Vehicles, Trailers And Semi-Trailers	4,93 %	5,42 %	1,54 %	1,72 %	2,53 %	1,21 %	1,16 %	5,05 %
Machinery And Equipment, N.E.C.	5,56 %	5,52 %	8,65 %	7,41 %	9,77 %	5,36 %	7,24 %	6,02 %
Basic Metals	6,07 %	11,33 %	7,62 %	13,22 %	10,99 %	9,65 %	6,56 %	8,40 %
Coke, Refined Petroleum Products And Nuclear Fuel	6,26 %	4,56 %	3,76 %	4,75 %	3,67 %	7,38 %	3,41 %	8,76 %
Chemicals Excluding Pharmaceuticals	6,88 %	4,96 %	6,45 %	7,75 %	4,84 %	5,21 %	11,62 %	7,16 %
Pharmaceuticals	9,50 %	1,45 %	6,31 %	10,55 %	3,81 %	8,44 %	1,92 %	1,29 %
Office, Accounting And Computing Machinery	12,93 %	10,24 %	12,92 %	8,14 %	9,69 %	10,56 %	16,25 %	16,28 %
Chemical, Rubber, Plastics And Fuel Products	13,58 %	10,84 %	16,71 %	14,66 %	13,15 %	13,37 %	18,17 %	12,32 %
Radio, Television And Communication Equipment	13,78 %	21,95 %	7,69 %	6,85 %	5,90 %	7,38 %	11,05 %	16,05 %
Total manufacturing	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %
Contribution des 4 secteurs les plus importants	49,79 %	54,36 %	45,98 %	46,56 %	48,33 %	42,01 %	57,08 %	53,42 %
Rang	4	2	9	8	6	11	1	3

Tableau 5 Spécialisation et Intensité en R&D par pays (en %) (Total de la période 1980-1999)

Secteur	CAN	FIN	FR	GER	ITA	JPN	NLD	NOR
Other Non-Metallic Mineral Products	0,41	0,85	0,33	1,09	0,08	1,86	0,2	0,86
Wood And Products Of Wood And Cork	0,46	2,56	1,78	1,69	0,19	4,64	0,55	1,59
Rubber And Plastics Products	0,55	2,12	0,88	0,61	0,29	1,78	1,99	1,43
Textiles, Textile Products, Leather And Footwear	0,7	1,52	0,29	0,27	0,05	0,84	0,21	0,87
Fabricated Metal Products, Except Machinery And Equipment	0,73	3,96	4,24	2,33	1,48	15,49	1,82	2,38
Electrical Machinery And Apparatus, Nec	0,89	0,95	0,65	0,97	0,04	1,54	0,71	1,25
Food Products, Beverages And Tobacco	0,94	2,32	0,85	1,78	0,46	1,84	0,91	1,69
Pulp, Paper, Paper Products, Printing And Publishing	1,03	3,42	12,63	11,85	10,52	10,93	8,78	5,79
Motor Vehicles, Trailers And Semi-Trailers	1,83	6,46	3,94	5,24	1,5	6,52	3,7	7,43
Machinery And Equipment, N.E.C.	2,03	3,29	3,38	1,77	1,13	4,41	2,44	5,56
Basic Metals	2,09	7,95	8,2	11,71	3,75	13,73	9,47	6,43
Coke, Refined Petroleum Products And Nuclear Fuel	3,29	10,89	6,02	6,58	3,2	16,37	41,76	5,9
Chemicals Excluding Pharmaceuticals	3,89	8,14	8,9	9,41	4,23	10,6	9,3	7,98
Pharmaceuticals	9,75	4,9	3,9	2,6	1,32	1,42	5,82	6,41
Office, Accounting And Computing Machinery	14,95	25,31	22,95	20,36	11,19	17,37	24,42	25,64
Chemical, Rubber, Plastics And Fuel Products	28,07	28,32	33,55	41,78	19,7	14,88	13,5	51,17
Radio, Television And Communication Equipment	41,05	18,51	16,47	15,36	30,75	26,37	32,78	32,08
Total manufacturing	6,63	7,73	7,59	7,97	5,29	8,86	9,32	9,67
Rang	10	7	8	6	11	4	3	2

Pour l'ensemble des 11 pays (Figure 21), l'intensité globale moyenne en R&D est d'environ 8.2 %. Le secteur des Appareils de radio, télévision et Télécommunication a une intensité technologique moyenne d'environ 26 % lui procurant la première place, suivi de l'industrie Machines de bureau, comptables et informatiques avec 23.3 % et des Produits pharmaceutiques avec 21.3 %.

Figure 21 Répartition de l'intensité en R&D par industrie –ensemble des pays-



Les figures ci-dessous représentent la répartition de l'intensité en R&D par secteur pour quelques pays. Pour la France, le secteur des Appareils de radio, télévision et Télécommunication arrive en tête avec une intensité moyenne d'environ 35 % suivi des produits pharmaceutiques avec 21 %. On trouve les mêmes secteurs avec le même ordre en Grande Bretagne avec respectivement 26 % et 34 % et aux États-Unis avec respectivement 33.7 % et 22 %. Au Japon, on trouve plutôt l'industrie des Machines de bureau, comptables et informatiques avec 24 % suivi du secteur pharmaceutique avec 16.42 % et de l'industrie des Machines et Appareils Electriques avec 15.80 %.

Figure 22 Diagramme de dispersion de l'intensité en R&D par secteur : Cas de la France

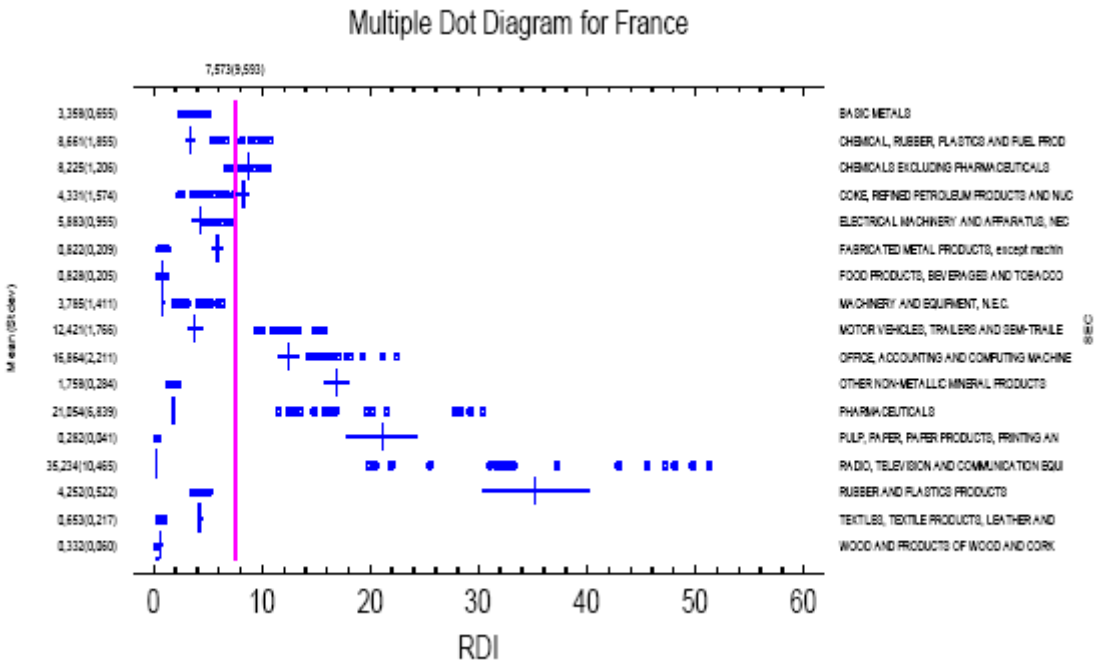


Figure 23 Diagramme de dispersion de l'intensité en R&D par secteur : Cas du Japon

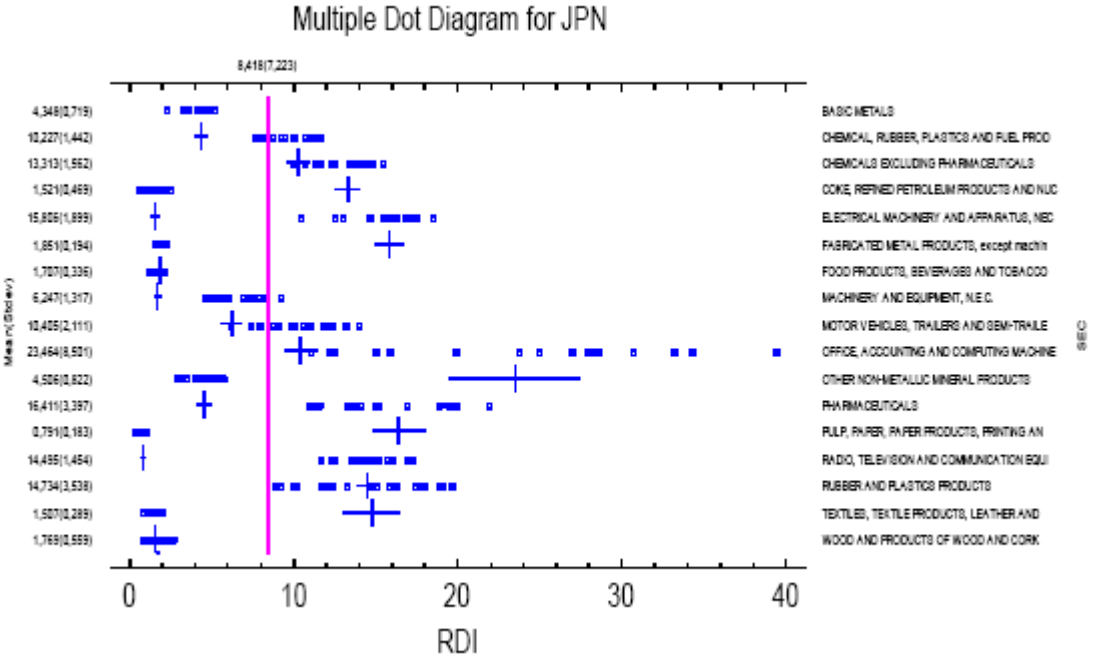


Figure 24 Diagramme de dispersion de l'intensité en R&D par secteur : Cas du Royaume Unis

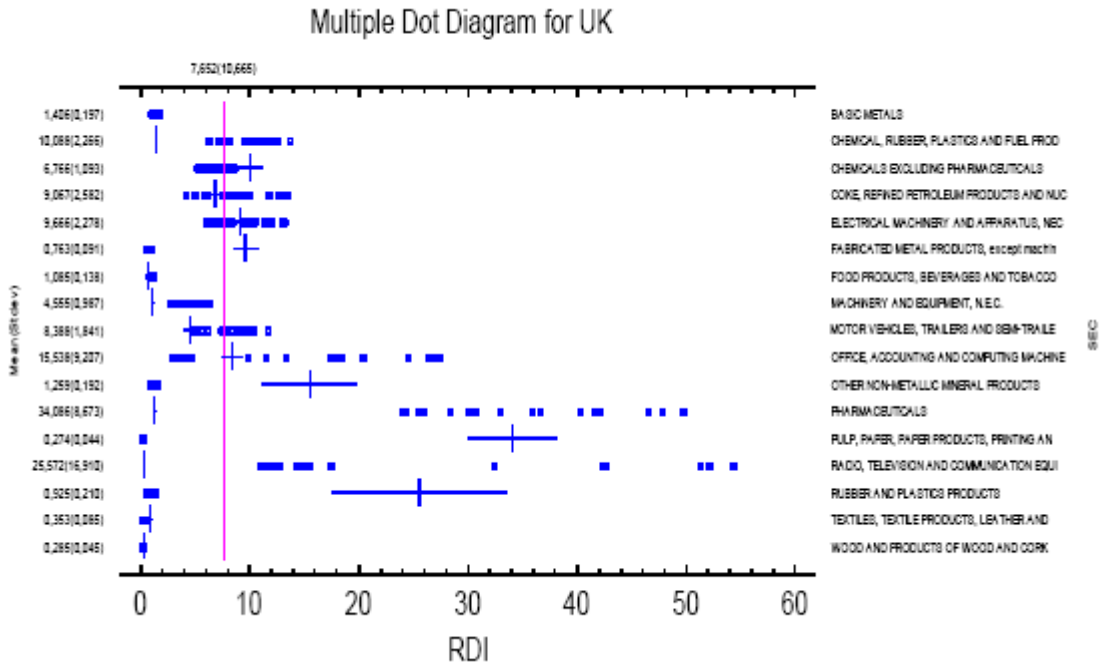
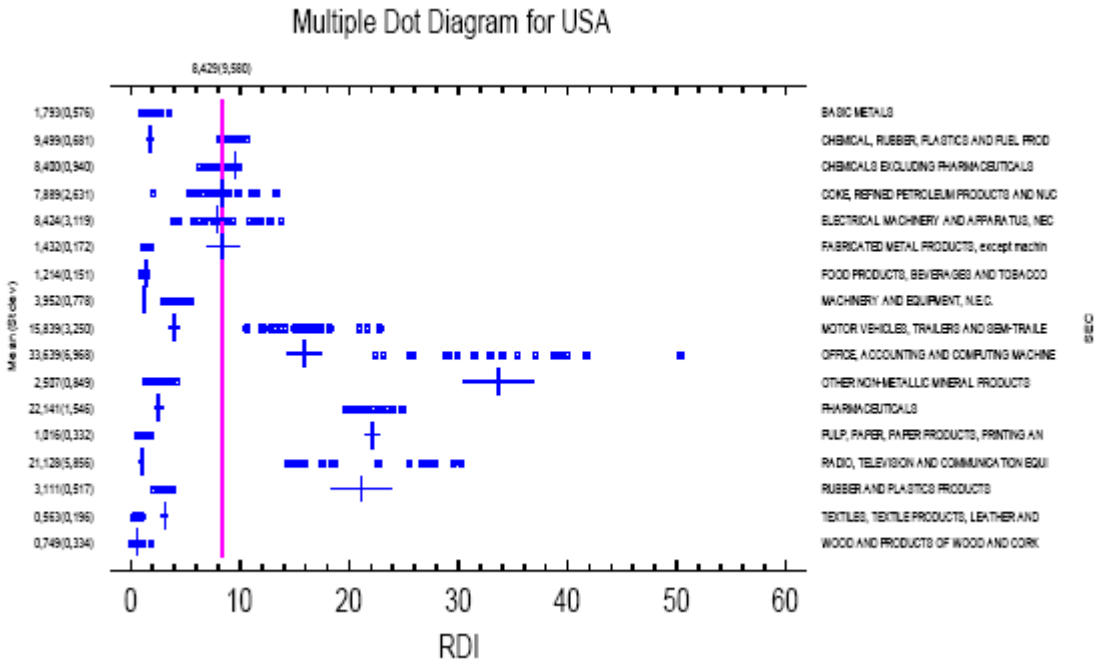


Figure 25 Diagramme de dispersion de l'intensité en R&D par secteur : Cas des États Unis



2.3.3. Niveaux technologiques et intensité en R&D

Le Tableau 6 croise niveau technologique et groupe de pays, selon la méthode d'évaluation de la valeur ajoutée, avec comme variable d'intérêt l'intensité moyenne en R&D durant la période 1980-1999. Quatre remarques sont à noter :

- La confirmation de l'accroissement de cette intensité en fonction du niveau technologique.
- Dans le groupe de pays dont la valeur ajoutée étant évaluée au prix de marché[74] (Italie, USA et le Japon), les intensités moyennes en R&D sont paradoxalement importantes par rapport à celles des autres groupes. En effet, on s'attendait à l'inverse car le prix du marché constitue l'évaluation la plus complète de la valeur ajoutée, et logiquement cela doit se traduire par une intensité plus faible dans ce groupe toutes choses égales par ailleurs. Mais si les dépenses de R&D sont très importantes (USA et le Japon) elles peuvent compenser cette différence.
- La position de la France est relativement faible dans son groupe. Ainsi, pour la Haute Technologie, elle est derrière la Suède et la Finlande pour les industries : Produits pharmaceutiques, Machines de bureau, comptables et informatiques
- Le calcul d'une seule moyenne sur une longue période (1980-1999) peut masquer éventuellement des fluctuations liées à des spécificités temporelles. Pour cette raison on a scindé la période en deux sous périodes (1980-1989 et 1990-1990) et le calcul confirme cette variabilité croissante dans le temps.

Tableau 6 Intensité en R&D par groupe de pays et niveau technologique (en %)

[74] Toutes taxes incluses.

		Méthode d'évaluation de la valeur ajoutée														
		Coûts Facteurs			Prix Base					Prix Producteur			Prix Marché			
		CAN	UK	Groupe	FIN	FR	GER	SWE	Groupe	NLD	NOR	Groupe	ITA	JPN	USA	Groupe
Niveau technologique	Secteur	Période (1980-1999)														
Faible Technologie	1516	0.56	**1.08**	**0.82**	2.04	0.83	0.64	**2.08**	**1.40**	**1.93**	1.32	**1.62**	0.27	**1.71**	1.21	**1.06**
	1719	**0.86**	0.35	**0.60**	1.03	0.65	0.99	**1.37**	**1.01**	0.69	**1.21**	**0.95**	0.04	**1.51**	0.56	**0.70**
	2000	**0.45**	0.28	**0.36**	0.83	0.33	**1.24**	0.34	**0.68**	0.18	**0.85**	**0.51**	0.07	**1.77**	0.75	**0.86**
	2122	**0.71**	0.27	**0.49**	1.51	0.28	0.28	**2.18**	**1.06**	0.2	**0.84**	**0.52**	0.05	0.79	**1.02**	**0.62**
Moyenne-Faible Technologie	2300	**12.02**	9.07	**10.54**	**5.25**	4.33	2.98	2.37	**3.73**	**6.57**	6.35	**6.46**	1.61	1.52	**7.89**	**3.67**
	2500	0.75	**0.92**	**0.835**	3.61	**4.25**	2.35	3.6	**3.45**	1.7	**2.28**	**1.99**	1.61	**14.73**	3.11	**6.48**
	2600	0.48	**1.26**	**0.87**	**2.53**	1.76	1.7	1.95	**1.98**	0.52	**1.59**	**1.05**	0.19	**4.51**	2.51	**2.40**
	2700	**2.15**	1.41	**1.78**	**3.53**	3.36	1.8	3.51	**3.05**	2.39	**5.69**	**4.04**	1.19	**4.35**	1.79	**2.44**
	2800	**0.87**	0.76	**0.815**	2.18	0.82	1.91	**2.52**	**1.85**	0.88	**1.82**	**1.35**	0.49	**1.85**	1.43	**1.25**
Moyenne-Haute Technologie	2325	4.01	**10.09**	**7.05**	7.79	8.66	9.33	**14.82**	**10.15**	**9.33**	7.61	**8.47**	4.57	**10.23**	9.5	**8.1**
	2401	2.21	**6.77**	**4.49**	7.73	8.22	**11.66**	6.88	**8.622**	**9.59**	6.4	**7.995**	4.1	**13.31**	8.4	**8.60**
	2900	1.77	**4.56**	**3.16**	6.19	3.79	5.18	**9.74**	**6.22**	3.19	**7.57**	**5.38**	1.39	**6.25**	3.95	**3.86**
	3100	3.32	**9.67**	**6.49**	10.37	5.88	6.64	**11.91**	**8.7**	**47.62**	6.04	**26.83**	3.25	**15.81**	8.42	**9.16**
	3400	1.07	**8.39**	**4.73**	3.21	12.42	11.05	**17.99**	**11.16**	**9.69**	5.02	**7.355**	10.52	10.41	**15.84**	**12.25**
Haute Technologie	2423	13.13	**34.09**	**23.61**	24.15	21.05	19.77	**42.11**	**26.77**	24.22	**25.46**	**24.84**	12.05	16.41	**22.14**	**16.86**
	3000	**42.13**	15.54	**28.83**	**19.74**	16.86	15.22	19.07	**17.72**	27.69	**29.28**	**28.485**	30.85	23.46	**33.64**	**29.31**
	3200	**26.66**	25.57	**26.11**	26.87	35.23	41.22	**44.56**	**36.97**	13.17	**50.84**	**32.005**	19.51	14.49	**21.13**	**18.37**

Selon la Figure 26, la régression des dépenses en R&D sur la valeur ajoutée par niveau technologique montre que les élasticités sont croissantes proportionnellement aux niveaux de l'intensité en R&D. Ce point fera l'objet dans le chapitre suivant d'une analyse économétrique profonde en utilisant un modèle à correction d'erreur afin de distinguer les élasticités de cout terme des élasticités de long terme.

Une présentation de cette relation entre dépenses en R&D et valeur ajoutée (Figure 27) par pays montre que les élasticités sont également une fonction croissante du niveau technologique.

Figure 26 Dépenses en R&D en fonction de la valeur ajoutée par niveau technologique

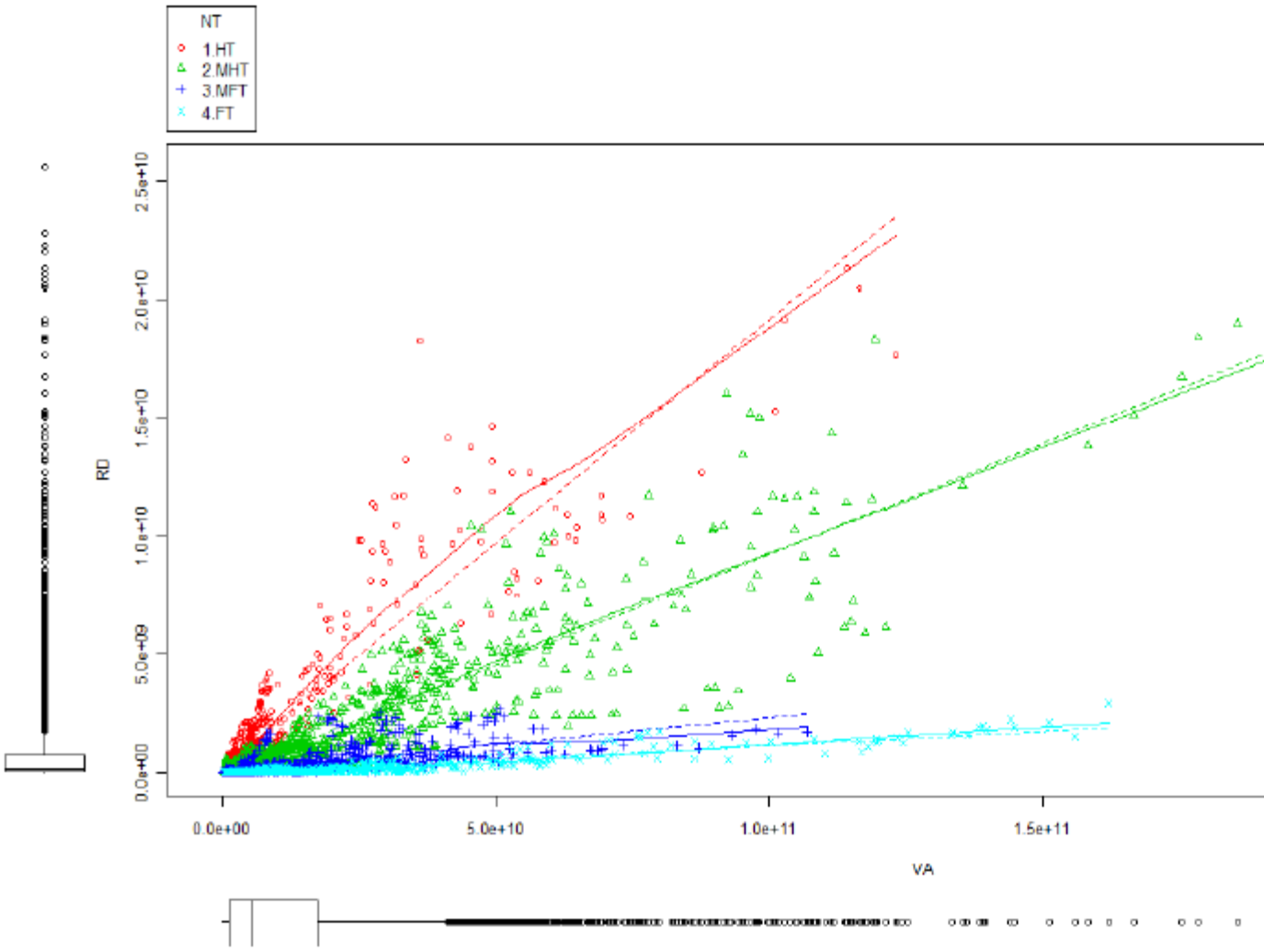
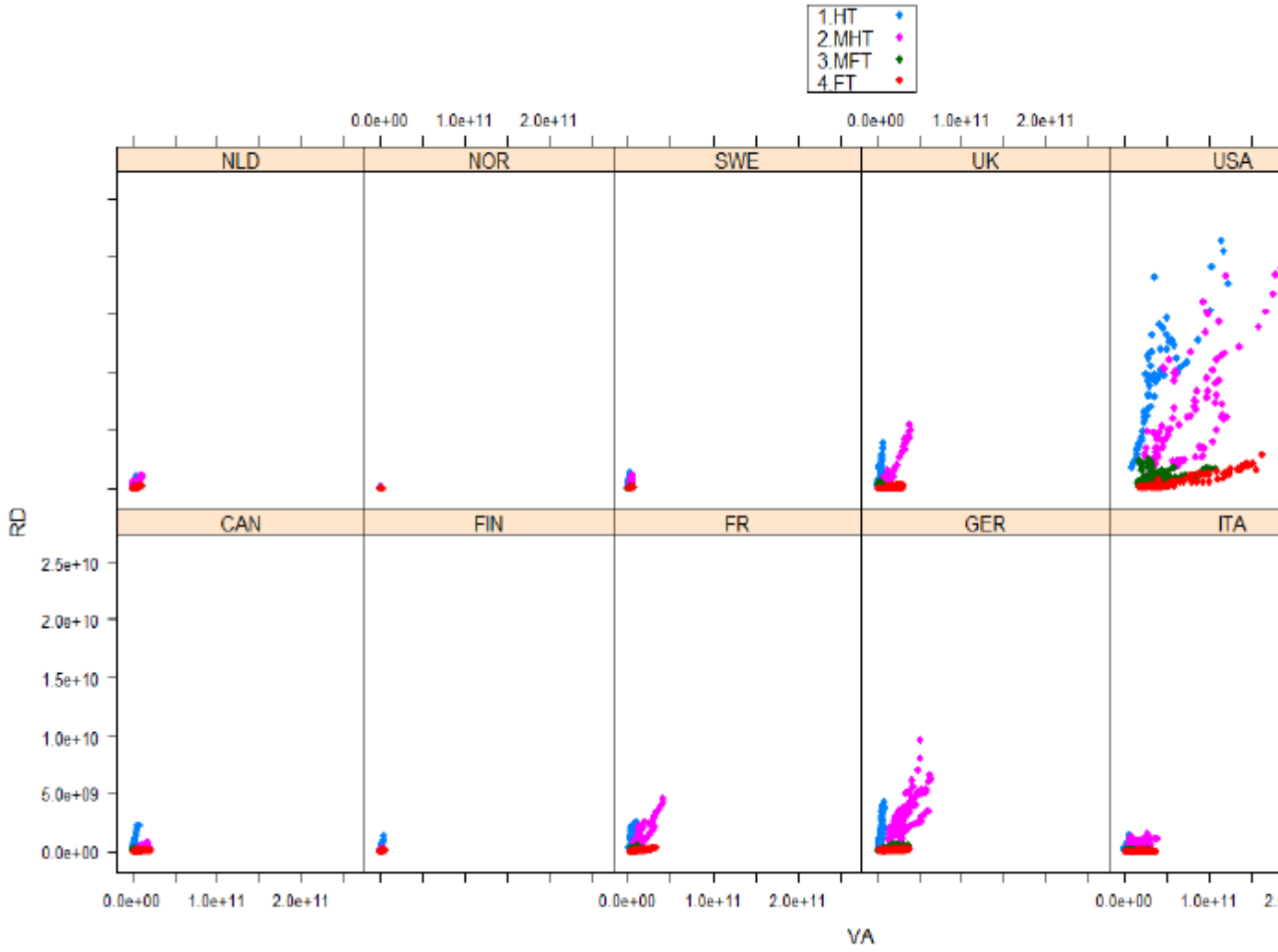


Figure 27 Dépenses en R&D en fonction de la valeur ajoutée par niveau technologique et par pays


1.HT
2.MHT
3.MFT
4.FT
NLD
NOR
SWE
UK
USA
CAN
FIN
FR
GER
ITA
RD
VA
0.0e+00
1.0e+11
2.0e+11
2.5e+10
2.0e+10
1.5e+10
1.0e+10
5.0e+09
0.0e+00

Du modèle standard au modèle à correction d'erreur : une application aux données de panel dynamique

Nous avons démarré cette thèse en s'inspirant des travaux de Kleinknecht et Verspagen (1990) sur leur reconsidération économétrique des hypothèses de Schmookler (1966). Leur modèle, même s'il est standard, invite néanmoins à explorer d'autres aspects de la relation entre innovation et demande. Nous proposons d'améliorer cette modélisation en utilisant des techniques économétriques avancées, particulièrement les modèles statiques de panel qui permettent de tester, en plus des hypothèses de type « Demand-Pull » et « Technology-Push », l'existence des effets fixes ou aléatoires ayant trait aux spécificités nationales, technologiques et temporelles. Nous pouvons également complexifier cette modélisation encore plus à l'aide des modèles dynamiques de panel à correction d'erreur qui permettent de quantifier les effets à court et long termes et proposent des outils de diagnostic très avancés sur le comportement du modèle en réponses aux chocs exogènes de court terme. Ces exercices ayant in finie pour objectif de tester l'existence d'un effet « Demand-Pull » ou/et « Technology-Push.

Nous avons présenté dans le chapitre précédent quelques résultats statistiques sur les indicateurs des activités de production technologique et économique. Nous avons constaté notamment que les coefficients de la simple régression des dépenses en R&D sur la valeur ajoutée, sont croissants et proportionnels aux niveaux technologiques.

Dans ce chapitre, nous allons tester économétriquement cette intuition statistique à l'aide de modèles plus complexes et plus efficaces. Dans une première section, nous présenterons les résultats d'un premier modèle linéaire « naïf ». Nous améliorons nos estimations dans une deuxième section en spécifiant un modèle statique de panel. Nous terminons sur modélisation dynamique plus complexe à correction d'erreur pour analyser les dynamiques à court et à moyen terme.

1. Un modèle linéaire standard

Notre première spécification, rappelons-le, est inspirée des travaux de Kleinknecht et Verspagen (1990) bien qu'ils utilisent plutôt le chiffre d'affaires comme indicateur[75] direct de la demande. Nos données ne disposent pas de telle variable, nous utilisons alors la valeur ajoutée qui mesure une demande « nette » (car on exclut la consommation intermédiaire qui représente la demande propre de l'entreprise de la production).

Soient les deux modèles suivants selon la Spécification I. :.

Spécification I :

Demand-Pull : $LRD_{ijt} = \alpha_1 + \beta_1 \cdot LVA_{ijt} + \zeta^1_{ijt}$

Technology-Push : $LVA_{ijt} = \alpha_2 + \beta_2 \cdot LRD_{ijt} + \zeta^2_{ijt}$

Avec LRD et LVA, les logarithmes népériens des dépenses en R&D et des valeurs ajoutées aux US$ constants (base 1995) corrigées par les parités des pouvoirs d'achat du PIB[85] respectivement pour le secteur j dans le pays i à l'instant t. ζ_{ijt} étant un terme d'erreur stochastique dont la distribution suit une loi normale.

Une première estimation, naïve, consiste à appliquer les MCO[86] sur l'ensemble des données mises bout à bout sans se préoccuper de leur nature particulière ni de celle de la spécification des aléas ζ_{ijt}.

Le Tableau 7 montre, tous secteurs, tous pays confondus, une élasticité de type « Demand-Pull » (0.87) relativement plus importante que celle de type « Technology-Push » (0.58). Cela montre une influence bidirectionnelle de ces deux approches. La part de la variance expliquée par le modèle est d'environ 50 %.

Tableau 7 OLS of Pooled data – Manufacturing sectors

[75] On peut penser à d'autres indicateurs de la demande tels que le Taux de valeur ajoutée qui est le rapport de la Valeur Ajoutée au Chiffre d'affaires (H.T.). Ce ratio mesurant la contribution de l'entreprise à la valeur de la production.

Model	Variables	Coeff	t-prob	R^2	Part.R^2
Demand-Pull	Constant	-2.306	0.000	0.502	0.088
	LVA	0.868	0.000		0.502
Technology-Push	Constant	5.52431	0.000	0.502	0.756
	LRD	0.578709	0.000		0.502

Figure 28 Demand-Pull: Graphic Analysis for modeling LRD by OLS

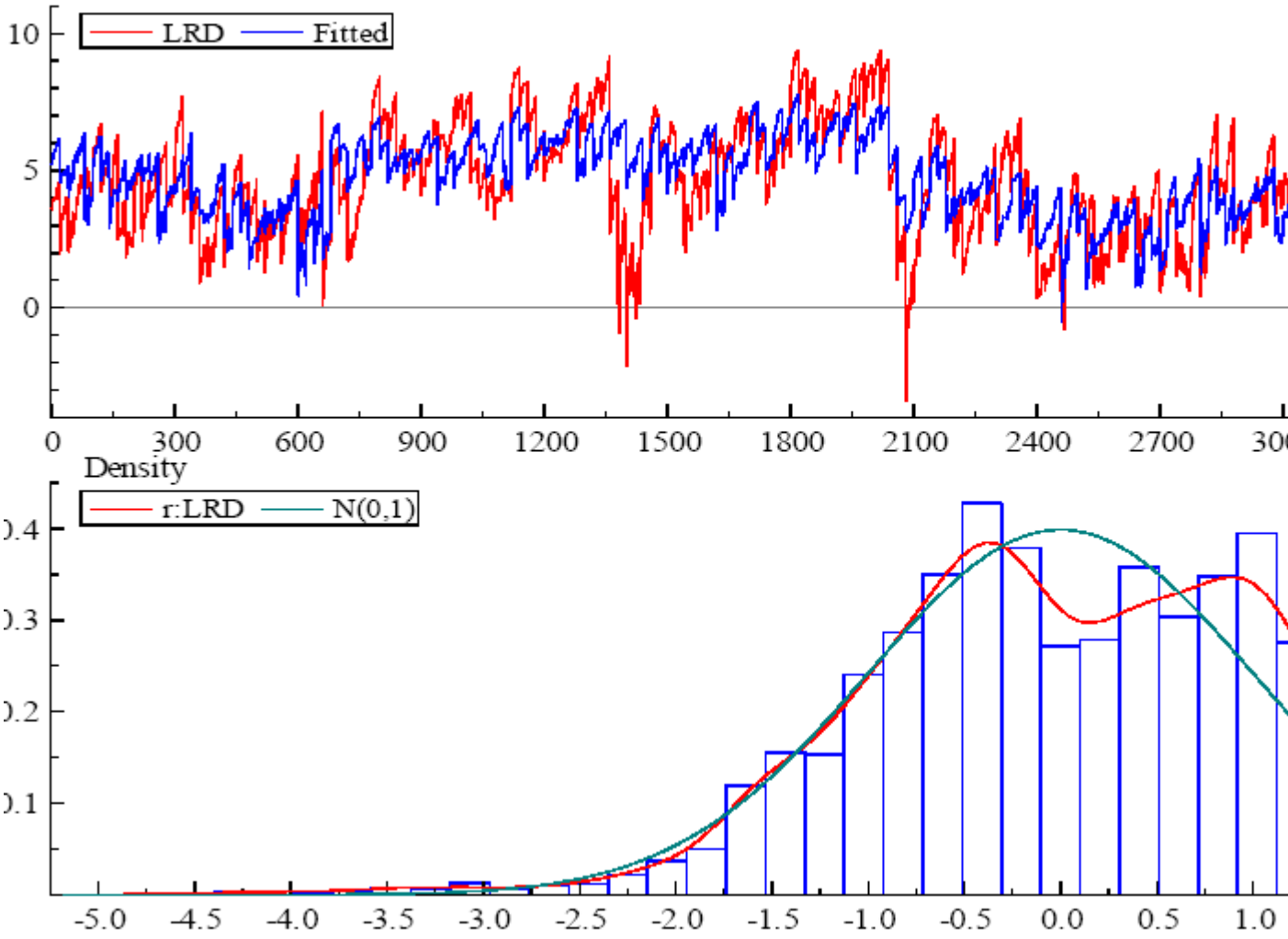
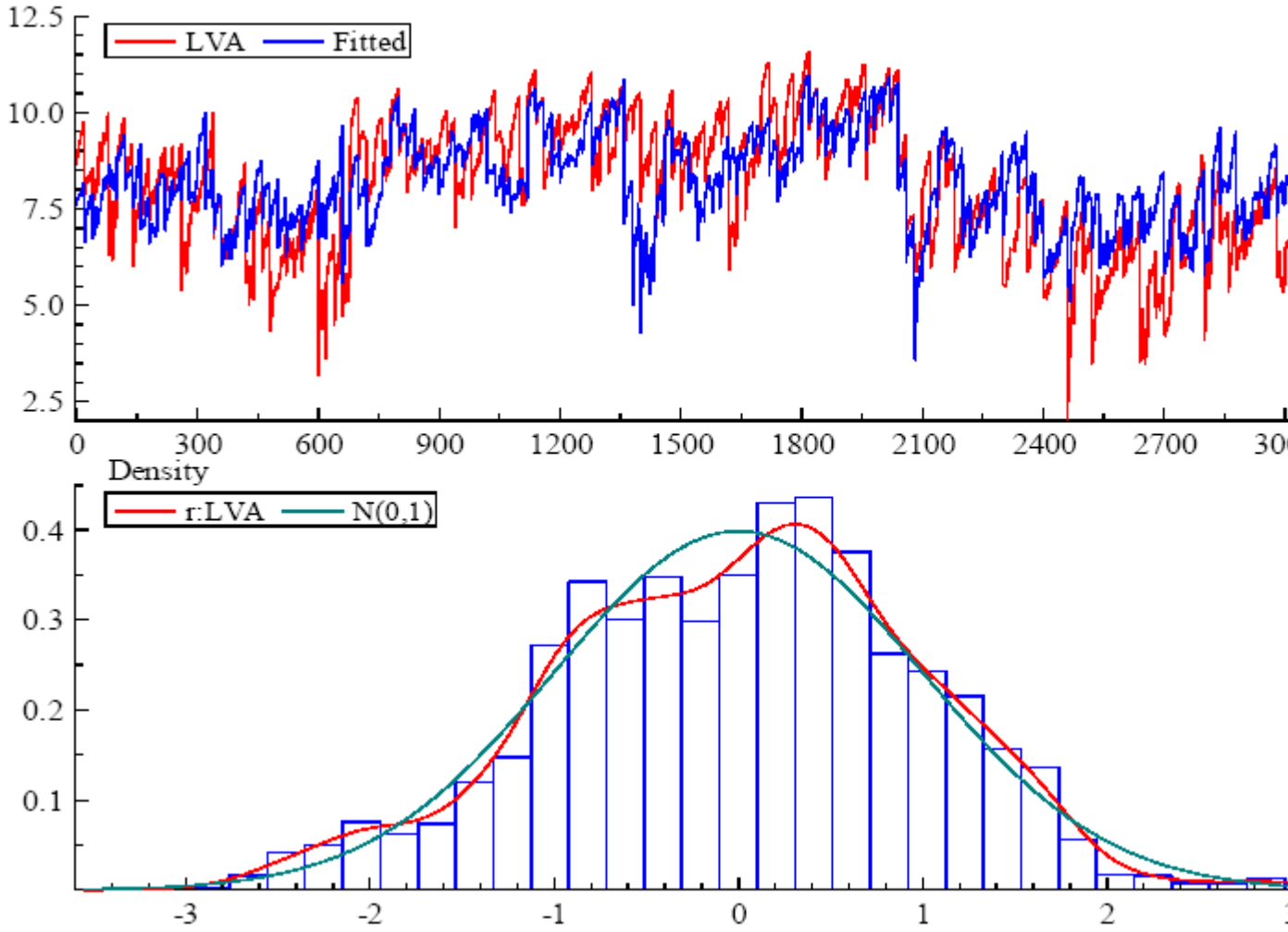


Figure 29 Technology-Push: Graphic Analysis for modeling LVA by OLS



La Figure 28 et la Figure 29 représentent les erreurs d'estimation selon cette spécification naïve ne prenant pas en compte la nature spatio-temporelle des données. La distribution des résidus ne suit pas une loi normale.

On a estimé ces deux modèles de la Spécification I au niveau agrégé de l'industrie manufacturière. Ainsi, les résultats sont récapitulés dans le Tableau 8.

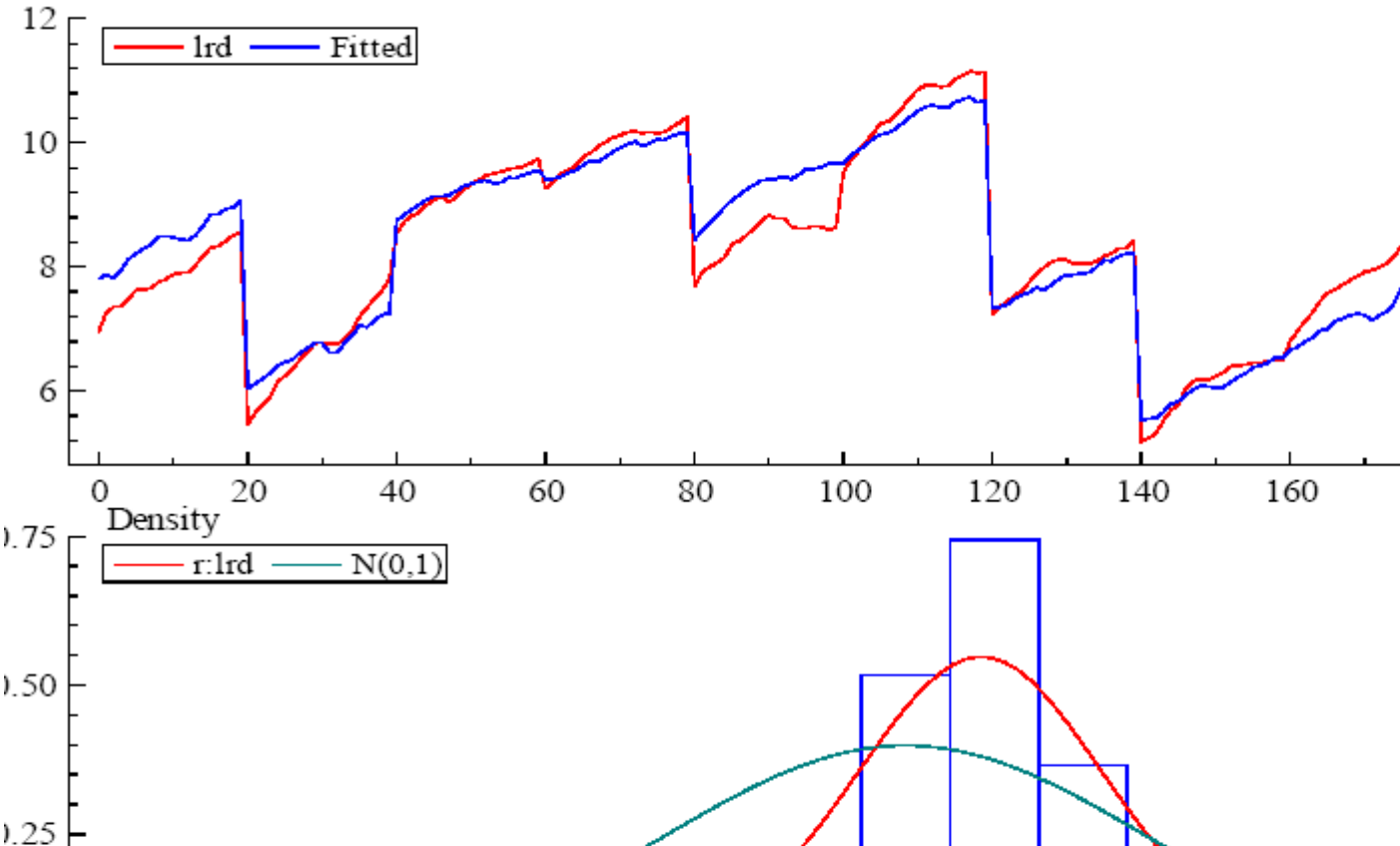
Tableau 8 OLS of Pooled data – Total manufacturing –

Model	Variables	Coeff	t-prob	R2	Part.R2
Demand-Pull	Constant	-3.319	0.000	0.935	0.5241
	LVA	1.036	0.000		0.9356
Technology-Push	Constant	3.740	0.000	0.935	0.763
	LRD	0.903	0.000		0.935

Les coefficients sont significativement plus importants, comparativement aux estimations précédentes. Ainsi, l'élasticité de type « Demand-Pull » est d'environ 1.04 tandis que celle de type « Technology-Push » est de l'ordre de 0.90. La part de la variance expliquée par chaque modèle est aussi plus importante (93 %).

À ce niveau d'estimation, les modèle ne sont toujours pas valides (Figure 30 et Figure 31) car les termes d'erreur n'ont toujours pas les propriétés stochastiques requises.

Figure 30 Demand-Pull: Graphic Analysis for modeling LRD - TM –



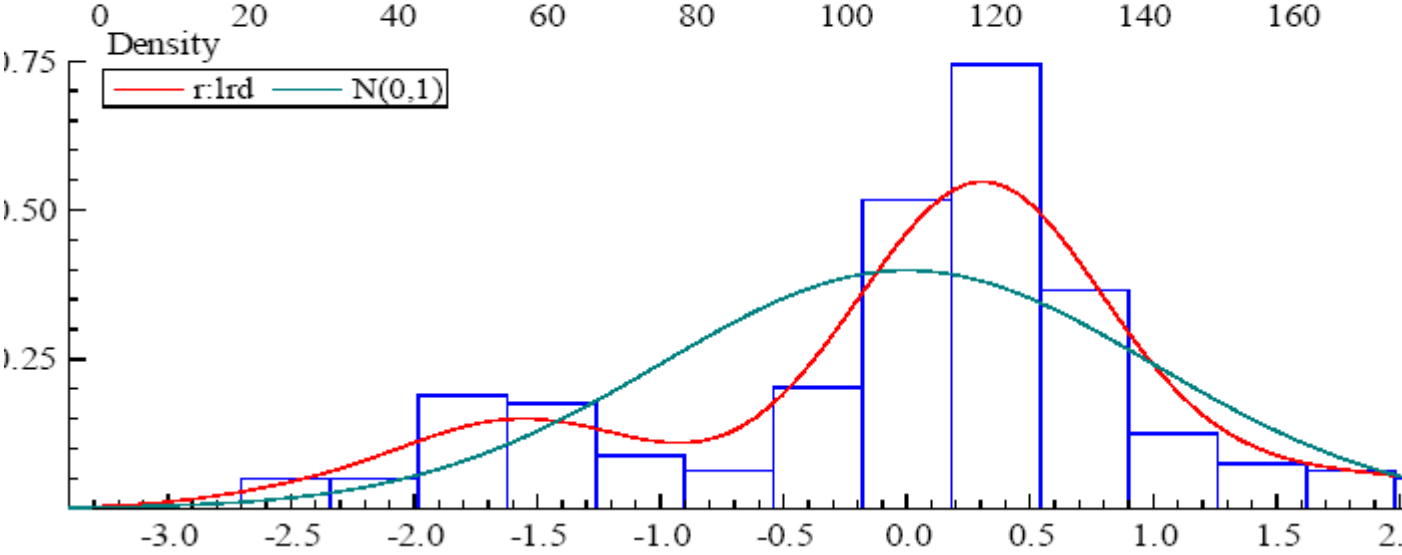
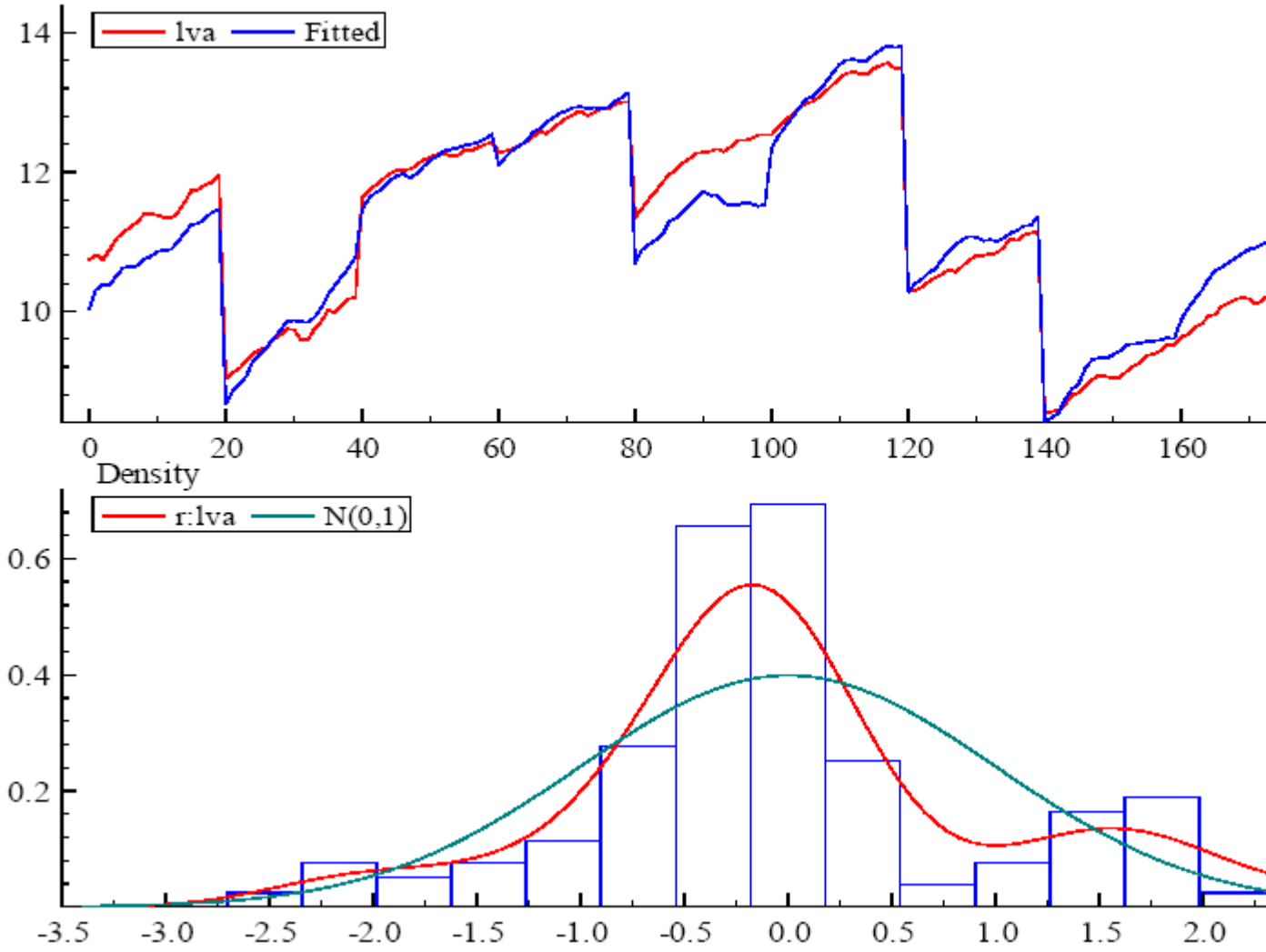


Figure 31 Technology-Push: Graphic Analysis for modeling LVA - TM –



Ces estimations sont incorrectes car on n'a pas pris en considération la nature spécifique des données, en ce sens que les observations sont corrélées au niveau de chaque pays et chaque secteur.

Dans une deuxième spécification, nous utilisons un modèle linéaire généralisé et nous introduisons des effets technologiques, nationaux et temporels.

Spécification II :

Demand-Pull : $LRD_{ijt} = \alpha^1_{ijt} + \beta_1 \cdot LVA_{ijt} + \zeta^1_{ijt}$

Technology-Push : $LVA_{ijt} = \alpha^2_{ijt} + \beta_2 \cdot LRD_{ijt} + \zeta^2_{ijt}$

Avec LRD et LVA, les logarithmes népériens des dépenses en R&D et des valeurs ajoutées respectivement pour le secteur j dans le pays i à l'instant t.

La constante est décomposée de la façon suivante :

$$\alpha_{ijt} = \underbrace{\alpha_{...}}_{\text{Effet moyen général}} + \underbrace{\alpha_{i..}}_{\text{Effet pays}} + \underbrace{\alpha_{.j.}}_{\text{Effet technologique}} + \underbrace{\alpha_{..t}}_{\text{Effet temps}}$$

D'après le Tableau 9, les effets introduits sont très significatifs. En effet, les modèles ne sont pas généralisables à tous les pays (spécificités nationales) et dépendent fortement des caractéristiques technologiques sectorielles (niveaux technologiques) ainsi que de la conjoncture économique (spécificités temporelles).

En présence de ces effets spécifiques, l'élasticité de type « Demand-Pull » (0.88) devient deux fois plus importante que celle de type « Technology-Push » (0.47).

Tableau 9 OLS of Pooled data – Manufacturing sectors – GLM

Model	Variables	Coeff	Std Error	L-R ChiSquare	Prob>ChiSq
Technology-Push[87]	Intercept	13,3793	0,1713	3617,9132	0,0000
	Log RD	0,4662	0,0091	1998,4765	0,0000
	Country Code[CAN]	0,0791	0,0278	8,0739	0,0045
	Country Code[FIN]	-1,1881	0,0314	1215,3362	<,0001
	Country Code[FR]	0,3424	0,0279	148,1218	<,0001
	Country Code[GER]	0,5706	0,0294	359,8675	<,0001
	Country Code[ITA]	0,8093	0,0276	776,2164	<,0001
	Country Code[JPN]	0,7084	0,0337	417,9069	<,0001
	Country Code[NLD]	-0,4596	0,0288	246,1101	<,0001
	Country Code[NOR]	-1,5087	0,0347	1532,6852	0,0000
	Country Code[SWE]	-0,9350	0,0285	945,8979	<,0001
	Country Code[UK]	0,4058	0,0276	210,4237	<,0001
	Technological Levels[1.HT]	-1,2359	0,0196	2713,3347	0,0000
	Technological Levels[2.MHT]	-0,0300	0,0173	2,9972	0,0834
	Technological Levels[3.MFT]	0,2070	0,0156	171,6411	<,0001
	Sub-Periods (1.[80-85[)	-0,1536	0,0157	94,5380	<,0001
	Sub-Periods(2.[85-90[)	-0,0322	0,0149	4,6584	0,0309
	Sub-Periods(3.[90-95[)	0,0250	0,0150	2,7758	0,0957
Demand-Pull[88]	Intercept	-0,8262	0,3832	4,6448	0,0311
	Log VA	0,8880	0,0173	1998,4765	0,0000
	Country Code[CAN]	-0,4505	0,0378	139,7509	<,0001
	Country Code[FIN]	0,0486	0,0509	0,9132	0,3393
	Country Code[FR]	0,0809	0,0392	4,2635	0,0389
	Country Code[GER]	0,2059	0,0424	23,5302	<,0001
	Country Code[ITA]	-0,9998	0,0389	608,5677	<,0001
	Country Code[JPN]	0,6544	0,0480	181,4937	<,0001
	Country Code[NLD]	-0,2051	0,0410	24,9791	<,0001
	Country Code[NOR]	-0,0479	0,0587	0,6643	0,4151
	Country Code[SWE]	0,2826	0,0444	40,2983	<,0001
	Country Code[UK]	-0,0699	0,0391	3,1901	0,0741
	Technological Levels[1.HT]	1,7308	0,0266	2833,4799	0,0000
	Technological Levels[2.MHT]	0,6636	0,0213	860,9601	<,0001
	Technological Levels[3.MFT]	-0,5968	0,0198	814,3591	<,0001
	Sub-Periods[1.[80-85[]	-0,1813	0,0217	68,9294	<,0001
	Sub-Periods[2.[85-90[]	0,0050	0,0206	0,0595	0,8073
	Sub-Periods[3.[90-95[]	0,0919	0,0207	19,7179	<,0001

[notes : La qualité de l'ajustement du modèle « Technology-Push » n'est pas bonne.

Goodness Of Fit Statistic	ChiSquare	DF	Prob>ChiSq	Overdispersion
Pearson	1035.653	3722	1	0.2769
Deviance	1035.653	3722	1	

La qualité de l'ajustement du modèle « Demand-Pull » n'est également pas bonne.

Goodness Of Fit Statistic	ChiSquare	DF	Prob>ChiSq	Overdispersion
Pearson	1972.622	3722	1	0.5274
Deviance	1972.622	3722	1	

]

Ces résultats montrent bien que les différences sectorielles, dans les deux approches, sont expliquées non seulement par le niveau technologique mais aussi par des caractéristiques macroéconomiques spatio-temporelles.

Dans la section suivante, on monte en pertinence en exploitant la nature des données de panel pour estimer des modèles incorporant des caractéristiques spécifiques spatio-temporelles.

2. Modèle à effets fixés ou/et à effets aléatoires

De nombreux modèles économétriques, notamment dans le domaine de la politique macroéconomique, peuvent être confrontés à des données de panel[76]. Le caractère particulier de celles-ci invite à considérer des spécifications et des méthodes d'estimation adaptées. Ainsi, différents modèles ont été proposés dans la littérature, on cite principalement les modèles à effets fixes et les modèles à effets aléatoires.

Dans cette section, nous améliorons nos estimations en appliquant ces modèles à nos données. On considère la famille de modèles suivante :

Spécification III :

Demand-Pull : $LRD_{jt} = \alpha_i^1 + \beta_1 \cdot LVA_{jt} + \zeta_{jt}^1$

Technology-Push : $LVA_{jt} = \alpha_i^2 + \beta_2 \cdot LRD_{jt} + \zeta_{jt}^2$

Où : → i désigne un niveau d'estimation
→ j désigne l'individu
→ t désigne le temps

[76] Appelé aussi modèle de données croisées.

La modélisation porte uniquement sur la spécification des aléas ξ^i_{it} dont la décomposition est de la forme :

$$\zeta_{ijt} = \mu_{ij} + \nu_{it} + \varepsilon_{ijt}$$

Où: $\rightarrow \mu_{ij}$ un terme ne dépendant que de l'individu j
$\rightarrow \nu_{it}$ un terme ne dépendant que de l'instant t
$\rightarrow \varepsilon_{ijt}$ un terme aléatoire croisé

La suite dépend des hypothèses retenues sur ces composantes et à leurs relations.

Le modèle à effets fixes, également appelé *modèle de la covariance*, suppose que μ_{ij} et ν_{it} sont des effets constants, non aléatoires, qui viennent donc simplement modifier la valeur de la constante du modèle. L'estimation s'opère par les MCO, après ajout aux variables explicatives des variables indicatrices[87] associées aux individus et au temps.

[accès à la note : variables indicatrices[77]]

Si on suppose que les perturbations aléatoires croisées ε_{ijt} satisfont aux hypothèses[88] classiques des MCO, les estimations sont optimales et permettent notamment les tests de Fisher pour éprouver la nécessité des termes μ_{ij} ou/et ν_{it}. En revanche, le modèle à effets aléatoires, encore appelé *modèle à erreur composée*, suppose que μ_{ij} et ν_{it} sont véritablement aléatoires. L'idée de cette modélisation est que les trois effets ne s'exercent plus sur la constante du modèle, mais véritablement sur la perturbation aléatoire ξ^i_{it}.

[accès à la note : satisfont aux hypothèses[78]]

La méthode vise ensuite à préciser ces effets pour en tenir compte dans l'affinement de l'estimation. Sous les hypothèses indiquées, la variance de l'alea ζ_{ijt} devient :

$$\sigma^2_{\zeta_{ijt}} = \sigma^2_{\mu_{ij}} + \sigma^2_{\nu_{it}} + \sigma^2_{\varepsilon_{ijt}}$$

[77] Moins un secteur et une période pour ne pas créer de colinéarité avec la constante.

[78] C'est à dire elles sont centrées, homoscédastiques, indépendantes et normales.

L'estimation du modèle nécessite des estimateurs adaptés, tels les doubles moindres carrés ou la méthode des variables instrumentales. En effet, le premier estimateur estime les composantes de la variance apparaissant dans la relation de variance, ces estimations sont ensuite utilisées pour estimer les coefficients du modèle par les moindres carrés généralisés, la structure de variance-covariance des aléas étant approximativement connue.

Bien que les modèles à effets fixés et à effets aléatoires paraissent de natures différentes, le second est généralement recommandé. Des tests qu'on ne détaillera pas ici permettent d'éprouver les deux hypothèses. Si l'objectif principal est l'estimation des coefficients des variables autres que la constante et s'ils diffèrent peu, la question du choix perd de son importance. En effets fixes comme en effets aléatoires, les économètres commencent généralement par estimer et tester un modèle avec le seul[79] *effet individu*.

Estimations et résultats

Dans cette section, nous ne détaillerons pas les résultats, nous les présenterons graphiquement d'une façon très synthétique car l'objectif est ici de comparer la magnitude des réponses du modèles selon la configuration considérée (« Demand-Pull » ou « Technology-Push ») et le type d'effet examiné (fixe ou/et aléatoire).

Nous présentons les résultats de nos analyses en trois niveaux d'estimation : industrie manufacturière (11 industries manufacturières (11 pays) observées sur 20 ans), pays (17 industries observées sur 20 ans) et secteur d'activité (11 pays observés sur 20 ans).

Industrie manufacturière

La Figure 32 présente une vue synthétique des élasticités estimées de chaque modèle selon 5 formes d'effets *[note : La méthode de Parks (1975) est utilisée lorsque les erreurs ζ_{it} du modèle sont auto-corrélées d'ordre 1 avec une corrélation contemporaine entre les effets individus fixes. Pour une autocorrélation d'ordre supérieur à 1, il faut plutôt utiliser la méthode Da Silva (1967).]* . Ainsi, pour les deux approches on constate que les modèles à un effet (individu), fixe ou aléatoire, donnent des élasticités légèrement plus importantes par rapport aux modèles à deux effets (individu et temps) fixes ou aléatoires. Ce qui laisse supposer que l'effet temps peut être négligé[90].

[79] L'effet *temps* étant souvent inexistant ou très mineur.

[accès à la note : temps peut être négligé[80].]

On peut également constater d'après cette figure que les réponses des activités de R&D aux variations de la valeur ajoutée sont significativement plus importantes que la réponse de cette dernière aux variations des activités de R&D.

Par pays

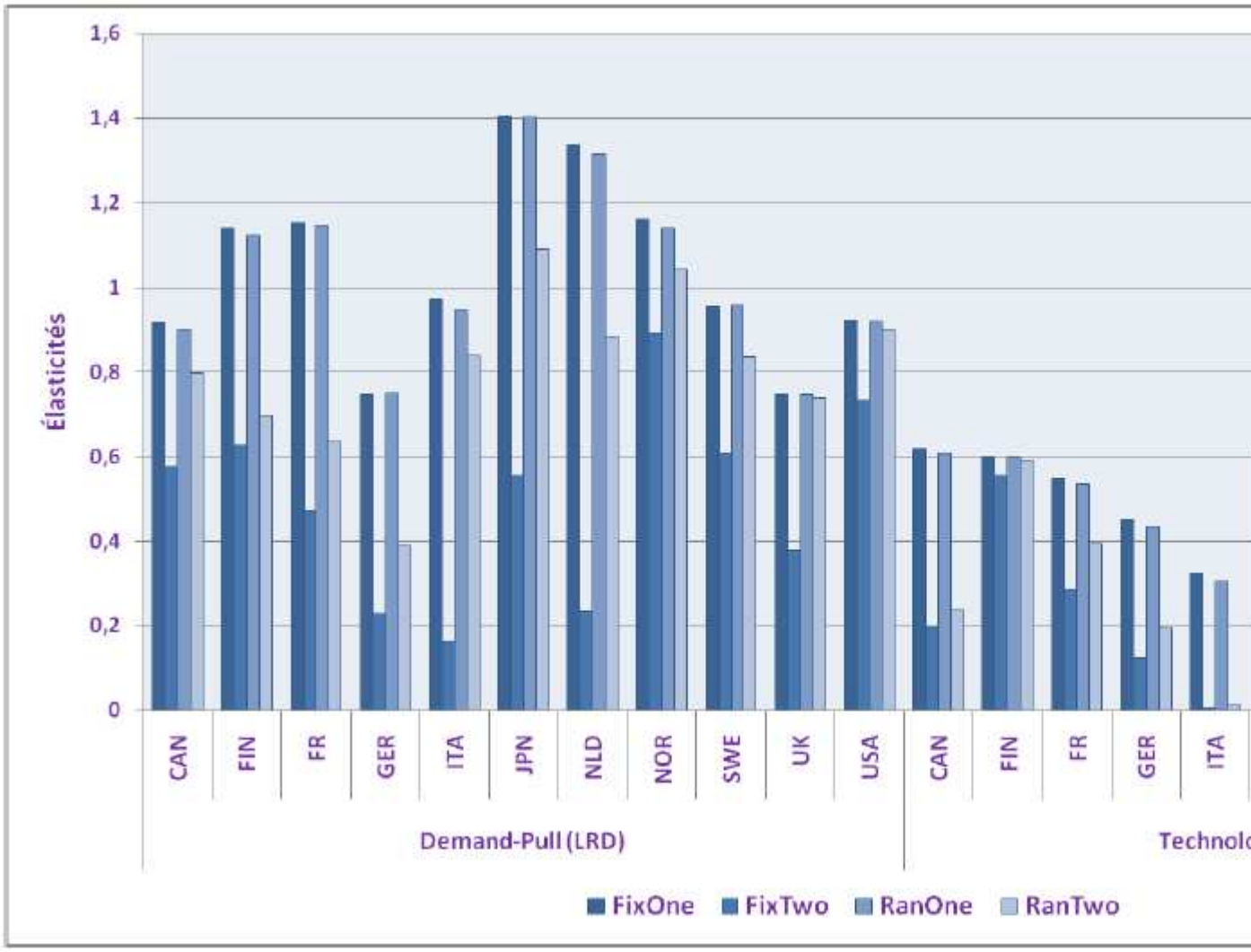
Les mêmes constatations sont à considérer pour les estimations au niveau de chaque pays (Figure 33), ce qui nous conduit à penser à la supériorité de l'approche « Demand-Pull » par rapport à celle de la « Technology-Push ».

Dans certains pays (Finlande, France, Japon, Pays-Bas et Norvège) les élasticités de type « Demand-Pull » dépassent l'unité, ce qui laisse supposer que les retombées technologiques d'une politique économique de type keynésien sont plus que proportionnelles aux efforts alloués pour réaliser cette politique. Dans le sens contraire, toute politique technologique visant à renforcer la recherche et inciter à innover pourrait engendrer une demande additionnelle moins proportionnelle.

Figure 32 Elasticités par méthode d'estimation

[80] Le test de spécification d'Hausman indique que l'hypothèse d'absence de corrélation entre les effets et la variable explicative du modèle est rejetée. Ce qui montre que les estimations à effets fixes sont conformes.

Figure 33 Elasticités par pays et méthode d'estimation



Par secteur d'activité et niveau technologique

Pour l'approche « Demand-Pull », les estimations (Figure 34 et Figure 35) par secteur d'activité montrent que les modèles à un effet (individu) fixe donnent des élasticités (allant de 0.45 à 2.12) légèrement plus importantes par rapport aux modèles à effet (individu) aléatoire (allant de 0.57 à 1.47).

À ce niveau d'estimation, la magnitude de réponse du modèle « Demand-Pull » aux variations positives de la demande est plus importante en termes d'élasticité dans tous les secteurs industriels et niveaux technologiques par rapport à la configuration inverse.

On vient d'illustrer à l'aide des modèles statiques de panel la supériorité en termes de magnitude de réponses de l'approche « Demand-Pull » par rapport à celle de la « Technology-Push ». Nous allons plus loin dans la section suivante en proposant des modèles plus

complexes qui permettent de décomposer ces réponses en 3 composantes : effet à court terme, effet à long terme et force de rappel vers l'équilibre de long terme.

Figure 34 Elasticités par niveau technologique - Effets aléatoires –

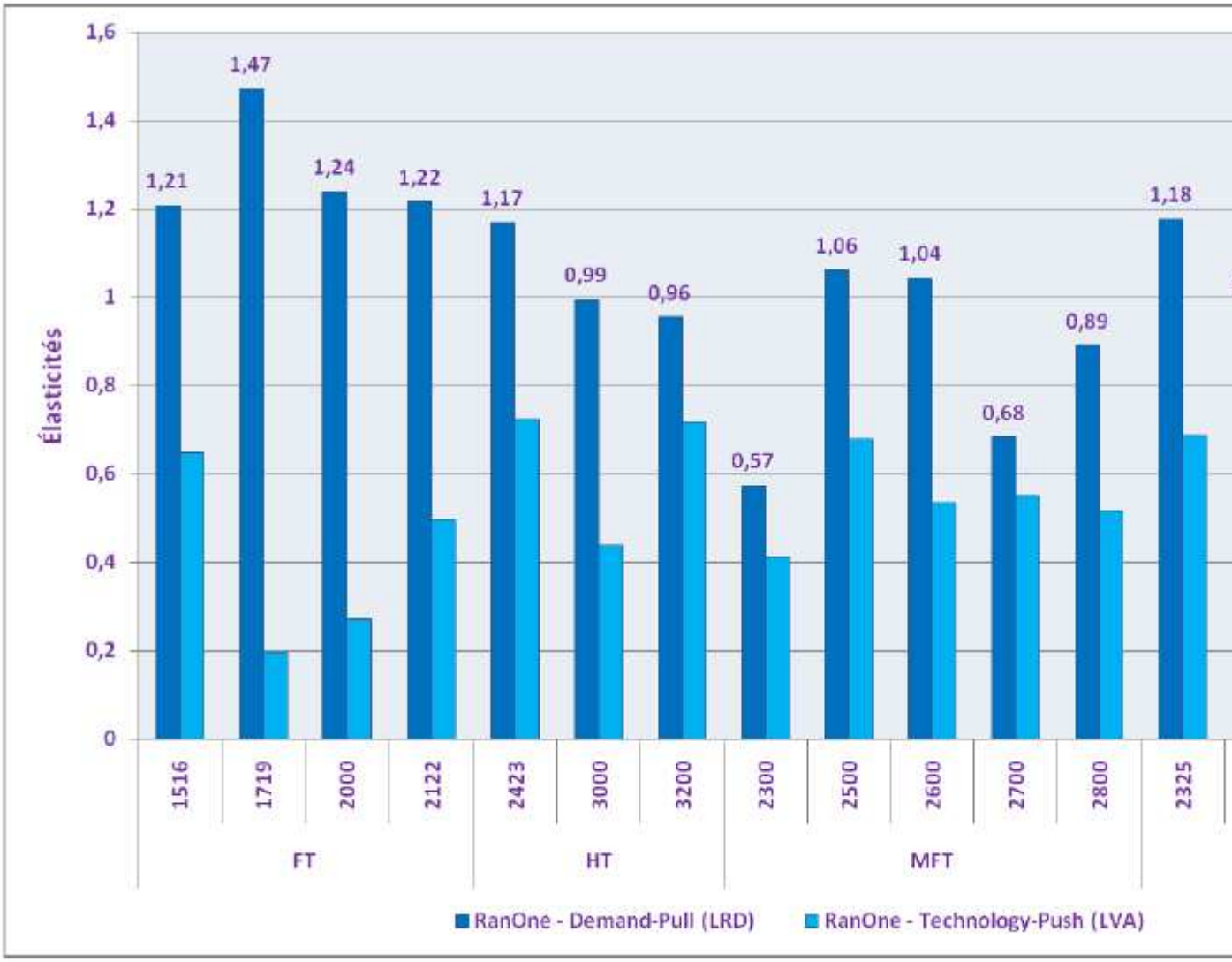


Figure 35 Comparaison des élasticités par secteur - Effets fixes –

3. Modèle à correction d'erreur

3.1. Littérature empirique

Qu'une demande croissante puisse induire une augmentation des efforts en innovation est issue, on l'a vu, des travaux pionniers de Schmookler (1962, 1966). D'une part, les ventes croissantes permettent ainsi le financement des activités onéreuses et incertaines de R&D, alors que la rentabilité et profitabilité potentielles de l'innovation augmentent avec la taille du marché (Schumpeter, 1942).

Contrairement à ce qui est généralement pensé, Schmookler (1966) était conscient du rôle important des différences en termes d'opportunités technologiques (ce que les économistes

ont désigné plus tard par hypothèse de type « Technology-Push »)[81] et constatait que les firmes dans les industries à forte base scientifique[82] (ce que l'on qualifie aujourd'hui par industrie de haute technologie) ont produit beaucoup plus d'innovation pour un niveau donné de ventes que les firmes dans d'autres industries. Cette hypothèse doit être examinée pour apprécier l'effet des différences en termes de régimes technologiques qui caractérisent[83] les différents secteurs industriels sur les performances économiques et technologiques.

Dans la littérature empirique, on trouve des auteurs qui ont cherché à tester les hypothèses de Schmookler (1966) et ils ont trouvé que dans l'ensemble, les résultats ne sont pas en conflit avec l'idée selon laquelle l'innovation peut être induite par la demande. Par exemple, Scherer (1982), on l'a vu, a confirmé la corrélation entre le dépôt de brevets des biens d'équipement et l'investissement des industries utilisatrices, en contrôlant par des variables muettes les 7 classes technologies de l'industrie manufacturière américaine. Tandis que Schmookler (1966) et Scherer (1982) employaient des données de brevets et des effets sans retard, Kleinknecht et Verspagen (1990) ont correctement souligné qu'il y a généralement un décalage entre innovation et dépôt de brevets[84]. Ici un problème méthodologique important surgit : il peut être correctement argumenté que l'activité d'innovation elle-même augmente la demande en raison des effets accélérateurs liés aux baisses des prix dues aux innovations de procédé et/ou à l'augmentation des parts de marché due aux innovations de produit. Ainsi, des corrélations élevées, au niveau micro-économique, entre la demande et les activités d'innovation peuvent être affectées par ce problème d'endogéneité. Par exemple, l'étude de Kleinknecht et Verspagen (1990), sur 46 industries hollandaises, montre qu'il existe une corrélation positive et significative entre l'accroissement des dépenses en R&D et l'accroissement de la demande. Néanmoins, cette corrélation ne peut être interprétée comme une confirmation définitive de l'hypothèse unidirectionnelle de type « Demand-Pull », puisque leurs résultats ont montré également une dépendance mutuelle de la demande et de l'innovation (effet d'endogéneité).

Ce problème d'endogéneité peut également surgir au niveau macro-économique. Par exemple, Geroski et Walters (1995), en utilisant une série chronologique pour le Royaume Unis, trouvent que l'*output* a un impact sur l'innovation et les brevets, mais aucune évidence de l'effet inverse.

---

[81] Voir Rosenberg, 1976, 1982 et Dosi *et al.*, 1988 et le chapitre II plus généralement.

[82] Sciences-Based Industries.

[83] Les « systèmes sectoriels de l'innovation » diffèrent en termes de structure du marché, de conditions d'opportunités et de profitabilité, *Spillovers* technologiques (voir Freeman, 1982, Pavitt, 1984, Malerba et Orsenigo, 1996 et Malerba, 2005).

[84] Voir aussi Archibugi et Pianta, 1996 et Smith, 2005.

Les études les plus récentes se sont concentrées sur le niveau de la firme en utilisant des micro-informations. L'avantage principal de ce niveau d'analyse est de mieux mesurer les activités d'innovation et d'éviter les effets de composition et d'agrégation qui peuvent surgir aux niveaux méso-macro-économiques. En revanche, les études micro-économétriques doivent prendre en compte de la forte dépendance de trajectoire des activités d'innovation (poussée technologique au niveau de la firme) et d'autres caractéristiques spécifiques aux firmes. En utilisant des données d'enquête sur l'innovation (Community Innovation Survey), sur environ 8 000 entreprises hollandaises avec 10 employés ou plus sur la période 1990-1992, Brouwer et Kleinknecht (1996) constatent que l'accroissement de la demande sur trois ans (1990-1992) cause une augmentation de l'output d'innovation en 1992, toutes ces deux variables sont mesurées en termes de produits nouveaux pour la firme et pour le secteur. Dans une étude plus récente, Brouwer et Kleinknecht (1999) ont travaillé sur deux bases de données (CIS Survey de 1992 et National Survey de 1988) fusionnées pour obtenir un panel 441 entreprises observées pour les deux années 1988 et 1992. Leurs régressions sur des variables exprimées en différences premières de leurs logarithmes (éliminant ainsi les effets fixes), en utilisant la demande dans le secteur de l'activité principale de la firme, et en contrôlant les différences en termes d'opportunités technologiques (« Technology-Push »), confirment les hypothèses de type « Demand-Pull » au niveau de la firme. De même, Crépon *et al.* (1998) utilisent des données d'une enquête française sur l'innovation couvrant 4164 entreprises innovantes au cours de la période 1986-1990 et trouvent que la probabilité de s'engager dans la R&D, l'intensité de R&D relativement au capital et le nombre de brevets étaient tous corrélée avec les indicateurs[85] de type « Demand-Pull » et de type « Technology-Push ».

Les limites principales de toutes ces études micro-économétriques sont relatives au manque d'une dimension temporelle relativement longue qui permet de proposer des modèles dynamiques de panel. Le papier de Hall *et al.* (1999), bien qu'il se base sur des régressions à causalité bivariée et n'étant pas spécifiquement pour évaluer les hypothèses de type « Demand-Pull », est particulièrement intéressant pour deux raisons. D'abord, en utilisant des données de panel de firmes françaises, japonaises et américaines pour des produits high-tech, constatent que l'accroissement des ventes induit (« Demand-Pull ») un accroissement de dépenses en R&D dans les 3 pays étudiés, alors que l'effet inverse n'est pas significatif en France et en Japon et très petit aux États-Unis. Ainsi, cette évidence micro-économétrique était plutôt et clairement en faveur des hypothèses de type *Demand-Pull*. En second lieu, les

[85] Ces indicateurs basés sur des variables muettes issues l'auto-évaluation des entreprises (voir également Barlet *et al.*, 1998).

auteurs ont constaté également que les dépenses en R&D dans les firmes américaines semblent être plus sensibles aux ventes passées et à la marge de financement, que leurs les firmes françaises et japonaises. L'interprétation spéculative fournie par ces auteurs est suggestive dans la mesure où les restrictions budgétaires[86] des firmes françaises et japonaises auraient comme conséquence une sensibilité inférieure pour répondre aux signaux du marché, alors que le coût plus élevé des capitaux externes aux États-Unis impliquerait une plus grande puissance explicative de l'approche « Demand-Pull ».

En utilisant un panel de 216 entreprises industrielles italiennes observées sur la période 1995-2000, et en contrôlant les effets spécifiques fixes sectoriels, temporels et de taille, Piva et Vivarelli (2006) valident la nature dépendante de la trajectoire technologique des R&D et constatent que l'effet des variations des ventes sur les activités de R&D est fort mais à peine significatif. Cependant, au niveau micro, la magnitude des effets de la demande varie en fonction de la nature et le type de firme. En particulier, les sociétés exportatrices, celles ayant des contraintes sur leurs liquidités, celles ne recevant aucune subventions publiques et celles ne dirigent aucun groupe d'affaires, semblent être particulièrement sensibles aux variations des ventes pour la gestion de leurs projets de R&D.

La plupart de ces études emploient des données en coupes transversales, en séries chronologiques ou de petits panels à deux dimensions. La nouveauté exprimée dans notre travail est de proposer une spécification[87] dynamique à correction d'erreur pour tester les hypothèses de type « Demand-Pull » et de type « Technology-Push » au niveau sectoriel tout en isolant les effets de court et de long terme. Notre spécification prend en compte les différences inter-pays, inter-industrie et inter-niveau technologique pour la période 1980-1999[88]. Ce type de spécification permet, en outre, de traiter de l'endogéneité et la nature dépendante de la trajectoire technologique et persistante de l'innovation[89].

---

[86] Sur les contraintes de liquidité imposées par les marchés des capitaux dans les pays anglo-saxons comparés au Japon et l'Europe continentale, voir Franks et Mayer, 1990, Kester, 1992 et Hall, 1994.

[87] Pour plus de détails sur ces questions voir Blundell et Bond, 1998, Blundell *et al.*, 2000, Banerjee *et al.*, 1990, Banerjee, 1993, Arellano et Bond, 1991 et Anderson et Hsiao, 1981.

[88] On pourrait considérer un panel plus large, mais notre objectif principal était de pousser les hypothèses de type « Demand-Pull » et de type « Technology-Push » à faire révéler les mécanismes sous-jacents d'un modèle plus général.

[89] Voir la section suivante pour une discussion méthodologique.

3.2. Spécifications

Comme déjà mentionné dans le chapitre précédent, dans le cadre de notre étude économétrique, on considère la valeur des dépenses de R&D[90] comme une mesure des activités[91] d'innovation, alors que la demande est mesurée par la valeur ajoutée. Ces variables monétaires sont exprimées en US$ aux prix constants (Base 1995) corrigées par les taux de la Parité de pouvoir d'Achat (PPA) du PIB.

Nous commençons par les modèles autorégressifs suivants :

Spécification I :

Demand-Pull :

$$LRD_t^i = \varphi + \alpha_1 \cdot LRD_{t-1}^i + \alpha_2 \cdot LRD_{t-2}^i + \beta_0 \cdot LVA_t^i + \beta_1 \cdot LVA_{t-1}^i + \beta_2 \cdot LVA_{t-2}^i + \underbrace{\psi_t}_{\text{Effet temps}} + \upsilon_t^i$$

Technology-Push :

$$LVA_t^i = \varphi + \alpha_1 \cdot LVA_{t-1}^i + \alpha_2 \cdot LVA_{t-2}^i + \beta_0 \cdot LRD_t^i + \beta_1 \cdot LRD_{t-1}^i + \beta_2 \cdot LRD_{t-2}^i + \underbrace{\psi_t}_{\text{Effet temps}} + \upsilon_t^i$$

$$\text{Avec: } \upsilon_t^i = \underbrace{\psi_i}_{\text{Effet individu}} + \underbrace{\gamma_{it}}_{\text{Erreur stochastique}}$$

Avec LRD et LVA, les logarithmes népériens des dépenses en R&D et des valeurs ajoutées pour l'individu i (pays, secteur ou niveau technologique) à l'instant t.

Les raisons de prendre en compte les retards des variables endogènes comme premiers régresseurs sont économétriques et interprétatives. D'un point de vue méthodologique, la persistance de la variable R&D réclame un processus autorégressif d'ordre 2 au moins[92]. D'un point de vue interprétatif, depuis la contribution majeure d'Atkinson et Stiglitz (1969), les économistes de l'innovation ont compris que l'investissement en R&D est très dépendant de la « trajectoire technologique » (David, 1985 et Arthur, 1988) et cumulatif (Nelson et Winter, 1982, Dosi, 1988 et Ruttan, 1997). Ainsi, toute explication de l'activité d'innovation implique

[90] Comme d'autres mesures alternatives des activités d'innovatrice (voir Patel et le Pavitt, 1995, Archibugi et Pianta, 1996), les dépenses de R&D souffrent de certains inconvénients tels que la sous-estimation des montants dépensés pour l'innovation au sein des petites et moyennes entreprises.

[91] Contrairement aux brevets, les dépenses de R&D constituent une mesure « ex ante » des activités d'innovation, ce qui peut vraisemblablement atténuer les problèmes possibles d'endogéneité dans notre analyse puisque la valeur ajoutée est une mesure « ex post » des activités économiques de la production industrielle.

[92] On aimerait bien prendre un nombre plus important de retards, mais la longueur temporelle ne le permet pas dans notre cas. Voir Beran, 1994 et Jasiak, 1999 pour plus de détails sur ce type de processus.

nécessairement de considérer le rôle des efforts précédents en R&D. C'est également vrai au niveau de la firme : l'innovation se déplace le long d'une « trajectoire technologique » et l'investissement en R&D est caractérisé par des inerties structurales et des complémentarités cumulatives (Bresnahan *et al.*, 2002, Colombo et Delmastro, 2002, et Dosi *et al.*, 2003).

Les valeurs courantes et retardées des variables exogènes sont introduites simultanément dans le modèle afin d'examiner si les hypothèses de type « Demand-Pull » et de type « Technology-Push » sont validées d'une manière contemporaine ou/et décalée. Un possible problème d'endogéneité peut surgir à ce niveau là, comme discuté plus haut. Cependant, dans l'approche « Technology-Push », la variable dépendante mesure une « pré-innovation », avec des dépenses de R&D ayant des résultats incertains et retardés en termes d'innovation (Griliches, 1979 et 1995, Patel et Pavitt, 1995). Puisque seulement une future innovation bien réussie peut avoir un impact sur la demande et les parts de marché, l'effet inverse (« Demand-Pull ») ne peut avoir lieu entre les dépenses actuelles de R&D et la demande actuelle, mais entre la future innovation et la future demande. Ceci donne une certaine robustesse au modèle en évitant un tel problème possible de l'endogéneïté.

L'effet spécifique temps est inclus pour capturer les chocs globaux, qui peuvent apparaître dans le temps. L'effet spécifique individu est inclus pour capturer les différences spécifiques entre pays (la conjoncture économique, la nature du système national d'innovation), entre secteurs économiques (accès au stock de connaissances, saturations de marché) ou niveau technologique ainsi que d'autres facteurs non observés.

L'effet spécifique individu inobservé, ψ_i, est corrélé avec les variables explicatives, mais pas avec leurs variations. Les spécifications de ce modèle sont appropriées si la relation, à court terme, entre innovation et demande est le seul objet d'intérêt. Cependant, il ne tient pas compte d'une distinction entre les effets à long et à court terme.

Nous introduisons cette distinction dans notre modèle en utilisant une spécification dite à correction d'erreur dans les modèles dynamiques de panel. Cette spécification est une transformation linéaire des variables dans la Spécification I, qui fournit un lien explicite entre les effets de court terme et les effets de long terme[93].

Spécification II :

[93] Voir Banerjee, 1993 pour plus de détails.

Demand-Pull :

$$\Delta LRD_t^i = \varphi + (\alpha_1 - 1)\cdot \Delta LRD_{t-1}^i + \beta_0 \cdot \Delta LVA_t^i + (\beta_0 + \beta_1)\cdot \Delta LVA_{t-1}^i + \eta \cdot (LRD_{t-2}^i - LVA_{t-2}^i) + \theta \cdot LVA_{t-2}^i + \psi_t + \upsilon_t^i$$

Technology-Push :

$$\Delta LVA_t^i = \varphi + (\alpha_1 - 1)\cdot \Delta LVA_{t-1}^i + \beta_0 \cdot \Delta LRD_t^i + (\beta_0 + \beta_1)\cdot \Delta LRD_{t-1}^i + \eta \cdot (LVA_{t-2}^i - LRD_{t-2}^i) + \theta \cdot LRD_{t-2}^i + \psi_t + \upsilon_t^i$$

Avec: $\begin{cases} \theta = \beta_0 + \beta_1 + \beta_2 + \alpha_1 + \alpha_2 - 1 \\ \eta = \alpha_1 + \alpha_2 - 1 \end{cases}$

Si le terme η est négatif et significatif, alors la Spécification II est un modèle à correction d'erreur et nous concluons qu'une relation à long terme entre innovation et demande existe. La valeur de ce coefficient donne le taux d'ajustement du mécanisme de correction d'erreur qui exprime en quelque sorte la force de rappel vers l'équilibre statique de long terme.

Demand-Pull

Le niveau d'innovation peut dévier de son niveau d'équilibre de long terme suite aux chocs exogènes de court terme, mais il converge par la suite vers le niveau d'équilibre en l'absence de ces chocs dans les périodes suivantes. Dans un tel cadre, la dynamique, de long terme, de l'innovation est expliquée à la fois par les variations de la demande et par la nature stable de l'équilibre de long terme.

Selon cette spécification, si le coefficient η est négatif et significatif, on peut conclure que la variation du niveau d'innovation à (t) est égal à la variation de la demande à la même période (t) et la correction de l'écart entre le niveau de d'innovation et sa valeur d'équilibre à (t-1).

Si le niveau d'innovation est supérieur à son niveau d'équilibre, le modèle doit le diminuer pour approcher le niveau d'équilibre, et vice-versa. Si le modèle est en équilibre à (t-1), le terme de correction d'erreur n'influence pas la variation de la demande à (t). Dans ce cas, la variation du niveau d'innovation à (t) est égale à la variation de la variable indépendante à (t).

Technology-Push

De même, si le niveau de la demande s'écarte de son niveau d'équilibre de long terme suite aux chocs exogènes de court terme, il converge par la suite vers le niveau d'équilibre en l'absence de ces chocs dans les périodes postérieures. Ainsi, la dynamique, de long terme, de

la demande est expliquée à la fois par les variations en terme d'activités d'innovation et par la nature stable de l'équilibre de long terme.

Selon cette spécification, si le coefficient η est négatif et significatif, on peut conclure que la variation du niveau de la demande à (t) est égal à la variation dans les efforts en R&D à la même période (t) et la correction de l'écart entre le niveau de d'innovation et sa valeur d'équilibre à (t-1).

Si le niveau de la demande est supérieur à son niveau d'équilibre, le modèle doit le diminuer pour approcher le niveau d'équilibre, et vice-versa. Si le modèle est en équilibre à (t-1), le terme de correction d'erreur n'influence pas la variation des efforts en R&D à (t). Dans ce cas, la variation du niveau de la demande à (t) est égale à la variation des activités d'innovation à (t).

Dans les deux cas, le modèle à correction d'erreur nous permet de décrire l'ajustement de la déviation de la relation de long terme entre innovation et demande. Dans cette spécification, les trois premiers termes de la Spécification II capturent la dynamique à court terme et les deux derniers fournissent un cadre pour examiner la relation de long terme.

Généralement, le multiplicateur de long terme ϕ est séparément estimé et utilisé pour former le terme de correction d'erreur $\left(LRD^{i}_{t-2} - \phi \cdot LVA^{i}_{t-2}\right)$ (« Demand-Pull ») ou $\left(LVA^{i}_{t-2} - \phi \cdot LRD^{i}_{t-2}\right)$ (« Technology-Push »).

Avec l'utilisation du terme $\left(LRD^{i}_{t-2} - LVA^{i}_{t-2}\right)$ ou $\left(LVA^{i}_{t-2} - LRD^{i}_{t-2}\right)$ dans la Spécification V, la relation de long terme est considérée comme homogène selon les conclusions de Banerjee (1993). En d'autres termes, le coefficient implicite de $\phi = 1$ indique une relation proportionnelle à long terme entre innovation et demande. En utilisant cette forme du terme de correction d'erreur, on peut calculer le véritable coefficient de long terme, qui peut être formulé comme $\left(1 - \frac{\widehat{\theta}}{\widehat{\eta}}\right)$.

Nous utilisons, pour estimer ce modèle, l'estimateur GMM[94] proposé par Arellano et Bover (1995), Blundell et Bond (1998, 2000). Il s'agit d'un estimateur consistant et efficace car il a de bonnes propriétés asymptotiques. L'estimateur GMM utilise les retards des variables en niveau (explicative et/ou expliquée) comme instruments pour le modèle dynamique en

[94] Generalized Method of Moments (estimateur des moments généralisés)

différences premières (Spécification II). Pour déterminer si nos instruments sont valides, nous utilisons la spécification proposée par Arellano et Bond (1991) et Arellano et Bover (1995).

Nous utiliserons d'abord le test de Sargan[95]. Il s'agit d'un test de restriction sur la sur-identification, pour détecter une éventuelle corrélation entre les instruments et les erreurs stochastiques. Ainsi, Pour qu'un instrument soit valide, il ne faut pas qu'il ait une corrélation entre cet instrument et le terme d'erreur. L'hypothèse nulle est que les instruments et les termes d'erreur sont indépendants. Ainsi, le non rejet de H0 montre que les instruments utilisés sont valides. Nous examinons ensuite, s'il y a autocorrélation d'ordre 2 avec les différences premières des termes d'erreur. L'estimateur GMM est consistant s'il n'y a pas d'autocorrélation du second degré du terme d'erreur dans le modèle en différences premières. L'hypothèse nulle est, dans ce cas, que les erreurs sont non auto-corrélées. Ainsi, le non rejet de H0 assure la validité des instruments.

3.3. Résultats et discussion

Les estimations sont réalisées avec le DPD[96] Package (Doornik, 2006) sous le logiciel Ox Console.

Les paramètres estimés des divers modèles à correction d'erreur spécifiés plus haut sont présentés dans les tableaux suivants. Les relations entre indicateurs de la demande et ceux des activités d'innovation ont été estimées pour les deux approches par pays (Tableau 10 et Tableau 11) et par niveau technologique (Tableau 13).

Les 4 niveaux technologiques ont été explorés 1 à 1 afin de tester l'existence d'une éventuelle hétérogénéité entre industries appartenant au niveau technologique. Ainsi le Tableau 14 résume les estimations des paramètres des modèles pour les industries de Faible Technologie. De même pour les industries de Moyenne-Faible Technologie (Tableau 15), les industries de Moyenne-Haute Technologie (Tableau 16), et les industries de Haute Technologie (Tableau 17). Le Tableau 18 donne une vue synthétique des résultats.

Tableau 10 Estimation des modèles à correction d'erreur : Dynamiques à court et long termes de l'innovation et de la demande – Par pays – (a)

[95] Voir Hendry *et al.*, 1982, Sargan, 1983,1986 et 1992 et Sargan et Maasoumi, 1988.

[96] Dynamic Panel Data.

Paramètres	CAN		FIN		FR		GER		
	DP	TP	DP	TP	DP	TP	DP	TP	DP
	ΔLRD	ΔLVA	ΔLRD	ΔLVA	ΔLRD	ΔLVA	ΔLRD	ΔLVA	ΔLR
Constant	-0.0038	0.0343302***	0.0099	0.8176***	0.0087**	0.0121***	-0.0915	0.0041***	0.020
ΔLRD	-	0.0448404***	-	0.4396**	-	0.0052*	-	0.0105	-
ΔLRDt-1	0.0738***	-0.00584026	0.0192*	0.4397**	-0.0312	0.0726***	0.1531**	0.0221***	0.209
ΔLVA	0.0055	-	0.0344**	-	0.0160***	-	-0.0234	-	0.041
ΔLVAt-1	-0.0328	0.0253259***	0.0239	-0.1557**	0.0199**	0.0298***	0.2479**	-0.0056	0.056
LRDt-2- LVAt-2	**-0.2702****	-	**-0.0896****	-	**-0.0739****	-	**-0.5008****	-	**-0.10**
LVAt-2	**-0.1162****	-	**-0.0329****	-	**-0.0210****	-	**-0.1567****	-	**-0.04**
LVAt-2- LRDt-2	-	**-0.0668169***	-	**-0.1291***		**-0.0668****	-	**-0.0267****	-
LRDt-2	-	**0.0586785****	-	**-0.1007****		**0.0432***	-	**0.0181*****	-
Sum of Short-Run Coef.	-0.03	0.04	0.06	0.88	0.04	0.08	0.22	0.03	0.1
Long-Run Coef	0.57	1.88	0.63	0.22	0.72	1.65	0.69	1.68	0.6
Sargan Test (P-Value)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.0
AR1 (P-Value)	0.069	0.069	0.045	0.250	0.090	0.066	0.126	0.043	0.20
AR2 (P-Value)	0.077	0.165	0.816	0.708	0.086	0.074	0.125	0.060	0.38
Level instruments	Gmm(lrd,2,3) Gmm(lva,2,3)	Gmm(lrd,3,7)	Gmm(lva,2,5)	Gmm(lva,3,12)	Gmm(lrd,2,3) Gmm(lva,2,3)	Gmm(lrd,4,99) Gmm(lva,4,99)	Gmm(lrd,3,4) Gmm(lva,3,4)	Gmm(lrd,3,3) Gmm(lva,3,3)	Gmm(lrd
Panel : Indiv*Time	17*18		17*18		17*18		17*18		

2-step estimation by System-GMM using DPD for OX (Doornik, Arellano, and Bond).

Year dummies are included in each model. (Using finite sample corrected standard errors)

***Significant at the 1 % level. ** Significant at the 5 % level. *Significant at the 10 % level.

Tableau 11 Estimation des modèles à correction d'erreur : Dynamiques à court et long termes de l'innovation et de la demande – Par pays – (b)

Paramètres	NLD		NOR		SWE		UK
	DP	TP	DP	TP	DP	TP	DP
	ΔLRD	ΔLVA	ΔLRD	ΔLVA	ΔLRD	ΔLVA	ΔLRD
Constant	-0.0240**		0.0584***	0.0937*	0.0145***		-0.0155
ΔLRD	-		-	0.0225**	-		-
ΔLRDt-1	-0.0070		0.0084	0.1606**	0.0367***		-0.0961***
ΔLVA	0.0157*	-	0.0392***	-	0.0570***	-	0.0522***
ΔLVAt-1	-0.0060		0.0074	-0.0193	0.0186***		0.0133*
LRDt-2- LVAt-2	-0.0885***	-	-0.1083***	-	-0.080***	-	-0.2493***
LVAt-2	-0.0266**	-	-0.0574***	-	-0.0290***	-	-0.0912***
LVAt-2- LRDt-2	-		-	-0.0688*	-		-
LRDt-2	-		-	0.0575**	-		-
Sum of Short-Run Coef.	0.01		0.05	0.18	0.08		0.07
Long-Run Coef	0.70		0.47	1.84	0.64		0.63
Sargan Test (P-Value)	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000		1.000
AR1 (P-Value)	0.308		0.001	0.124	0.005		0.073
AR2 (P-Value)	0.142		0.566	0.123	0.136		0.060
Level instruments	Gmm(lva,3,8)		Gmm(lva,3,4)	Gmm(lrd,4,12) Gmm(lva,4,12)	Gmm(lva,3,4)		Gmm(lrd,3,4) Gmm(lva,3,4)
Panel : Indiv*Time	17*18		17*18		17*18		17*

2-step estimation by System-GMM using DPD for OX (Doornik, Arellano, and Bond).
Year dummies are included in each model. (Using finite sample corrected standard errors)
***Significant at the 1 % level. ** Significant at the 5 % level. *Significant at the 10 % level.

Comme le montrent ces tableaux, les tests de spécifications pour vérifier la validité des instruments sont satisfaisants. Les résultats ne montrent également aucune autocorrélation d'ordre 2 avec les différences premières des termes d'erreur.

Les coefficients η des termes de correction d'erreur sont négatifs (comme prévu) et significatifs dans toutes les relations. Ainsi, les résultats valident les fortes relations à long terme entre indicateurs de la demande et activités d'innovation. La significativité statistique des termes de correction d'erreur implique ainsi qu'en cas de chocs exogènes faisant dévier la relation de son équilibre de long terme, des ajustements à court terme sur la variable dépendante seront faits pour rétablir l'équilibre de long terme.

Maintenant, nous pouvons discuter les résultats par pays de chaque approche.

Demand-Pull *par pays*

Dans le Tableau 10 et le Tableau 11, les coefficients des termes de correction d'erreur, dans tous les pays, sont statistiquement négatifs et significatifs. Cependant, l'importance des coefficients est différente d'un pays à l'autre. Ceci signifie que la vitesse d'ajustement, ou force de rappel, à court terme, aux chocs provoqués sur la demande, est différente d'un pays à l'autre. En Allemagne, le modèle converge plus rapidement vers l'équilibre, avec environ 50 % de déviations corrigées dans chaque période ($\eta = -0.5008$). La vitesse d'ajustement à court terme est plus lente en France (7.4 %), au Japon (4.7 %) et aux États-Unis (4.6 %). Au Canada et au Royaume Uni, le modèle converge moins rapidement vers l'équilibre, avec respectivement environ 27 % et 25 % de déviations corrigées dans chaque période.

Technology-Push *par pays*

Analogiquement, le Tableau 10 et le Tableau 11, donnent les valeurs des coefficients des termes de correction d'erreur et montrent que ces termes sont également négatifs et significatifs dans tous les pays. Cependant, les vitesses d'ajustement ne sont pas aussi importantes que celles des relations de type « Demand-Pull ». En Allemagne et aux États-Unis, le modèle converge plus lentement vers l'équilibre de long terme, avec respectivement environ 2.7 % et 2.5 % de déviations corrigées dans chaque période. La vitesse d'ajustement à court terme est plus rapide au Royaume Uni (30 %) et en Finlande (13 %). Au Canada, en France et au Japon, le modèle converge moins lentement vers l'équilibre de long terme, avec respectivement environ 6.7 %, 6.7 % et 7.4 % de déviations corrigées dans chaque période.

Une comparaison (Tableau 12) entre les forces de rappel vers l'équilibre de long terme des deux mécanismes de changement technologique (« Demand-Pull » et « Technology-Push ») montre que les modèles convergent plus rapidement vers l'équilibre en réponse aux chocs exogènes en provenance de la demande qu'en provenance des activités d'innovation. Ce résultat n'est pas valable pour tous les pays. En effet, en France, en Italie, en Norvège, au Royaume Uni et aux États-Unis, les forces de rappel agissent de la même importance dans les deux configurations. En revanche, au Canada et en Allemagne les vitesses d'ajustement sont plus rapides dans le contexte « Demand-Pull » que dans un contexte « Technology-Push ». Le Japon est le seul pays dont la force de rappel est plus importante en réponse aux fluctuations des efforts en R&D qu'en réponses aux chocs exogènes en provenance du marché. Une

explication possible est à signaler ici. En effet, selon la théorie des élasticités internationales de la demande-prix, il faut vendre plus cher aux segments les plus inélastiques du marché (international et national). Les japonais sont connus par leur attachement (demande inélastique aux prix) aux produits nationaux, par conséquent toute innovation sur le marché intérieur engendre une demande solvable résiduelle qui à son tour génère des variations positives dans les activités d'innovation. En parallèle, ce mécanisme permet aux firmes japonaises d'exporter ces innovations aux marchés internationaux (demande très élastique aux prix) à des prix très compétitifs (voire destructifs) en pratiquant le dumping[97].

Tableau 12 Vitesse d'ajustement à court terme du modèle à correction d'erreur– Importance par pays –

Pays	Demand-Pull	Technology-Push
CAN	+++	++
FIN	+++	+++
FR	++	++
GER	+++++	+
ITA	++	++
JPN	+	++
NLD	++	
NOR	++	++
SWE	++	
UK	+++	+++
USA	+	+
Légende		
+	η inférieure à 5 %	
++	η de 5 à 10 %	
+++	η de 10 à 30 %	
+++++	η supérieure à 30 %	

Les coefficients des termes de correction d'erreur nous livrent des indications sur l'importance de la vitesse d'ajustement, mais il est également important d'examiner la magnitude des effets à court terme, mesurée par les valeurs cumulées des coefficients à court terme de la Spécification II. Ces coefficients sont calculés en ajoutant les coefficients de la variable indépendante contemporaine et décalée. D'après le Tableau 10 et le Tableau 11, l'importance des réponses de court terme des activités d'innovation aux chocs transitoires sur la demande est plus fable que celle des réponses dans le sens inverse, dans tous les pays, sauf l'Allemagne. Ce résultat suggère que les politiques technologiques et industrielles

[97] Le pays où a lieu la consommation de ces produits est autorisé, aujourd'hui, par les règles de l'OMC à appliquer un droit de douane anti-dumping compensateur pour défendre les producteurs nationaux.

encourageant les activités de production de la connaissance aient comme conséquence de plus grands ajustements sur la demande relativement à la situation inverse.

Hormis ces ajustements de court terme, il est également important d'examiner les relations implicites de long terme. Pour cela, nous utilisons les élasticités estimées de long terme (Tableau 10 et Tableau 11). Ces élasticités sont calculées en soustrayant le rapport du coefficient de l'effet échelle ($\widehat{\theta}$) (valeur du coefficient de la variable indépendante retardée exprimé en niveau) au coefficient du terme de correction d'erreur ($\widehat{\eta}$) de l'unité : $\left(1-\frac{\widehat{\theta}}{\widehat{\eta}}\right)$.

La significativité statistique de ces élasticités estimées de long terme est examinée à l'aide d'un test de Wald. Les résultats de ces tests sont significatifs (au niveau de 5 %) dans les tous les pays.

D'après les estimations (Tableau 10 et Tableau 11), les élasticités de long terme indiquent que les réponses de long terme des activités d'innovation aux chocs permanents sur la demande (« Demand-Pull ») est moins importante pour 7 pays sur 11 (Canada, France, Allemagne, Italie, Norvège, Royaume uni et États-Unis) que les réponses selon une configuration inverse (« Technology-Push »). Cette logique suit un chemin contraire pour la Finlande et le Japon pour qui la relation de long terme est de type « Demand-Pull ».

De façon générale, les résultats des élasticités de long terme montrent que les relations de long terme sont plutôt de type « Technology-Push » avec des magnitudes de réponse plus que proportionnelles (élasticités supérieures à 1) pour la plupart des pays. En revanche, notre analyse de la dynamique à court terme indique que, pour certains pays, les ajustements à court terme tendent à être plus rapides dans un schéma de type « Demand-Pull » que de type « Technology-Push ». Pour d'autres pays, c'est plutôt le contraire. Cependant, ces résultats suggèrent que les forces économiques et technologiques de rappel à court terme vers l'équilibre de long terme tendent à être différentes selon les spécificités nationales et sectorielles des structures industrielles. La compréhension et le discernement de ces comportements industriels nationaux peuvent apporter une aide précieuse pour améliorer la conception de politiques économiques, industrielles et technologiques dans les pays de l'OCDE.

Il est intéressant d'examiner toutes ces logiques en fonction du niveau technologique.

Demand-Pull par niveau technologique

Le Tableau 13 montre que les coefficients des termes de correction d'erreur, dans tous les niveaux technologique, présentent le signe escompté et sont très significatifs. Cependant, l'importance de ces effets de court terme est une fonction croissante du niveau technologique. Ceci signifie que la vitesse d'ajustement à court terme aux chocs momentanés sur la demande, est plus grande pour les industries à haute et moyenne-haute technologies, avec respectivement 5.9 % et 3.2 % de déviations corrigées annuellement, que pour les industries à moyenne-faible et faible technologies, avec des forces de rappel de magnitudes 2 % et 1.9 % respectivement. En mettant ces effets sur une échelle de mesure, le mécanisme « Demand-Pull » de correction d'erreur ajuste annuellement 3 fois plus vite les déviations de court terme dans les industries à haute technologie par rapport aux industries à moyenne-faible et faible technologies. Ce résultat est très intéressant car ils concordent avec les explications avancées par Scherer (1982). En effet, les secteurs à faible technologie (industries utilisatrices) n'ont pas les compétences et le savoir-faire pour répondre directement aux signaux du marché. C'est plutôt les secteurs à moyenne-haute et haute technologie qui vont répondre indirectement via le marché inter-industrie, d'où l'écart de vitesse.

En ce qui concerne les effets à court terme, la magnitude des élasticités est aussi fonction du niveau technologique. En effet, la réponse des activités d'innovation aux chocs transitoires sur la demande est 20 fois plus importante pour les industries à haute technologie (0.38) que celle des industries à moyenne-faible technologie (0.02). Ce résultat suggère que les chocs momentanés sur la demande de produits high-tech provoquent plus d'efforts en R&D que les produits de faible technologie.

Nous examinons maintenant les relations implicites de long terme. Les élasticités sont significatives pour tous les niveaux technologiques. Ainsi, les résultats indiquent que la réponse de long terme des activités d'innovation aux chocs permanents sur la demande est relativement plus importante pour les industries à haute technologie par rapport aux industries à moyenne-faible technologie. Ce résultat suggère que la réponse des efforts en R&D aux variations de la demande de produits high-tech est plus sensible que celle relative aux produits technologiquement moins high-tech.

Tableau 13 Estimation des modèles à correction d'erreur : Dynamiques à court et long termes de l'innovation et de la demande – Par niveau technologique)

Paramètres	HT		MHT		MFT		
	DP	TP	DP	TP	DP	TP	DP
	ΔLRD	ΔLVA	ΔLRD	ΔLVA	ΔLRD	ΔLVA	ΔLRD
Constant	0.1705***	0.1309	0.0029***	-0.0008	0.0070***	0.0003	0.0604
ΔLRD	-	0.2882***	-	0.0036**	-	0.0049***	-
ΔLRD_{t-1}	0.3188***	0.0310	0.0126***	-0.0021	0.0118**	0.0001	0.0033
ΔLVA	0.2593***	-	0.0100***	-	0.0081***	-	0.2194
ΔLVA_{t-1}	0.1203	0.0002	0.0089***	0.0030	0.0110*	0.0054***	0.2451
LRD_{t-2}- LVA_{t-2}	-0.0588***	-	-0.0315***	-	-0.0200***	-	-0.0191***
LVA_{t-2}	-0.0105***	-	-0.0012	-	-0.0061**	-	-0.0039
LVA_{t-2}- LRD_{t-2}	-	-0.0451***	-	-0.0118**	-	-0.0041*	-
LRD_{t-2}	-	0.0008	-	0.0033***	-	0.0024***	-
Sum of Short-Run Coef.	0.3796	0.3192	0.0189	0.0015	0.0191	0.005	0.4645
Long-Run Coef	0.8214	1.0177	0.9619	1.2796	0.695	1.5853	0.7958
Sargan Test (P-Value)	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
AR1 (P-Value)	0.124	0.368	0.049	0.011	0.289	0.011	0.330
AR2 (P-Value)	0.155	0.492	0.078	0.468	0.997	0.796	0.520
Level instruments	Gmm(lrd,2,99) Gmm(lva,2,99)	Gmm(lrd,3,99) Gmm(lva,3,99)	Gmm(lrd,4,4) Gmm(lva,4,4)	Gmm(lrd,8,8) Gmm(lva,8,8)	Gmm(lrd,2,5) Gmm(lva,2,5)	Gmm(lrd,6,8) Gmm(lva,6,8)	Gmm(lrd,3,9 Gmm(lva,3,9
Panel : Indiv*Time	11*18		11*18		11*18		

1-step estimation by System-GMM using DPD for OX (Doornik, Arellano, and Bond).
Year dummies are included in each model. (Using finite sample corrected standard errors)
***Significant at the 1 % level. ** Significant at the 5 % level. *Significant at the 10 % level.

Technology-Push par niveau technologique

D'après le Tableau 13, les vitesses d'ajustement à court terme aux chocs exogènes momentanés sur les activités d'innovation sont également une fonction croissante du niveau technologique mais avec des magnitudes sensiblement moins importantes que celles dans la configuration précédente. Ainsi, ces forces de rappel varient de 4.5 % de déviations corrigées annuellement (industries à haute technologie) à 0.4 % (industries à moyenne-faible technologie). Le modèle ne semble pas répondre à la spécification de correction d'erreur pour les industries à faible technologie. Le mécanisme « Technology-Push » de correction d'erreur ajuste annuellement 11 fois plus vite les déviations de court terme dans les industries à haute technologie par rapport aux industries à moyenne-faible technologie. Ce résultat suggère que le modèle converge plus rapidement vers l'équilibre de long terme suite aux chocs de court terme sur les activités d'innovation pour les produits high-tech que pour les produits technologiquement moins high-tech.

Concernant la dynamique à court terme, l'amplitude des élasticités est également fonction du niveau technologique. En effet, la réponse à court terme de la demande aux variations

transitoires sur les activités d'innovation est 63 fois plus importante pour les industries à haute technologie (0.32) par rapport aux industries à moyenne-faible technologie (0.005). Ce résultat suggère que la réaction à court terme du marché est plus importante pour les innovations de produits high-tech[98] que pour les innovations de produits de moyenne-faible technologie.

Les élasticités de long terme sont significatives (au niveau de 5 %) pour tous les niveaux technologiques sauf la faible technologie. Ainsi, les résultats indiquent que la réponse de long terme de la demande aux variations persistantes des activités d'innovation est plus importante pour les industries à moyenne-faible technologie et moyenne-haute technologie que pour les industries à haute technologie. Ce résultat suggère que tendanciellement les réactions de long terme de la demande aux variations continues des activités d'innovation de produits high-tech est plus importante que celles relatives aux autres produits moins high-tech.

On vient de montrer que la vitesse d'ajustement à court terme est une fonction croissante du niveau technologique pour les deux approches avec une importance marquée au profit de la « Demand-Pull ». Aussi, les élasticités de court terme augmentent avec le niveau d'efforts en R&D fourni pour chaque unité de valeur ajoutée dégagée dans les deux approches, avec une sensibilité élevée au profit de la « Demand-Pull ». En revanche, les élasticités de long terme sont sensiblement plus importantes pour l'approche « Technology-Push ».

Notre curiosité nous pousse à explorer ces deux approches au sein des industries composant chaque niveau technologique.

Industries de Faible Technologie

Le Tableau 14 résume les estimations du modèle pour 4 industries. Les hypothèses de l'approche « Demand-Pull » sont validées pour 2 industries sur 4. La magnitude des

[98] D'après la GfK (Institut d'études marketing), en collaboration avec la Fevad (Fédération e-Commerce et Vente à Distance), en 2007, les achats de produits techniques sur Internet (gros et petit électroménager, électronique grand public, photo, micro informatique) ont atteint le seuil de 2 milliards d'euros avec une croissance soutenue au sein d'un marché global lui même toujours très porteur (4 % de progression) ce qui confère à ce canal de distribution une part de marché annuelle d'environ 8 %, s'établissant même à 9 % sur le premier trimestre 2008. Les produits les plus vendus sur Internet demeurent très High-tech. Le PC portable reste le plus plébiscité, puis la télévision LCD ou encore l'appareil photo numérique compact. La télévision LCD était très certainement le produit phare de l'année 2008 sur Internet, selon les propos Cécile Poulet, directrice de clientèle chez GfK, grâce aux gros événements sportifs de l'été 2008 (ici nous estimons que ce genre d'événement contribue très fortement, d'une façon périodique d'ailleurs, à encourager les innovations dans cette direction pour répondre aux besoins de plus en plus exigeants).

Et pourtant, cette estimation place encore la France loin derrière la Grande Bretagne et l'Allemagne, pays dans lesquels Internet a réalisé respectivement 13 % et 11 % des ventes de biens d'équipements techniques cette année.

élasticités de court terme est très forte pour le secteur *Textiles, Articles d'habillement, Cuir et Chaussures* avec un effet décalé de l'ordre de 0.80 contre 0.03 pour le secteur *Production de bois, Articles en bois et Liège*. En revanche, les mécanismes de correction à court terme de ce dernier secteur sont plus importants avec une vitesse d'ajustement annuel, vers l'équilibre de long terme, d'environ 20 % contre seulement 5.5 % pour le premier secteur. Concernant les élasticités de long terme, les résultats montrent que les réponses des activités d'innovation aux chocs exogènes persistants sur la demande sont identiquement importantes pour les 2 industries précédentes avec environ 0.75. Ce résultat suggère que les efforts des activités d'innovation augmentent d'environ 0.75 % en réponse aux variations d'un 1 % de la demande d'Articles d'habillement et d'Articles en bois. Concernant les 2 autres industries (*Produits alimentaires, boissons et tabac* et *Pâtes et papier, articles en papier, imprimerie et édition*), les estimations montrent que les mécanismes de correction d'erreur ne semblent pas fonctionner d'une façon significative.

Dans une configuration « Technology-Push », ces mécanismes de correction à court terme ne sont validés que seulement pour 1 industrie sur 4. En effet, pour les firmes de l'industrie des *Pâtes et papier, articles en papier, imprimerie et édition*, les forces de rappel, vers l'équilibre de long terme, ajuste annuellement environ 9 % de déviations. Concernant les effets de court terme, la magnitude des élasticités demande-innovation est très faible et n'est significative que pour l'industrie des *Produits alimentaires, boissons et tabac* avec une valeur d'environ 0.06 % pour une variation d'1 % dans les activités de R&D. Concernant les élasticités de long terme, les résultats ne sont significatifs que pour l'industrie des *Pâtes et papier, articles en papier, imprimerie et édition* avec une valeur d'environ 0.85.

Pour ce niveau de faible technologie, il nous semble que les forces économiques en termes de demande agissant sur les activités d'innovation ne sont pas déterminantes pour toutes les industries. Pour les articles d'habillement et articles en bois et liège, la demande semble jouer un rôle important dans les avancées en matière d'innovation. En revanche, pour les produits alimentaires et l'imprimerie et édition, l'innovation semble influencer la demande. En d'autres termes, pour les industries à faible technologie, les hypothèses de type « Demand-Pull » et de type « Technology-Push » sont plutôt complémentaires[99] et tissent des relations

[99] La branche d'imprimerie constitue un très bon exemple d'un contexte où les forces économique et technologiques jouent des rôles complémentaires. Carly Fiorina, Chairman & CEO HP résume en expliquant qu'« *A l'heure où la technologie est plus que jamais un facteur d'exclusion ou de puissance, nous avons non seulement la chance mais aussi le devoir d'accroître les choix, d'améliorer les conditions économiques et d'offrir plus d'opportunités à plusieurs milliards d'individus de par le monde* ».

de causalité circulaire entre demande et innovation même si les résultats au niveau plus agrégé laissent supposer une supériorité de la première approche sur la deuxième.

Tableau 14 Estimation des modèles à correction d'erreur : Dynamiques à court et long termes de l'innovation et de la demande – Faible Technologie –

Paramètres	1516		1719		2000	
	DP	TP	DP	TP	DP	
	ΔLRD	ΔLVA	ΔLRD	ΔLVA	ΔLRD	
Constant	0.0024	0.1259***	0.0031	-0.0004	0.0049	
ΔLRD	-	0.0649**	-	0.0148	-	
ΔLRDt-1	0.0034	-0.0852***	-0.1074*	-0.0129	0.1011***	
ΔLVA	0.0042**	-	0.1774	-	0.0134	
ΔLVAt-1	0.0044	0.0339	0.7929***	0.2385***	0.0321**	
LRDt-2- LVAt-2	**-0.0292**	-	**-0.0548*****	-	**-0.1972****	
LVAt-2	**-0.0034*****	-	**-0.0156*****	-	**-0.0482****	
LVAt-2- LRDt-2	-	**-0.0010**	-	**0.0035***	-	
LRDt-2	-	**-0.0022**	-	**-0.0014**	-	
Sum of Short-Run Coef.	0.0086	-0.0203	0.9703	0.0019	0.0455	
Long-Run Coef	0.8835	-1.2	0.7153	1.4	0.7555	
Sargan Test (P-Value)	0.921	0.0997	1.000	0.997	1.000	
AR1 (P-Value)	0.594	0.982	0.086	0.982	0.561	
AR2 (P-Value)	0.500	0.118	0.207	0.118	0.154	
Level instruments	Gmm(lva,2,99)	Gmm(lrd,4,10) Gmm(lva,4,10)	Gmm(lrd,2,5) Gmm(lva,2,5)	Gmm(lrd,4,10) Gmm(lva,4,10)	Gmm(lrd,2,5) Gmm(lva,2,5)	Gr
Panel : Indiv*Time	11*18		11*18		11*18	

2-step estimation by System-GMM using DPD for OX (Doornik, Arellano, and Bond).
Year dummies are included in each model. (Using finite sample corrected standard errors)
***Significant at the 1 % level. ** Significant at the 5 % level. *Significant at the 10 % level.

1516	**Produits alimentaires, boissons et tabac**
1719	**Textiles, articles d'habillement, cuir et chaussures**
2000	**Production de bois, articles en bois et liège**
2122	**Pâtes et papier, articles en papier, imprimerie et édition**

Industries de Moyenne-Faible Technologie

Le Tableau 15 montre que les hypothèses de l'approche « Demand-Pull » sont validées pour 4 industries sur 5. En effet, la magnitude des élasticités innovation-demande à court terme est très forte pour les industries d'*Articles en caoutchouc et matières plastiques* avec un effet contemporain de l'ordre de 1.34 % et un effet décalé de 2 % en réponse à 1 % de variation sur la demande. Pour la branche de *Fabrication d'ouvrages en métaux sauf machines et matériel*, cette magnitude est plus forte avec un effet contemporain d'environ 1.96 %. Pour les autres

industries, ces élasticités innovation-demande sont soit très faiblement significatives (*Autres produits minéraux non métalliques* avec 0.02) ou non significatives (*Cokéfaction, produits pétroliers raffinés et combustibles nucléaires*, *Produits métallurgiques de base*). Les mécanismes de correction à court terme sont plus importants pour les *Articles en caoutchouc et matières plastiques* avec une vitesse d'ajustement annuel, vers l'équilibre de long terme, d'environ 58 % de déviations corrigées contre 9 % pour les *Produits pétroliers raffinés et combustibles nucléaires*, 8 % pour la *Fabrication d'ouvrages en métaux sauf machines et matériel* et seulement 1.5 % pour les *Produits métallurgiques de base*. Concernant les élasticités de long terme, les résultats montrent que la réponse des activités d'innovation aux chocs exogènes permanents sur la demande varie de 0.65 pour le secteur de *Cokéfaction, produits pétroliers raffinés et combustibles nucléaires* à 1.28 pour l'industrie des *Articles en caoutchouc et matières plastiques*.

Dans une configuration « Technology-Push », les mécanismes de correction à court terme pour l'approche « Technology-Push » sont validés pour 3 industries sur 5. La force de rappel annuelle, vers l'équilibre de long terme, est d'environ 5 % pour deux industries (*Cokéfaction, produits pétroliers raffinés et combustibles nucléaires, Produits métallurgiques de base*) et seulement 1 % pour le secteur de *Fabrication d'ouvrages en métaux sauf machines et matériel*. En revanche, la magnitude des élasticités demande-innovation de court terme est relativement plus forte pour ce dernier secteur (0.47) en comparaison avec les autres industries dont les valeurs sont très faibles variant de 0.03 pour les *Autres produits minéraux non métalliques* à 0.05 pour les *Articles en caoutchouc et matières plastiques*. Concernant les élasticités demande-innovation de long terme, les résultats ne sont significatifs que pour 3 industries sur 5 avec des valeurs allant de 0.33 pour les *Produits pétroliers raffinés et combustibles nucléaires* à 1.20 pour les *Produits métallurgiques de base*.

Pour ce niveau de moyenne-faible technologie, il nous semble que les forces économiques et technologiques agissant sur les activités d'innovation et sur la demande sont spécifiquement interdépendantes et entretiennent des relations de causalité circulaire pour la plupart des industries de ce niveau technologique. Ainsi, pour les industries de produits métallurgiques de base et Fabrication d'ouvrage en métaux, la demande semble jouer un rôle important dans les avancées en matière d'innovation au même titre que le rôle joué par ces dernières sur cette demande. En d'autres termes, ce résultat nous invite à considérer la relation entre innovation et demande comme une relation bidirectionnelle dont les hypothèses de type « Demand-Pull »

et de type « Technology-Push » peuvent se réaliser simultanément et toute estimation économétrique doit se faire à l'aide de modèle à équations simultanées[100].

Tableau 15 Estimation des modèles à correction d'erreur : Dynamiques à court et long termes de l'innovation et de la demande – Moyenne-Faible Technologie –

Variables	2300		2500		2600		27(
	DP	TP	DP	TP	DP	TP	DP
	ΔLRD	ΔLVA	ΔLRD	ΔLVA	ΔLRD	ΔLVA	ΔLRD
Constant	0.2960**	0.8316**	-5.6788	0.1370*	0.0051***	-0.0062	0.0015*
ΔLRD	-	-0.1314**	-	0.0598*	-	0.0600***	-
ΔLRDt-1	0.1665***	0.1107*	-0.3647	-0.0068	0.0222**	-0.0300*	0.0053
ΔLVA	-0.1397	-	1.34***	-	0.0258***	-	0.0093
ΔLVAt-1	-0.2564***	-0.4358***	2.0161***	0.1392*	0.0138*	0.3190***	0.0043
LRDt-2- LVAt-2	-0.0870**	-	-0.5818**	-	-0.0337***	-	-0.0151**
LVAt-2	-0.02997**	-	0.1606	-	-0.0056*	-	-0.0020*
LVAt-2- LRDt-2	-	-0.04625*	-	-0.0083	-	0.0035**	-
LRDt-2	-	-0.0309**	-	-0.0039	-	0.0007	-
Sum of Short-Run Coef.	-0.3961	-0.0207	3.3561	0.053	0.0396	0.03	0.0136
Long-Run Coef	0.6555	0.3318	1.2760	0.5301	0.8338	0.8	0.8675
Sargan Test (P-Value)	1.000	0.113	1.000	0.256	1.000	1.000	1.000
AR1 (P-Value)	0.743	0.928	0.177	0.856	0.119	0.988	0.434
AR2 (P-Value)	0.026	0.129	0.177	0.787	0.646	0.294	0.366
Level instruments	Gmm(lrd,5,99) Gmm(lva,5,99)	Gmm(lrd,2,5) Gmm(lva,2,5)	Gmm(lrd,5,5)	Gmm(lrd,3,5)	Gmm(lrd,3,5) Gmm(lva,3,5)	Gmm(lrd,3,99) Gmm(lva,3,99)	Gmm(lrd,3,99) Gmm(lva,3,99)
Panel : Indiv*Time	11*18		11*18		11*18		11*

2-step estimation by System-GMM using DPD for OX (Doornik, Arellano, and Bond).
Year dummies are included in each model. (Using finite sample corrected standard errors)
***Significant at the 1 % level. ** Significant at the 5 % level. *Significant at the 10 % level.

2300	Cokéfaction, produits pétroliers raffinés et combustibles nucléaires
2500	Articles en caoutchouc et matières plastiques
2600	Autres produits minéraux non métalliques
2700	Produits métallurgiques de base
2800	Fabrication d'ouvrages en métaux (sauf machines et matériel)

Industries de Moyenne-Haute Technologie

D'après le Tableau 16, les résultats valident les hypothèses de l'approche « Demand-Pull » pour 4 industries sur 5. La magnitude des élasticités innovation-demande de court terme varie de 0.01 pour l'industrie de *Produits chimiques et pétroliers, caoutchouc et plastique* à 0.73 pour l'industrie des *Machines et matériel*. Les mécanismes de correction à court terme sont plus rapides pour le secteur des *Véhicules automobiles, remorques et semi-remorques* avec une vitesse d'ajustement annuel, vers l'équilibre de long terme, d'environ 81 % contre des

[100] Cela constitue une piste de recherche très intéressante pou nous futurs travaux.

valeurs allant de 3 % pour l'industrie de *Produits chimiques et pétroliers, caoutchouc et plastique* à 5 % pour l'industrie de *Machines et appareils électriques* et l'industrie des *Machines et matériel*. Les élasticités innovation-demande de long terme sont relativement importantes allant de 0.75 pour les *Produits chimiques et pétroliers, caoutchouc et plastique* à 1.26 pour les *Véhicules automobiles, remorques et semi-remorques*.

Dans une logique de type « Technology-Push », les mécanismes de correction à court terme sont validés pour 2 industries sur 5. La force de rappel, vers l'équilibre de long terme, corrige annuellement moins de 1.5 % de déviations pour l'industrie de *Produits chimiques, sauf produits pharmaceutiques* et l'industrie de *Machines et appareils électriques*. La magnitude des élasticités demande-innovation de court terme est faible pour 3 industries sur 5 avec des valeurs ne dépassant pas 0.02. Concernant les élasticités de long terme, les résultats ne sont significatifs que pour 2 industries sur 5 avec 0.83 pour les *Machines et appareils électriques* et 1.29 pour les *Produits chimiques, sauf produits pharmaceutiques*.

Pour ce niveau de moyenne-haute technologie, nous pouvons avancer que les forces économiques et technologiques agissant sur les activités d'innovation et sur la demande sont également interdépendantes et entretiennent des relations de long terme très importantes de termes d'amplitude et de causalité circulaire. Particulièrement, dans les industries de produits chimiques et d'automobile, les hypothèses des deux approches semblent se réaliser simultanément, ce qui laissent penser au modèle itératif de type « Kline-Rosenberg ».

Tableau 16 Estimation des modèles à correction d'erreur : Dynamiques à court et long termes de l'innovation et de la demande – Moyenne-Haute Technologie –

Variables	2325		2401		2900		31
	DP	TP	DP	TP	DP	TP	DP
	ΔLRD	ΔLVA	ΔLRD	ΔLVA	ΔLRD	ΔLVA	ΔLRD
Constant	0.0028***	0.0032***	0.0061***	0.0044***	0.0278	0.0007	0.0029
ΔLRD	-	0.0053**	-	0.0172***	-	0.0121***	-
ΔLRD_{t-1}	0.0098***	-0.0003	0.0384***	0.0035	-0.1529	0.0006	0.0768***
ΔLVA	0.0052***	-	0.0163**	-	0.5036***	-	0.0106**
ΔLVA_{t-1}	0.0081***	0.004**	0.0278***	0.0114***	0.2242*	-0.0006	0.0138***
LRD_{t-2}- LVA_{t-2}	-0.0304***	-	-0.0363***	-	-0.0508***	-	-0.0487***
LVA_{t-2}	-0.0073	-	-0.0029***	-	-0.0038	-	-0.0045***
LVA_{t-2}- LRD_{t-2}	-	0.01486**	-	-0.0121**	-	-0.0153	-
LRD_{t-2}	-	0.0002	-	0.0033***	-	0.0045*	-
Sum of Short-Run Coef.	0.0133	0.0050	0.0441	0.0207	0.7278	0.0127	0.0244
Long-Run Coef	0.7599	0.9865	0.9201	1.2727	0.9252	1.2941	0.9076
Sargan Test (P-Value)	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
AR1 (P-Value)	0.026	0.688	0.870	0.121	0.960	0.174	0.400
AR2 (P-Value)	0.036	0.365	0.844	0.155	0.324	0.455	0.735
Level instruments	Gmm(lrd,5,5) Gmm(lva,5,5)	Gmm(lva,3,99)	Gmm(lva,3,99)	Gmm(lrd,3,10) Gmm(lva,3,10)	Gmm(lrd,5,99) Gmm(lva,5,99)	Gmm(lrd,2,3) Gmm(lva,2,3)	Gmm(lrd,5,99) Gmm(lva,5,99)
Panel : Indiv*Time	11*18		11*18		11*18		11*

2-step estimation by System-GMM using DPD for OX (Doornik, Arellano, and Bond).
Year dummies are included in each model. (Using finite sample corrected standard errors)
***Significant at the 1 % level. ** Significant at the 5 % level. *Significant at the 10 % level.

2325	Produits chimiques et pétroliers, caoutchouc et plastique
2401	Produits chimiques, sauf produits pharmaceutiques
2900	Machines et matériel n.c.a.
3100	Machines et appareils électriques n.c.a.
3400	Véhicules automobiles, remorques et semi-remorques

Industries de Haute Technologie

D'après le Tableau 17, les mécanismes de correction à court terme de l'approche « Demand-Pull » sont plus rapides pour l'industrie des *Machines de bureau, comptables et informatiques* et l'industrie des *Appareils de radio, télévision et communication* avec des vitesses d'ajustement annuel, vers l'équilibre de long terme, respectivement d'environ 8 % de déviations corrigées et 7 % contre seulement 3 % pour l'industrie des *Produits pharmaceutiques*. La magnitude des élasticités innovation-demande de court terme varie de 0.007 pour le dernier secteur à 0.62 pour l'industrie des *Machines de bureau, comptables et informatiques*. Les élasticités innovation-demande de long terme sont plus importantes allant de 0.95 pour ce dernier secteur à 1.30 pour le secteur des *Appareils de radio, télévision et communication*.

Les mécanismes de correction à court terme dans une configuration de type « Technology-Push » sont moins rapides que ceux de la « Demand-Pull » avec des forces de rappel annuelles, vers l'équilibre de long terme, allant de moins de 3 % pour l'industrie des

Appareils de radio, télévision et communication à moins de 8 % pour le secteur des *Machines de bureau, comptables et informatiques*. Concernant les élasticités demande-innovation à court terme, les magnitudes sont significatives mais faibles pour 2 industries sur 3 avec des valeurs allant de 0.16 pour l'industrie des *Appareils de radio, télévision et communication* à 0.32 pour le secteur des *Machines de bureau, comptables et informatiques*. En ce qui concerne les élasticités de long terme, les résultats ne sont pas significatifs hormis les fortes valeurs qui avoisinent l'unité.

Pour ce niveau de haute technologie, nous avons constaté que les forces économiques agissant sur les activités d'innovation sont plus importantes que les forces technologiques agissant sur la demande pour toutes les industries de ce niveau technologique.

Tableau 17 Estimation des modèles à correction d'erreur : Dynamiques à court et long termes de l'innovation et la demande – Haute Technologie –

Variables	2423		3000	
	DP	TP	DP	TP
	ΔLRD	ΔLVA	ΔLRD	ΔLVA
Constant	0.0034***	0.2190***	-0.0838	0.2511*
ΔLRD	-	0.0695	-	0.3450***
ΔLRD_{t-1}	0.0050	0.0705	0.2896***	-0.0294
ΔLVA	0.0050*	-	0.3552***	-
ΔLVA_{t-1}	0.0025	-0.1714	0.2616****	-0.3010***
LRD_{t-2}- LVA_{t-2}	**-0.0316*****	-	**-0.0813****	-
LVA_{t-2}	**0.0020***	-	**-0.0040**	-
LVA_{t-2}- LRD_{t-2}	-	**-0.0487***	-	**-0.0771***
LRD_{t-2}	-	**-0.0018**	-	**0.0027**
Sum of Short-Run Coef.	0.0075	0.1400	0.6168	0.3156
Long-Run Coef	1.0633	0.9630	0.9508	1.0350
Sargan Test (P-Value)	1.000	0.929	1.000	1.000
AR1 (P-Value)	0.086	0.090	0.113	0.346
AR2 (P-Value)	0.345	0.434	0.197	0.560
Level instruments	Gmm(lva,3,99)	Gmm(lva,2,99)	Gmm(lrd,3,99) Gmm(lva,3,99)	Gmm(lrd,2,99) Gmm(lva,2,99)
Panel : Indiv*Time	11*18		11*18	

2-step estimation by System-GMM using DPD for OX (Doornik, Arellano, and Bond).
Year dummies are included in each model. (Using finite sample corrected standard errors)
***Significant at the 1 % level. ** Significant at the 5 % level. *Significant at the 10 % level.

2423	Produits pharmaceutiques
3000	Machines de bureau, comptables et informatiques
3200	Appareils de radio, télévision et communication.

Conclusion du chapitre : une vision synthétique des résultats

Nous avons examiné la dynamique à court et long terme de la relation entre les indicateurs de la demande et ceux des activités d'innovation pour 11 pays, 17 secteurs et quatre niveaux technologiques. Un modèle à correction d'erreur a été estimé en utilisant un estimateur GMM qui permet de surmonter certains problèmes liés aux effets spécifiques individuels, à la persistance, et à l'endogéneité. Cette approche nous permet d'obtenir des estimations consistantes et efficaces.

On vient de constater que les modèles estimés au niveau des pays convergent plus rapidement vers l'équilibre de long terme en réponse aux chocs momentanés sur la demande (« Demand-Pull ») que sur les activités d'innovation (« Technology-Push »). Ce résultat n'est pas général pour tous les pays[101]. En effet, en France, en Italie, en Norvège, au Royaume Unis et aux États-Unis, les forces de rappel agissent quasiment avec la même intensité, pour faire converger le modèle vers son équilibre de long terme, sur les déviations provoquées sur la demande ou l'innovation. En revanche, au Canada et en Allemagne les vitesses d'ajustement sont plus rapides dans le cas des hypothèses de type « Demand-Pull » que de type « Technology-Push ». Au Japon, c'est plutôt les forces de rappel de type *Technology-Push* qui dominent. Les résultats synthétiques (Tableau 18) montrent que les variations permanentes sur la demande induisent de grandes réponses de long terme des activités d'innovation, par rapport à l'effet des chocs permanents de l'innovation sur la demande. Un comportement est quasiment semblable en ce qui concerne l'importance des effets des chocs provisoires sur le comportement à court terme.

Tableau 18 Synthèse des dynamiques à court et long termes : « Demand-Pull » versus « Technology-Push » – Par niveau technologique et secteur-

[101] On peut inclure dans la Base de données plus de pays, plus d'industries et une dynamique plus longue afin d'éviter un éventuel effet de sélection.

Niveaux technologiques	Secteurs	« Demand-Pull »						«	
		Force de rappel		Elasticité à CT		Elasticité à LT		Force de rappel	
Faible Technologie	1516	-	1.9 %	0.008	-	-	0.80	-	-
	1719	5.5 %		0.97		0.72		-	
	2000	20 %		0.05		0.76		9 %	
	2122	3 %		-		0.87		5 %	
Moyenne-Faible Technologie	2300	9 %	2 %	-0.26	0.02	0.65	0.70	5 %	0.4 %
	2500	59 %		3.35		1.27		-	
	2600	3.4 %		0.04		0.53		-	
	2700	1.5 %		-		0.87		5 %	
	2800	7.7 %		0.74		0.88		1 %	
Moyenne-Haute Technologie	2325	3 %	3.2 %	0.01	0.02	0.76	0.96	-	1 %
	2401	3.6 %		0.05		0.92		1.2 %	
	2900	5 %		0.73		0.93		-	
	3100	4.9 %		0.03		0.91		1.5 %	
	3400	81 %		-		1.26		-	
Haute Technologie	2423	3.2 %	5.9 %	0.007	0.38	1.07	0.82	4.9 %	4.5 %
	3000	8.2 %		0.62		0.96		7.7 %	
	3200	7.4 %		0.38		1.30		3 %	
Total Manufacturing		21.2 %		0.87		1.06		26 %	

Notre analyse par niveau technologique a révélé que ces réponses de long terme sont croissantes en fonction du degré d'intensité technologique pour les deux approches avec une supériorité en termes de magnitude pour la « Technology-Push ».

En outre, les estimations révèlent que les vitesses d'ajustement à court terme sont plus rapides, et croissantes en fonction du niveau technologique, pour répondre aux chocs momentanés sur la demande par rapport aux chocs sur les activités innovantes.

Dans une perspective de politiques industrielles, notre analyse suggère que les politiques qui conduisent à soutenir, d'une façon continue, la demande à tous les niveaux peuvent provoquer de grands effets de long terme sur les activités de production de connaissances et d'innovation[102]. Par conséquent, les politiques qui visent de manière aussi continue peuvent, en retour, stimuler la demande dans un cycle vertueux. En outre, si la politique de promotion de la demande est conjoncturelle au sens de provisoire, il y aurait probablement une force de rappel différentielle à court terme selon le type d'industrie ou/et le niveau technologique. Pour

[102] C'est aussi un résultat marquant du Programme Européen de Recherches Macrotec (voir Le Bas et Von Tunzelmann, 2004.

l'industrie des *Véhicules automobiles, remorques et semi-remorques* et l'industrie des *Articles en caoutchouc et matières plastiques*, nos résultats suggèrent qu'une politique temporaire de promotion de la demande ait comme conséquence une réponse plus rapide des activités d'innovation. Mais dans l'industrie de *Produits métallurgiques de base*, une politique temporaire stimulant la demande peut mener à une réponse plus lente des mécanismes de production d'innovation. La raison est que les entreprises des deux premières industries tendent à investir très fortement dans les nouvelles technologies, alors que celles de l'industrie métallurgique investissent moins en R&D.

Conclusion générale

Les questions autour du thème de l'économie de l'innovation recèlent des enjeux cruciaux et variés. Nous vivons une période de l'histoire économique que l'on peut caractériser par une montée en puissance, dans les économies industrialisées et développés, des activités fondées sur la production de connaissances, de l'extension de la concurrence et de la recherche permanente de gains de productivité. L'innovation est à la fois un objet d'étude qui élargit et perfectionne les cadres d'analyse économique et un objectif primordial des politiques économiques en faveur d'une croissance économique durable. En tant qu'objet d'étude, on a vu au début cette thèse, qu'il s'agissait d'analyser aussi bien les processus d'innovation par lesquels se renouvellent l'ensemble des biens et des services offerts, l'ensemble des technologies, l'organisation du travail, les liens entre la recherche fondamentale et la recherche appliquée, l'impact des avancées technologiques sur la croissance économique et l'emploi, et l'effet de la demande sur les activités d'innovation généralement. En tant qu'objectif, l'intervention des pouvoirs publics en faveur de l'innovation se justifie amplement. On a vu que les instruments de l'intervention publique sont assez variés (subventions directes, incitations fiscales…) et interdépendants. Il faut simultanément inciter les agents économiques (essentiellement les grandes firmes) à produire des connaissances et à favoriser la diffusion du savoir et des innovations dans le tissu économique. Ces impératifs sont d'autant plus difficiles à réaliser que le processus d'innovation est par nature dynamiquement cumulatif et tout retard risque d'aggraver les performances des firmes et donc d'obérer leurs capacités à mettre des rn œuvre des innovations dans des périodes de temps plus éloignées.

On a vu également que la conception de type « Technology-Push » qui avait longtemps dominé l'économie du changement technologique, a été progressivement contestée et/ou complétée par une vision de type « Demand-Pull », conception qui nous semble particulièrement pertinente pour expliquer les innovations mineures. Cette dernière vision a été profondément renouvelée par des travaux empiriques, notamment l'approche évolutionniste impulsée par les travaux de Nelson et Winter (1982), Dosi (1984) et Rosenberg (1986). L'innovation est reconsidérée comme un processus d'apprentissage localisé et à fort contenu en connaissances, présentant des spécificités d'irréversibilité et de forte dépendance de la trajectoire technologique (« Path-Dependency ») et différent suivant les industries et le niveau technologique associé. Explicitement, les incitations des firmes à innover sont déterminées par des interactions complexes entre plusieurs phénomènes typiques des environnements industriels évolutionnistes : concentrations et diversités des activités technologiques, opportunités technologiques, turbulences et persistances technologiques.

Tous ces déterminants de l'innovation doivent faire l'objet d'études économétriques à des niveaux économiques différents. Nous avons contribué en partie dans le cadre de cette thèse à mettre de nombreux éclairages sur la nature, la direction et la magnitude des effets entre innovation et demande. Ainsi, à l'aide des modèles dynamiques à correction d'erreur sur des données de panel, nos résultats montrent que les variations permanentes sur la demande induisent de façon générale de grandes réponses de long terme des activités d'innovation (« Demand-Pull »). L'effet inverse (« Technology-Push ») est moins important. En ce qui concerne le comportement à court terme, il nous semble que les réponses aux stimuli sont de grandeurs proches s'agissant des hypothèses de « Demand-Pull » ou de « Technology-Push ».

Notre analyse par pays a révélé une hétérogénéité importante en termes de comportement à court et long termes du modèle sous-jacent. Les résultats montrent que les modèles convergent plus rapidement vers l'équilibre de long terme dans une configuration de type « Demand-Pull » que de type « Technology-Push » en Allemagne et au Canada. Au Japon, les résultats on révélé le contraire. Dans les autres pays (France, Italie, Norvège, Royaume Unis et États-Unis), les forces de rappel agissent de la même importance dans les deux sens. De façon globale, les élasticités de long terme sont relativement plus importantes dans un schéma de type « Technology-Push » (valeurs allant de 0.47 pour la Norvège à 0.81 au Japon) que de type « Technology-Push » (valeurs allant de 0.22 pour la Finlande à 1.88 au Canada[103]) pour la plupart des pays. En revanche, notre analyse de la dynamique à court terme indique que,

[103] 6 pays sur 11 ont des élasticités à long terme supérieur à 1.

pour certains pays, les ajustements de l'innovation en réponses aux chocs momentanés sur la demande sont plus rapides que dans le sens inverse. Pour d'autres pays, c'est plutôt le contraire. La compréhension des comportements structuraux des industries nationales est une nécessité économiquement souhaitée pour améliorer toute conception de politiques industrielles et technologiques dans les pays de l'OCDE.

Notre analyse par niveau technologique a révélé également une hétérogénéité importante entre industries du même niveau en termes de comportement de court et de long termes. Globalement, les réponses de long terme sont croissantes suivant le degré d'intensité technologique pour les deux approches avec une supériorité en termes de magnitude pour le schéma « Technology-Push ». En outre, les estimations révèlent que les vitesses d'ajustement de court terme sont plus rapides, et également croissantes suivant le niveau technologique, dans une configuration de type « Demand-Pull » que dans la configuration « Technology-Push ».

Les résultats discutés plus haut ne sont pas généralement en conflit avec les hypothèses de type « Demand-Pull » et de type « Technology-Push ». Les impacts à court et long termes de la demande sur l'innovation sont confirmés à tous les niveaux d'analyse.

Ces résultats ont des implications évidentes en termes de politiques macro-économiques, industrielles et technologiques. En particulier, on s'attend à ce qu'une politique économique expansionniste, au niveau sectoriel, favorise une augmentation significative de l'agrégat dépenses de R&D. Cependant, les politiques économiques à long terme visant une demande croissante peuvent être particulièrement importantes en stimulant l'innovation dans les industries de moyenne-haute technologies.

En termes de futur programme de recherche, nous achevons cette thèse sur des propositions d'une série de travaux empiriques et économétriques à réaliser. Nous souhaitons, premièrement, prolonger et compléter notre étude en termes :

- de données (actualiser le panel en prenant l'ensemble, si possible, des pays de l'OCDE sur une série chronologique plus longue allant jusqu'aux années 2006 voire 2007)
- de variables : travail sur d'autres indicateurs de l'innovation (les brevets) et indicateurs de la demande (chiffres d'affaires) et indicateurs mixtes (importations (demande nationale pour l'innovation du reste du monde) et exportations (demande du reste du monde de l'innovation nationale). Il serait également possible d'intégrer des indicateurs de structures industrielles (comme le nombre de firmes dans le secteur) ou

hétérogénéités sectorielles (comme la distance à la frontière technologique) permettant de contrôler le poids des opportunités technologiques.

Nous citons quelques travaux empiriques sur la relation entre innovation et commerce international qui constitueraient un gain de compréhension appréciable dans la perspective d'analyser l'impact de la demande extérieure.

En synthétisant les paradigmes de la théorie « néo-technologique » du commerce international et de l'économie de l'innovation, Zhao et Hongyu (1997) analysent le rôle crucial que peut jouer la R&D dans la détermination de la propension à exporter en utilisant une base de données des firmes chinoises. Les résultats de leur modèle logistique à équations simultanées montrent que l'influence de la R&D sur la propension et la croissance d'exportation est positive et très significative. En outre, leurs résultats montrent également que cette relation n'est pas unidirectionnelle et que d'autres variables stratégiques telles que la profitabilité, l'intensité capitalistique et la taille relative des firmes peuvent aussi stimuler la propension à exporter dans différentes directions. L'étude conclut que les résultats empiriques fournissent davantage d'évidence pour soutenir la théorie « néo-technologique » du commerce en Chine. D'autres études empiriques (Gruber *et al.*, 1967, Kessing, 1967, Mansfield *et al.*, 1979 et Franke, 1989) proposent d'autres analyses assez intéressantes de la relation entre commerce international, investissement international, et ventes de filiales étrangères des firmes manufacturières américaines. En particulier, ils s'intéressent à la nature de la relation entre l'intensité technologique et les indicateurs de l'activité internationale. Leurs résultats montrent que les industries avec des niveaux plus élevés en intensité en R&D sont les plus performantes en termes de commerce international et d'investissement à l'étranger. Plus globalement, les auteurs concluent que l'intensité en R&D est très bon facteur prédictif de la croissance interne de l'entreprise ainsi qu'un moteur principal de partage de parts de marché dans une économie globalisée.

Toutes ces remarques montrent in fine que nous n'avons répondu qu'à une partie des questions relevant de la problématique générale « Demand-Pull » et « Technology-Push », mais en ouvrant la voie à de futurs projets d'étude avec des outils économétriques plus fiables, plus puissants et plus efficaces.

Références bibliographiques

Acs Z. J. et Audretsch D. B. 1988. « Innovation in large and small firms: an empirical analysis », *American Economic Review*, vol. 78, n° 4.

Acs, Z. J., et D.B. Audretsch. 1991. « R&D, Firm Size and Innovative Activity ». In *Innovation and Technical Change*, sous la dir. de Acs, Z. J., et D. B. Audretsch. Harvester Wheatsheaf.

Aghion, P. 2006. « A Primer on Innovation and Growth ». *BRUEGEL Policy Brief Issue*.

Aghion, P., C. Harris, P. Howitt et J. Vickers. 2000. « Competition, Imitation and Growthwith Step-By-Step Innovation ». *Les cahiers de l'innovation,* vol. 18.

Aghion, P., D. Acemoglu et F. Zilibotti. 2006. « Distance to Frontier, Selection and Economic Growth ». *Journal of the European Economic Association*.

Aghion, P., et A. V. Banerjee. 2005. *Volatility and growth*. Coll. « Clarendon lectures in economics ». Oxford: Oxford University Press, 148 p.

Aghion, P., et E. S. Phelps. 2003. *Knowledge, information, and expectations in modern macroeconomics : in honor of Edmund S. Phelps*. Princeton, NJ: Princeton University Press, 578 p.

Aghion, P., et G. Saint-Paul. 1993. Uncovering some causal relationships between productivity growth and the structure of economic fluctuations : a tentative survey. Coll. « NBER working paper series », n° 4603. Cambridge, MA: NBER, 31 p.

Aghion, P., et O. J. Blanchard. 1994. « On the speed of transition in Central Europe ». Coll. « NBER working paper series ». Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research, 48 p.

Aghion, P., et P. Howitt. 1990. « A model of growth through creative destruction ». Coll. « NBER working paper series », n° 3223. Cambridge, MA: NBER, 48 p.

Aghion, P., et P. Howitt. 1996. « Research and Development in the Growth Process ». *Journal of Economics Growth,* vol. 1, p. 49-73.

Aghion, P., et P. Howitt. 1998. *Endogenous growth theory*. Cambridge, Mass: The MIT Press, 694 p.

Aghion, P., et R. Griffith. 2005. *Competition and growth : reconciling theory and evidence*. Coll. « Zeuthen lecture book series ». Cambridge, MA: MIT Press, 104 p.

Aghion, P., N. Bloom, R. Blundell, R. Griffith et P. Howitt. 2005. « Competition and Innovation: An Inverted U Relationship ». *Quarterly Journal of Economics*, p. 701-728.

Aghion, P., O. Hart et J. Moore. 1992. « The economics of bankruptcy reform ». Coll. « NBER working paper series », n° 4097. Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research.

Amable, B. , L. Demmou et I. Lezdema. 2007. *Competition, Innovation and Distance to Frontier*. Docweb. n° 0706. CEPREMAP.

Amemiya, T. 1971. « The Estimation of the Variances in a Variance Components Model ». *International Economic Review,* vol. 12, p. 1-13.

Anderson, .W., et C. Hsiao. 1981. « Estimation of dynamic models with error components ». *Journal of the American Statistical Association,* vol. 76, p. 598-606.

Anderson, T., et C. Hsiao. 1981. « Estimation of Dynamic Models With Error Components ». *Journal of the American Statistical Association*, n° 76, p. 598-606.

Antonelli, C. 1994. « Technological districts localized spillovers and productivity growth. The Italian evidence on technological externalities in the core regions ». *International Review of Applied Economics*, p. 18-30.

Antonelli, C. 1998. « The Dynamics of Localized Technological Changes. The Interaction between Factor Costs Inducement, Demand Pull and Schumpeterian Rivalry ». *Economics of Innovation and New Technology,* vol. 6, p. 97-120.

Archibugi, D., et M. Pianta. 1996. « Measuring Technological Change through Patents and Innovation Surveys ». *Technovation,* vol. 16, p. 451-468.

Arellano, M. 1987. « Computing Robust Standard Errors for Within Group Estimators ». *Oxford Bulletin of Economics and Statistics,* vol. 49, p. 431-434.

Arellano, M., et O. Bover. 1995. « Another look at the instrumental variable estimation of error components models ». *Journal of Econometrics,* vol. 68, p. 29-52.

Arellano, M., et S.R. Bond. 1991. « Some tests of specification for panel data: Monte Carlo evidence and an application to employment equations ». *Review of Economic Studies,* vol. 58, p. 277-297.

Arora, A., et A. Gambardella. 1994. « The Changing Technology of Technological Change: General and Abstract Knowledge and the Division of Innovative Labour ». *Research Policy*. p. 979-1007.

Arrow, K. . 1962. « Economic welfare and the Allocation of Resources for Invention ». In *The Rate and Direction of Inventive Activity*, sous la dir. de Nelson, R. . Princeton: Princeton University Press.

Arthur, B.W. 1988. « Competing Technologies: An Overview ». In *Technical Change and Economic Theory*, sous la dir. de Dosi, G., C. Freeman, R. Nelson, G. Silverberg et L. Soete. p. 590-607. London: Pinter.

Atkinson, A.B., et J.E. Stiglitz. 1969. « A New View of Technological Change ». *Economic Journal*, vol. 79, p. 573-578.

Audretsch, D.B. 1995. *Innovation and Industry Evolution*, MIT Press.

Audretsch, D.B., et Z.J. Acs. 1994. « Entrepreneurial Activity, Innovation and Macroeconomic Fluctuations ». In *Innovation in technology, industries, and Institutions*, sous la dir. de Shionoya, Y., et M. Perlman. The University of Michigan Press.

Bach, L., et S. Lhillery. 1999. « Recherche et Externalité: Tradition économique et renouveau ». In *Innovations et Performances : Approches interdisciplinaires*, sous la dir. de Foray, D., et J. Mairesse. p. 339-367. Paris: Editions de L'EHRESS.

Baldwin, J., et P. Gorecki. 1991. « Entry, Exit and Productivity growth ». In *Entry and Market Contestability : An International Comparison*, sous la dir. de Gonecki, P., et J. Schwalbach. p. 244-256. Oxford Basil Blackwell.

Baldwin, W.L., et J.T. Scott. 1987. « Market Structure and Technological Change ». In *Economics of Technological Change*, sous la dir. de Scherer, F.M. London, Paris, New York, Melbourne: Harwood Academic Publishers.

Balestra, P., et J. Varadharajan-Krishnakumar. 1987. « Full Information Estimations of a System of Simultaneous Equations With Error Components ». *Econometric Theory,* vol. 3, p. 223-246.

Baltagi, B.H. 1981. « Simultaneous Equations With Error Components ». *Journal of Econometrics,* vol. 17, p. 21-49.

Baltagi, B.H. 2001. *Econometric analysis of panel data,* 2nd ed. New York: Wiley.

Baltagi, B.H., et Q.C. Li. 1991. « A Joint Test for Serial Correlation and Random Individual Effects ». *Statistics and Probability Letters,* vol. 11, p. 177-280.

Banerjee, A. 1993. *Cointegration, Error Correction, and the Econometric Analysis of Non-stationary Data*. Coll. « Advanced texts in econometrics », xiii. Oxford, New York: Oxford University Press, 329 p.

Banerjee, A., J. Galbraith et J. J. Dolado. 1990. « Dynamic specification with the general error correction form ». *Oxford Bulletin of Economics and Statistics,* vol. 52, p. 95-104.

Banerjee, A., J. J. Dolado et R. Mestre. 1998. « Error-correction mechanisms tests for cointegration in a single-equation framework ». *Journal of Time Series Analysis*, vol. 19, p. 267-284.

Barlet, C., E. Duguet, D. Encaoua et J. Pradel. 1998. « The commercial success of innovations : an econometric analysis at the firm level in French manufacturing ». *Annales d'Economie et de Statistique*, n° 49/50, p. 457-478.

Basalla, G. 1988. *The evolution of technology*. Coll. « Cambridge history of science », viii. Cambridge: Cambridge University Press, 248 p.

Baumol, W. J. 2002. T*he Free-Market Innovation Machine*. Princeton University Press.

Beran, J. 1994. *Statistics for Long-Memory Processes*. Chapman & Hall.

Bhargava, A., Franzini L. et Narendranathan W. 1982. « Serial Correlation and the Fixed Effects Model ». *Review of Economic Studies,* vol. 49, p. 533-554.

Blundell, R., et S.R. Bond. 1998. « Initial conditions and moment restrictions in dynamic panel data models ». *Journal of Econometrics*. Vol. 87, p. 115-143.

Blundell, R., et S.R. Bond. 2000. « GMM Estimation with Persistent Panel Data: An Application to Production Functions ». *Econometric Reviews,* vol. 19, n° 3, p. 321-340.

Blundell, R., R. Griffith et J. Van Reenen. 1995. « Dynamic Count models of Innovation of Technological Innovation ». *Economic Journal,* vol. 105, p. 333-344.

Blundell, R., S.R. Bond et F. Windmeijer. 2000. *Estimation in dynamic panel data models: Improving on the performance of the standard GMM estimators*. London: The Institute of Fiscal Studies.

Boone, J. 2001. « Intensity of Competition and the Incentive to Innovate ». *International Journal of Industrial Organization*, p. 705-726.

Brenahan, T., et M. Trajtenberg. 1995. « General purpose technologies : Engines of growth ». *Journal of Econometrics*, n° 60, p. 83-108.

Bresnahan, J.F., et S. Greenstein. 1999. « Structure of the Computer Industry ». *Review of Industrial Economics*. p. 1-40.

Bresnahan, T., E. Brynjolfsson et L.M. Hitt. 2002. « Information Technology, Workplace Organization and the Demand for Skilled Labor : Firm-level Evidence ». *Quarterly Journal of Economics*, vol. 117, p. 339-376.

Brockhoff, K. 1995. « Research in the Company of the Future, R&D management ». In *Conference: Knowledge, technology and innovative organizations* (Pise, 20-22 septembre 1995).

Brouwer, E., et A. Kleinknecht. 1996. « Firm Size, Small Business Presence and Sales in Innovative Products: A Micro-econometric Analysis ». *Small Business Economics,* vol. 8, p. 189-201.

Brouwer, E., et A. Kleinknecht. 1999. « Keynes-plus? Effective Demand and Changes in Firmlevel R&D : An Empirical Note ». *Cambridge Journal of Economics,* vol. 23, p. 385-391.

Cantwel, J., et U. Kotecha. 1994. « L'internationalisation des activités technologiques : le cas français en perspective ». In *Les défis de la mondialisation*, sous la dir. de SACHWALD, F. Paris: Masson.

Cefis, H. 1999. « Persistence in Profitability and in Innovation ». In *European Meeting on Applied Evolutionary Economics.*

Cohen, W. 1995. « Empirical Studies of Innovating Activities ». In *Handbook of the Economic of Innovation and New Technology*, sous la dir. de Stoneman, P. Oxford : Basil Blackwell.

Cohen, W., et F. Malerba. 2001. « Is the Tendency to Variation a Chief Cause of Progress? ». *Industrial and Corporate Change,* vol. 10, n° 3, p. 587-608.

Cohen, W., et R. Levin. 1989. « Empirical Studies of Innovation and Market Structure ». In *Handbook of Industrial Organization*, sous la dir. de Schmalensee, R., et R. Willig. Amsterdam: North Holland.

Cohen, W., et S. Klepper. 1992. « The Trade-off between Firm Size and Diversity in the Pursuit of Technological Progress ». *Small Business Economics,* vol. 4, p. 1-14.

Cohen, W.M., et D.A. Levinthal. 1989. « Innovation and learning : the two faces of R&D ». *Economic Journal,* vol. 99, p. 569-596.

Colombo, M.G., et M. Delmastro. 2002. « The Determinants of Organizational Change and Structural Inertia: Technological and Organizational Factors ». *Journal of Economics and Management Strategy*, vol. 11, p. 595-635.

Cornwell, C., et Rupert P. 1988. « Efficient Estimation With Panel Data: an Empirical Comparison of Instrumental Variables Estimators ». *Journal of Applied Econometrics,* vol. 3, p. 149-155.

Crampes, C., et D. Encaoua. 2003. « Microéconomie de l'innovation ». In *Encyclopédie de l'Innovation*, sous la dir. de Mustar, P, et H. Penan. Economica.

Crépon, B., E. Duguet et J. Mairesse. 1998. « Research, Innovation, and Productivity: An Econometric Analysis at the Firm Level ». *NBER Working Papers*, n° 6696.

D'Aspremont, C., et A. Jacquemin. 1990. « Cooperative and Noncooperative R&D in Duopoly with Spillovers ». *American Economic Review*. p. 641.

Da Silva, J.G.C. 1975. « The Analysis of Cross-Sectional Time Series Data (Ph.D. dissertation) ». North Carolina State University.

Damijan, P., M. Knellb, B. Majcenc et M. Rojecd. 2003. « The role of FDI, R&D accumulation and trade in transferring technology to transition countries: evidence from firm panel data for eight transition countries ». *Economic Systems,* vol. 27, n° 2, p. 189-204.

David, P. 1985. « Clio and the Economics of QWERTY ». *American Economic Review Proceedings*, vol. 75, p. 332-337.

David, P.A., B.H. Hall et A.A. Toole. 2000. « Is Public R&D a Complement or a Substitute for private R&D? A review of the econometric evidence ». *Research Policy*, p. 497-529.

De Hoyos, R., et Sarafidis V. 2006. « Testing for Cross-Sectional Dependence in Panel Data Models ». *The Stata Journal,* vol. 6, n° 4, p. 482-496.

Doornik, J., Arellano, M., Bond, S. 2006. « Panel data estimation using DPD for OX ». *Nuffield College, Oxford.*

Dosi, G. 1984. *Technical change and industrial transformation : the theory and an application to the semiconductor industry*. XV. Basingstoke: Macmillan Press, 338 p.

Dosi, G. 1988. « Source, Procedure and Microeconomic Effect of Innovation ». *Journal of Economic Literature*, vol. 26, p. 1120-1171.

Dosi, G. 1997. « Opportunities, incentives and the collective patterns of technical change ». *Economic Journal,* vol. 107, (Septembre), p. 1530-1547.

Dosi, G. 2000. *Innovation, Organization and Economic Dynamics*. Northhampton, MA: Edward Elgar.

Dosi, G., C. Freeman, R. Nelson, G. Silverberg et L. Soete. 1988. *Technical change and economic theory*. Coll. « IFIAS research series », 6. London.

Dosi, G., D.A. Levinthal et L. Marengo. 2003. « Bridging Contested Terrain: Linking Incentivebased and Learning Perspectives on Organizational Evolution ». *Industrial and Corporate Change*, vol. 12, p. 413-436.

Dosi, G., et F. Malerba. 1996. *Organization and strategy in the evolution of the enterprise*. Basingstoke: Macmillan, 469 p.

Dosi, G., K. Pavitt et L. Soete. 1990. *The economics of technical change and international trade*. XIV. London: Harvester Wheatsheaf, 303 p.

Dosi, G., K. Pavitt et L. Soete. 1990. *The economics of technical change and international trade*. New York: New York University Press, 303 p.

Dumoulin, R., et A. Martin. 2003. « L'externalisation de la R&D : une approche exploratoire ». *Revue française de gestion*, n° 143, p. 55-66.

Efendioglu, U.D., et N. Von Tunzelmann. 2001. *Investment, Demand and Innovation: An empirical analysis for OECD countries (1950-1995)*. Mimeo SPRU.

Favre, F., et S. Négassi. 2001. « Le financement public de l'innovation : son impact sur le processus innovant ». In *publication du SESSI*. Ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie.

Fontana, R., et M. Guerzoni. 2007. « Incentives and Uncertainty : An empirical analysis of the impact of demand on innovation ». *SPRU Electronic Working Paper Series*. n° 163 (November).

Forest, J. 1999. « L'économie de la conception au cœur du processus d'innovation ». Thèse de doctorat Nouveau Régime en Economie de la production, Lyon, Université Lumière Lyon 2.

Franks, J., et C. Mayer. 1990. « Capital Markets and Corporate Control: A Study of France, Germany and the UK ». *Economic Policy,* vol. 10, p. 189-232.

Freeman, C. 1982. *The Economics of Industrial Innovation*. London: Pinter.

Galbraith, J. K. 1958. *The Affluent Society*. Boston: Houghton Mifflin Company.

Gallié, E. P. 2003. « La coopération, vecteur d'externalités de connaissances ». In *Economie de la firme: quelles nouveautés?* ((Colloque), Annecy, 17-18 avril).

Galvez-Behar, G. 2008. *La République des inventeurs. Propriété et organisation de l'innovation en France (1791-1922)*. PUR. Collection Carnot.

Geroski, P. 1990. « Innovation, Technological Opportunity and Market Structure ». *Oxford Economic Paper,* vol. 42, p. 586-602.

Geroski, P. 1991. *Market dynamics and Entry*. Cambridge, MA: Blackwell.

Geroski, P. 1992. « Vertical relations between firms and industrial policy ». *Economic Journal,* vol. 102, n° 410, p. 138-147.

Geroski, P., et C.F. Walters. 1995. « Innovative Activity over the Business Cycle ». *Economic Journal,* vol. 105, p. 916-928.

Geroski, P., et R. Pomroy. 1990. « Innovation and the Evolution of Market Structures ». *The Journal of Industrial Economics,* vol. 38, p. 299-314.

Geroski, P., J. Van Reenen et C.F. Walters. 1997. « How persistently do Firms innovate? ». *Research Policy*. p. 33-48.

Geroski, P., J. Van Reenen et C.F. Walters. 2002. « Innovations, Patents and Cash Flow ». In *Innovation and Firme Performance*, sous la dir. de Kleinknecht, A., et P. Mohnen. Palgrave.

Gilbert, R., et D. Newberry. 1982. « Pre-emptive Patenting and the Persistence of Monopoly ». *American Economic Review,* vol. 72, p. 514-526.

Greene, W. 2003. *Econometric Analysis*, 5th edition. Prentice Hall.

Griliches, Z. 1979. « Issues in Assessing the Contribution of Research and Development to Productivity Growth ». *Bell Journal of Economics*, vol. 10, p. 92-116.

Griliches, Z. 1995. « R&D and Productivity: Econometric Results and Measurement Issues ». In *Handbook of the Economics of Innovation and Technical Change*, sous la dir. de Stoneman, P. . p. 52-89. Oxford: Blackwell.

Gruber, W., R. Vernon et D. B. Keesing. 1967. « The R&D factor in international trade and international investment of United States industries ». *Journal of Political Economy*, vol. 75, (Feb.).

Guellec, D. , et B. Van Pottelsberghe. 1997. « Le soutien des pouvoirs publics stimule-t-il la R&D privée? ». *Revue economique de I'OCDE*, n° 29.

Guellec, D., et E. loannidis. 1997. « Causes des fluctuations des depenses de R&D : Une étude quantitative ». *Revue economique de l'OCDE*, n° 29.

Hall, B., J. Mairesse, L. Branstetter et B. Crépon. 1999. « Does Cash Flow Cause Investment and R&D? An Exploration using Panel Data for French, Japanese, and United States Scientific Firms ». In *Innovation, Industry Evolution and Employment*, sous la dir. de Audretsch, D.B., et R. Thurik. p. 129-156. Cambridge: Cambridge University Press.

Hall, B.H. 1992. « Investment and R&D at the Firm Level : Does the Source of Financing Matter? ». *NBER Discussion Paper*, n° 4096.

Hall, B.H. 1994. « Corporate Restructuring and Investment Horizons in the United States : 1976-1987 ». *Business History Review,* vol. 68, p. 110-143.

Hanson, P., et K. Pavitt. 2001. *The comparative economics of research development and innovation in East and West : a survey*. Coll. « Fundamentals of pure and applied economics », v. 25. London: Routledge, 101 p.

Hao, K.Y., et A. B. Jaffe. 1993. « Effect Of Liquidity On Firms' R&D Spending ». *Economics of Innovation and New Technology*, vol. 2, n° 3, p. 275-282.

Harhoff, D. 1998. « Are financing constraints for R&D and Investment in German Manufacturing Firms ». Annales d'Economie et de Statistiques, n° 49/50, p. 421-456.

Harris, R., et Q.C. Li. 2009. « Exporting, R&D, and absorptive capacity in UK establishments ». Oxford Economic Papers, vol. 61, n° 1, p. 74-103

Haudeville, B., et D. Wolff. 2006. « Innovation and Internationnalization of Strategies of French Industrial Firms : Atentative Modelisation ». *Economies et Sociétés - Cahiers de l'ISMEA -,* vol. XL, n° 1 (Janvier), p. 145-169.

Hausman, J., et W. Taylor. 1981. « Panel Data and Unobservable Individual Effects ». *Econometrica,* vol. 49, p. 1377-1398.

Hendry, D. F., A. R. Pagan et J. D. Sargan. 1982. *Dynamic specification*. Coll. « Discussion paper (London School of Economics and Political Science) ». London: Social and Science Research Council.

Herstatt, C., et E. Von Hippel. 1992. « From Experience : Developing New Product Concepts Via the lead User Method : A Case Study in Low Tech Field ». *Journal of Peoduct Innovation management*, n° 9, p. 23-221.

Hessen, B. 1931. « The Social and Economic Roots of Newton's Principia ». In *Science at the Crossroads*, sous la dir. de Bukharin, Nicolai I. p. 151-212. London.

Hippel, E. 1987. « Cooperation between rivals: informal know how trading ». *Research Policy*, n° 16, p. 291–302.

Jasiak, J. 1999. *Long Memory in Economics: A comment*. working Paper-York University.

Kaldor, N. 1972. « The irrelevance of equilibrium economics ». *Economic Journal,* vol. 82, p. 1237-1255.

Kaldor, N. 1981. « The role of increasing returns technical progress and cumulative causation ». *Economie Appliquée,* vol. 34, p. 593-617.

Kamien, M.I., et N.L. Schwartz. 1975. « Market Structure and Innovative Actitivty : A Survey ». *Journal of Economic Literature*, n° 13, p. 1-37.

Kamien, M.I., et N.L. Schwartz. 1982. *Market Structure and Innovation*. Cambridge University Press.

Katz, M. L. 1986. « An Analysis of Cooperative Research and Development ». *Journal of Economics,* vol. 17, n° 4, p. 527-543.

Katz, M. L., et J. A. Ordover. 1990. « R&D, Cooperation and competition ». *Brookings Papers on Economic Activity: Microeconomics* p. 137-203.

Kay, N.M. 1988. « The R&D function: corporate strategy and structure ». In *Technical change and economic theory*, sous la dir. de Dosi, Giovanni. London: Pinter publishers.

Keesing, D.B. 1967. « Outward-looking policies and economic development ». *Economic Journal,* vol. 77, p. 303-320.

Kérihuel, A. 1993. « L'industrie agroalimentaire et innovation ». *Agreste Cahiers,* vol. 13, p. 27-34.

Kester, W.C. 1992. « Governance, Contracting and Investment Horizons: A Look at Japan and Germany ». *Journal of Applied Corporate Governance,* vol. 5, p. 83-98.

Kirbach, M., et C. Schmiedeberg. 2008. « Innovation and export performance: Adjustment and remaining differences in East and West German manufacturing ». *Economics of Innovation and New Technology*, vol. 17, n° 5, p. 435-457.

Kirman, A. P. 1992. « Variety : the coexistence of techniques ». *Revue d'économie industrielle,* vol. 59, n° 1, p. 62-74.

Kleinknecht, A., et B. Verspagen. 1990. « Demand and innovation: Schmookler re-examined ». *Research policy,* vol. 19, p. 387-394.

Klepper, S. 1996. « Exit, entry, growth, and innovation over the product life-cycle ». American Economic Review, vol. 86, p. 562-583.

Klette, T., et S. Kortum. 2000. « Innovating Firms : Evidence and Theory ». *Les Cahiers de l'innovation*, n° 00030.

Klette, T., et Z. Griliches. 2000. « Empirical Patterns of Firm Growth and R&D Investment : A Quality Ladder Model Interpretation. ». *Economic Journal*, p. 363-387.

Klevorick, A.K., R.C. Levin, R.R. Nelson et S.G. Winter. 1995. « On the sources and significance of interindustry differences in technological opportunities ». *Research Policy*, vol. 24, p. 185-205.

Kline, S.J., et N. Rosenberg. 1986. « An Overview of Innovation ». In *The Positive Sum Strategy :Harnessing Technology for Economic Growth*, sous la dir. de Landau, Ralph, et Nathan Rosenberg. Washington, DC: National Academic Press.

Le Bas, C. 1991. *Economie du Changement Technique*. L'Interdisciplinaire.

Le Bas, C. 2002. « Demand Growth as a determinant of R&D Expenditures: An empirical Model in the Schmooklerian tradition ». In *Meeting of Macro Tec Group*.

Le Bas, C. 2007. *Economie et Management du brevet*, 1ère édition. Paris: Economica, 162 p.

Le Bas, C., et S. Négassi. 2002. *Les structures des activités d'innovation en France et comparaison avec celles des principaux partenaires commerciaux*. Convention d'étude n° 19/2000. 72 p.

Le Bas, C., et W. Latham. 2006. *The Economics of Persistent Innovation: An Evolutionary View*. New York: Springer, 248 p.

Lhuillery, S. 1996. « L'innovation dans I'industrie manufacturiere française : une revue des résultats de l'enquête communautaire sur l'innovation ». In *Innovation, brevets et stratégies technologiques*. OCDE.

Lhuillery, S. 2003. Les entreprises biotechnologies en France en 2001 (Septembre). Coll. « Note de recherche ». Ministere de la Recherche.

Lundvall, B. A. 1988. « Innovation as an Interactive Process : from User-Producer Interaction to National Systems of Innovation ». In *Technology and Economic Theory*, sous la dir. de Dosi, Giovanni, C. Freeman, R. Nelson, G. Silverberg et Luc Soete. London: Pinter Publishers.

Malerba, F. 2005. « Sectoral Systems of Innovation: A Framework for Linking Innovation to the Knowledge Base, Structure and Dynamics of Sectors ». *Economics of Innovation and New Technology,* vol. 14, n° 1-2, p. 63-82.

Malerba, F., et L. Orsenigo. 1995. « Schumpeterian patterns of innovation ». *Cambridge Journal of Economics*.

Malerba, F., et L. Orsenigo. 1996. « The Dynamics and Evolution of Industries ». *Industrial and Corporate Change,* vol. 5, p. 51-87.

Malerba, F., et L. Orsenigo. 1999. « Technology Entry, Exit and Survival : An Empirical Analysis of Patent Data ». *Research Policy*. p. 643-660.

Malerba, F., L. Orsenigo et P. Peretto. 1997. « Persistence of innovative activities, sectoral patterns of innovation and international technological specialization ». *International Journal of Industrial Organization*.

Mansfield, E. 1961. « Technical Change and the rate of Imitation ». *Econometrica*, vol. 29, p. 741-66.

Mansfield, E. 1963. « The Speed of Response of Firms to New Techniques ». *Quarterly Journal of Economics*, p. 290-311.

Mansfield, E. 1968. *Industrial Research and Technological Innovation*. New York: Norton.

Mansfield, E., A. Romeo et S. Wagner. 1979. « Foreign-Trade and United-States Research and Development ». *Review of Economics and Statistics,* vol. 60, n° 1, p. 49-57.

Manuel de Frascati. 2002. « Méthode type proposée pour les enquêtes sur la recherche et le développement expérimental ».

Metcalfe, J.S. 1997. *Evolutionnary Economics and Creative Destruction*. Londres: Routledge.

Metcalfe, J.S. 2001. « Consumption, preferences and the evolutionary agenda ». *Journal of Evolutionary Economics,* vol. 11, n° 1, p. 37-59.

Morrison, P.D., J.H. Roberts et E. Von Hippel. 2000. « Determinents of User innovation and Innovation Sharing in a Local Market ». *Management Science,* vol. 46, n° 12, p. 1513-1527.

Mowery, D., et N. Rosenberg. 1979. « The influence of market demand upon innovation: a critical review of some recent empirical studies ». *Research Policy*. p. 103-153.

Mowery, D., et N. Rosenberg. 1982. « The Influence of Market Demand Upon Innovation: A Critical Review of Some Recent Empirical Studies ». In *Inside the Black Box: Technology and Economics*, sous la dir. de Rosenberg, Nathan. Cambridge University Press.

Mowery, D., et N. Rosenberg. 1989. *Technology and the Pursuit of Economic Growth*. Cambridge: Cambridge University Press, 350 p.

Mowery, D., J. Oxley et B. Silverman. 1996. « Strategic Alliances and Interfirm Knowledge Transfer ». *Strategic Management Journal,* vol. 17, p. 77-91.

Mueller, D. 1990. *The Persistence of Profits*. Cambridge (UK): Cambridge University Press.

Mulkay, B., B.H. Hall et J. Mairesse. 2000. « Firm level investment and R&D in France and the United States : A Comparison ». In *International Conference Technology Policy and Innovation* (Paris, 20-22 Nov.).

Mundlak, Y. 1978. « On the Pooling of Time Series and Cross Section Data ». *Econometrica,* vol. 46, n° 1, p. 69-85.

Myers, S., et D.G. Marquis. 1969. *Successful Industrial Innovation*. Washington: National Science Foundation.

Myrdal, G. 1957. *Economic Theory and Underdeveloped Regions*. London: Gerald Duckworth.

Nelson, R., et S. Winter. 1982. *An Evolutionary Theory of Economic Change*. Cambridge, Mass: Harvard University Press, 437 p.

Nelson, Richard R., et Sidney G. Winter. 1982. *An evolutionary theory of economic change*. Cambridge, Mass ; London: Belknap Press of Harvard University Press, xi, 437 p.

Nelson, Richard Rex, et Sidney G. Winter. 1982. *An evolutionary theory of economic change*. Cambridge, Mass.: Belknap Press of Harvard University Press, xi, 437 p.

Nerlove, M. 1971. « Further Evidence on the Estimation of Dynamic Economic Relations from a Time-Series of Cross-Sections ». *Econometrica,* vol. 39, p. 359-382.

North, D. C. 1981. *Structure and change in economic history*, 1st. New York: Norton, 228 p.

OCDE. 2005. « Globalisation driving increase in international offshoring of R&D centres».

Parks, R.W. 1967. « Efficient Estimation of a System of Regression Equations when Disturbances Are Both Serially and Contemporaneously Correlated ». *Journal of the American Statistical Association,* vol. 62, p. 500-509.

Patel, P., et K. Pavitt. 1994. « National innovation systems: why they are important, and how they might be measured and compared ». *Economics of Innovation and New Technology,* vol. 3, p. 77-95.

Patel, P., et K. Pavitt. 1995. « Patterns of Technological Activity : Their Measurement and Interpretation ». In *Handbook of the Economics of Innovation and Technological Change*, sous la dir. de Stoneman, p. 14-51. Oxford: Blackwell.

Pavitt, K. 1984. « Sectoral Patterns of Technical Change : Towards a Taxonomy and a Theory ». *Research Policy,* vol. 3, p. 343-373.

Pavitt, K. 1999. Technology, management and systems of innovation. Cheltenham, UK: Northampton, MA: E. Elgar, 250 p.

Pavitt, K. 2003. « The Process of Innovation ». *SPRU Electronic Working Paper Series*. n° 89.

Pianta, M. 2001. « Innovation, Demand and Employment ». In *Technology and the Future of European Employment*, sous la dir. de Petit, P., et L. Soete. p. 142-65. Cheltenham: Elgar.

Piva, M., et M. Vivarelli. 2006. « Is Demand-Pulled Innovation Equally Important in Different Groups of Firms? ». *IZA Discussion Paper*. nº 1982 (February).

Porter, M. 1985. *Competitive advantage: creating and sustaining superior performance*. . New York;London: Collier Macmillan, 557 p.

Rosenberg, N. 1974. « Science, Invention and Economic Growth ». *The Economic Journal,* vol. 84, nº 333 (Mar.), p. 90-108.

Rosenberg, N. 1976. *Perspectives on Technology*. Cambridge: Cambridge University Press.

Rosenberg, N. 1982. *Inside the Black Box: Technology and Economics*, XI. Cambridge, New York: Cambridge University Press, 304 p.

Ruttan, V.W. 1997. « Induced Innovation, Evolutionary Theory and Path Dependence : Sources of Technical Change ». *Economic Journal*, vol. 107, p. 1520-1529.

Saint-Paul, G. 1993. « Productivity Growth and the Structure of the Business Cycle ». *European Economic Review*, p. 861-883.

Sargan, J. D. 1973. *Model building and data mining*. London: School of Economics.

Sargan, J. D. 1983. « Identification models with autoregressive errors ». In *Studies in Econometrics, Time Series and Multivariate Statistics*, sous la dir. de Karlin, S., T. Amemiya et L. A. Goodman. p. 169-205. New York: Academic Press.

Sargan, J. D. 1986. *Dynamic econometric models expectations innovations and choice : end of grant report*. Economic and Social Research Council.

Sargan, J. D. 1992. *A comparison of different methods of estimating and testing the specification of rational expectation models with one endogenous and one exogenous variable*. Coll. « Working papers », 92-24. Madrid: Universidad Carlos, I. I. I. de Madrid -División de Economía-, 26 p.

Sargan, J. D., et E. Maasoumi. 1988. *Contributions to econometrics*. Cambridge ; New York: Cambridge University Press.

Sargan, J. D., et M. Desai. 1988. *Lectures on advanced econometric theory*. Oxford: Basil Blackwell, 208 p.

Saviotti, P. 1994. « Variety, Economic and Technological Development ». In *Innovation in Technology, Industries and Institutions*, sous la dir. de Shionoya, Y., et M. Pershman. Ann Arbor: University of Michigan Press.

Saviotti, P. 2001. « Variety, Growth and Demand ». *Journal of Evolutionary Economics,* vol. 11, n° 1, p. 119-143.

Scherer, F.M. 1982. « Demand-Pull and technological invention : Scmookler revisited ». *The Journal of Industrial Economics,* vol. XXX, n° 3, p. 225-237.

Scherer, F.M. 1992. « Schumpeter and Plausible Capitalism ». *Journal of Economic Literature,* vol. XXX, p. 1416-1433.

Schmookler, J. 1962. « Economic Sources of Inventive Activity ». *Journal of Economic History,* vol. 22, p. 1-10.

Schmookler, J. 1966. *Invention and economic growth*, XV. Cambridge: Harvard University Press, 332 p.

Schumpeter, J. A. 1933. « The common sense of econometrics ». *Econometrica*, vol. 1.

Schumpeter, J. A. 1942. *Capitalism, Socialism, and Democracy*. New York: Harper and Brothers.

Seyoum, B. 2004. « The role of factor conditions in high-technology exports: An empirical examination ». *Journal of High Technology Management Research*, vol. 15, n° 1, p. 145-162.

Smith, K. 2005. « Measuring Innovation ». In *The Oxford Handbook of Innovation*, sous la dir. de Fagerberg, J., D.C. Mowery et R.R. Nelson. p. 148-177. Oxford: Oxford University Press.

Solow, R. M. 1963. *Capital theory and the rate of return*. Amsterdam: North-Holland Pub. Co., 98 p.

Solow, R. M. 1988. *Growth theory : an exposition*. New York: Oxford University Press, 109 p.

Stoneman, P. 1979. « Patenting Activity : A Re-evaluation of the Influence of Demand Pressures ». *Journal of Industrial Economics,* vol. 27, p. 385-401.

Swann, G.M.P. 2001. « The Demand for distinction and the evolution of the prestige car ». *Journal of Evolutionary Economics,* vol. 11, n° 1, p. 59-77.

Symeonidis, G. 1996. « Innovation, Firm Size and Market Structure : Schumpeterian Hypotheses and Some New Themes ». OECD economics Department Working Papers, n° 161.

Teece, D. J. 1992. « Competition, cooperation and innovation: organisational arrangements for regimes of rapid technological progress ». *Journal of Economic Behaviour and Organisation,* vol. 18.

Teece, D. J., G. P. Pisano et A. Shuen. 1994. *Dynamic capabilities and strategic management*. Coll. « CCC working paper ». Berkeley, California: Center for Research in Management University of California Berkeley, 49 p.

Teece, D. J., G. P. Pisano et A. Shuen. 2000. « Dynamic Capabilities and Strategic Management ». In *The Nature and Dynamic of Organizational Capabilities*, sous la dir. de Dosi, G., R. Nelson et S.G. Winter. Oxford, New York: Oxford University Press.

Thomke, S., et E. Von Hippel. 2002. « Customers as innovators : a new way to create value ». *Harvard Business Review*, p. 74-86.

Tidd, J., J. R. Bessant et K. Pavitt. 2001. Managing innovation : integrating technological, market and organizational change, 2nd. Chichester, England ; New York, US: John Wiley, 388 p.

Tirole, J. 1993. *Théorie de l'organisation industrielle*, 2 Tomes. Coll. « Economie et statistiques avancées ». Paris: Economica.

Usher, A. P. 1970. *A history of mechanical inventions*. Cambridge, Mass: Harvard University Press, 450 p.

Van Dijk, B., R.D. Hertog, B. Menkveld et R. Thurik. 1997. « Some new evidence on the determinants of large and small firm innovation ». Small Business Economics, vol. 9, p. 335-343.

Vernon, R. 1966. « International Investment and International Trade in the Product Cycle ». *Quarterly Journal of Economies,* vol. LXXX, p. 191-207.

Vivarelli, M. 1995. *The Economics of Technology and Employment*. Cheltenham: Elgar.

Von Hippel, E. 1978. « Successful Industrial Products from Customer Ideas ». *Journal of Marketing,* vol. 42, n° 1, p. 39-49.

Von Tunzelmann, N. 1990. « Cliometrics and Technology ». *Structural Change and Economic Dynamics,* vol. 1, p. 291-310.

Vossen, R. 1999. « Power, Industrial Concentration and Innovative Activity Market ». *Review of Industrial Organization,* vol. 15, p. 376-378.

Wallace, T., et A. Hussain. 1969. « The Use of Error Components Models in Combining Cross-Sections With Time Series Data ». *Econometrica,* vol. 37, n° 1, p. 55-72.

Walsh, Vivien. 1984. « Invention & Innovation in the Chemical Industry: Demand-Pull or Discovery-Push? ». *Research policy,* vol. 13, n° 4, p. 211-234.

Williamson, O.E. 1999. « Strategy Research: governance and competence perspectives ». *Strategic Management Journal*. p. 1087-1108.

Windmeijer, F. 2005. « A Finite Sample Correction for the Variance of Linear Efficient Two-Steps Gmm Estimators ». *Journal of Econometrics,* vol. 126, p. 25-51.

Winter, S. G. 1984. « Schumpeterian Competition in Alternative Technological Regimes ». *Journal of Economic Behaviour and Organization*. p. 287-320.

Witt, U. 2001. *Escaping Satiation : The Demand Side of Economic Growth*. Berlin: Sprinter Verlag.

Zhao, Hongxin, et Li Hongyu. 1997. « R&D and export: An empirical analysis of Chinese manufacturing firms ». Journal of High Technology Management Research, vol. 8, no 1, p. 89-105.