

L'IMPORTANCE DES RESSOURCES HUMAINES DANS LES SYSTÈMES NATIONAUX D'INNOVATION : LE CAS DU PORTUGAL

Présentée et soutenue publiquement par António Augusto COSTA

Le 20 janvier 2005

JURY Alain ALCOUFFE Professeur à l'Université de Toulouse 1 – Rapporteur Daniel DUFOURT
Professeur à l'Université Lumière – Lyon 2 Bernard GUILHON Professeur à l'Université
Aix-Marseille 2- Rapporteur Christian LE BAS Professeur à l'Université Lumière – Lyon 2, Directeur
de Thèse

Table des matières

Remerciements . .	1
Introduction . .	3
1. Du changement technologique – aspects conceptuels .	5
1.1. Généralités . .	5
1.2. Le changement technologique . .	6
1.2.1. Concept .	6
1.2.2. Le changement technologique hors du cadre néoclassique .	7
1.2.3. Typologie d'activités innovatrices .	8
1.3. Les paradigmes .	13
1.3.1. Les paradigmes technologiques .	13
1.3.2. Autres conceptions .	14
1.3.3. Les paradigmes technico-économiques .	15
1.3.4. Le paradigme des TIC . .	16
1.4. Les facteurs déterminants du changement technologique . .	20
1.4.1. L'innovation comme processus: modèles approximatifs .	21
1.5. Les caractéristiques du changement technologique et les structures industrielles .	24
1.6. Le processus de diffusion .	26
1.6.1. Caractéristiques génériques .	26
1.6.2. Les grandes familles des modèles de diffusion . .	26
2. Connaissances et croissance économique: interactions .	29
2.1. Technologie et croissance économique . .	29
2.1.1. Considérations générales .	29
2.1.2. Les origines de la comptabilité de croissance . .	31
2.1.3. Les tentatives de diminution du résidu: conséquences . .	32
2.1.4. Problèmes théoriques relatifs à la comptabilité de la croissance .	33
2.1.5. Le modèle évolutionniste . .	35

2.1.6. Les théories de la croissance endogène . .	36
2.1.7. Sources interdépendantes . .	45
3. Les SI - systèmes d'innovation . .	47
3.1. Considérations génériques .	47
3.2. Systèmes d'innovation et théorie économique . .	49
3.3. Systèmes et analyse de systèmes . .	50
3.4. Les principales composantes des systèmes d'innovation .	52
3.5. Taxonomies d'innovation .	54
3.6. Les principales fonctions des SI . .	54
3.7. Les frontières des systèmes d'innovation .	56
3.8. Les fondements évolutionnistes de l'approche des SI . .	57
3.9. Systèmes d'innovation ou systèmes d'apprentissage? .	58
3.10. L'état et les systèmes d'innovation .	59
3.11. La politique d'innovation et les implications politiques de l'approche des SI . .	59
3.12. Les enjeux et l'implantation de la politique d'innovation .	60
3.13. Bref aperçu des diverses approches des systèmes . .	60
4. Le concept du système national d'innovation (SNI) .	65
4.1. Les différentes manières d'aborder les SNI . .	65
4.2. Le concept et ses composantes . .	66
4.3. Naissance et diffusion du concept de SNI .	68
4.4. Les systèmes nationaux d'innovation dans les pays en voie de développement .	69
4.5. Les différentes conceptions du SNI – évolution comparative .	72
4.6. Tendances récentes dans la comparaison des SNI . .	82
4.7. La version d'Aalborg du concept de SNI .	87
4.7.1. Quels conséquences pour l'analyse du SNI portugais .	90
4.8. Le projet de l'OCDE sur les SNI . .	91
4.9. Benchmarking dans le contexte des SNI . .	93
4.9.1. L'objectif du benchmarking des SNI .	94
4.9.2. Dangers potentiels du benchmarking des SNI .	96

4.10. Perspectives futures au sujet du développement des SNI . .	97
4.11. Convergence, divergence et systèmes nationaux d'innovation . .	97
Convergence et divergence en termes de spécialisation de la production, commerce extérieur et des connaissances. . .	102
Les arrangements institutionnels : convergence et divergence . .	103
4.12. Quelques conclusions . .	105
5. Le capital humain et l'économie de la connaissance . .	109
5.1. Qu'est-ce que le capital humain? . .	109
5.2. La contribution du capital humain à la croissance, ce que dit la théorie économique .	111
5.3. Éducation et croissance . .	113
5.3.1. Éducation et croissance – analyses empiriques .	116
5.3.2. Évidence résultante de l'économie du travail .	117
5.3.3. La comptabilité de la croissance .	119
5.3.4. Démonstration à partir des analyses économétriques de la croissance .	120
5.4. Externalités du capital humain . .	124
5.5. Certaines considérations sur les observations empiriques .	125
5.6. L'économie de la connaissance . .	126
5.6.1. Généralités .	126
5.6.2. La révolution des technologies de l'information et de la communication et l'économie basée sur la connaissance .	127
5.6.3. Caractéristiques de l'économie basée sur la connaissance .	128
5.6.4. Clarification conceptuelle . .	130
5.6.5. Utilisation, diffusion et production d'idées et de capacités .	131
5.6.6. Le capital humain dans l'économie basée sur la connaissance .	137
5.6.7. Capital humain, croissance et disparités dans les pays industriels . .	138
5.6.8. Le taux de rendement de l'éducation et de ses implications politiques . .	138
6. Les ressources humaines dans la recherche et le développement technique .	141
6.1. Considérations générales .	141
6.2. Concepts et méthodologies .	143
6.3. Considérations au sujet du pipeline de la formation .	145

6.4. Cadre générique pour la discussion des RH en RTD .	146
6.4.1. L'attrait de la science pour les jeunes .	146
6.4.2. Les chercheurs dans la population active .	149
6.4.3. Obstacles . .	154
6.4.4. Mobilité du personnel scientifique et technique . .	155
6.5. Quelques conclusions .	160
7. Le capital humain au Portugal .	161
7.1. Un survol des travaux passés .	161
7.2. Quelques conclusions .	165
8. Le système portugais de l'innovation: forces et faiblesses . .	167
8.1. Justification d'une approche fondée sur le SNI .	167
8.2. Les diverses perspectives du concept SNI au Portugal . .	168
8.3. Les forces du système d'innovation portugais . .	171
8.4. Faiblesses du SNI .	172
8.4.1. Une comparaison avec quelques pays de l'Europe Centrale et Orientale .	177
8.5. Les ressources humaines et les ressources financières au Portugal – analyse comparative et évolution temporelle par rapport à certains pays de l'OCDE .	182
8.5.1. Considérations générales .	182
8.5.2. Les ressources humaines et les ressources financières . .	182
8.5.3. Implications en termes de politique scientifique et technologique . .	183
8.6. Dépenses en R&D et salaires individuels .	183
8.7. Synthèse .	188
Conclusions générales .	191
Bibliographie . .	195
Annexes . .	215
Annexe A - 12 critères . .	215
Annexe B - 15 critères . .	216
Annexe C - 39 critères .	217
Index Analytique . .	221

Remerciements

Ce travail n'aurait pas été possible sans l'aide de diverses personnes et institutions auxquelles je souhaite exprimer ma gratitude.

Tout d'abord, je souhaite manifester au Professeur Christian Le Bas, qui a accepté de diriger ce travail, ma sincère et profonde reconnaissance, pour l'appui qu'il m'a toujours prêté, les conseils et les appréciations critiques, ou bien lorsqu'il m'incitait à continuer, au moment où le découragement surgissait.

Je tiens à remercier les Professeurs Alcouffe, Dufourt et Guilhon pour avoir accepté d'être rapporteurs et membres du jury de thèse.

Je remercie également Piedade, dont le travail de correction et de révision du texte m'a été fort utile. De même, je suis reconnaissant aux Professeur Adriano Brandão (ISMAI/Lyon2) et Helena Pinto (IPG) d'avoir lu mon texte et d'avoir suggéré certaines corrections et mise en forme.

Au Professeur M. Costa Leite j'adresse mes sincères remerciements pour sa collaboration à la saisie informatique du texte, des figures et des tableaux.

Je tiens également à remercier les Professeurs Francisco Lima et Manuel Henriques pour leur appui dans le domaine des méthodes quantitatives.

Je désire aussi souligner la disponibilité et l'amabilité des fonctionnaires de la Bibliothèque de la Fondation de la Science et de la Technologie. Je me dois également de remercier l'appui moral de la Directrice du Département d'Économie et Gestion de l'Université Lusophone d'Humanités et Technologies, Professeur Ana Brasão et l'assesseur scientifique du même département, Professeur Abel Fernandes.

Finalement, j'exprime mes profonds remerciements à ma famille, qui a su me soutenir dans les moments les plus difficiles.

Introduction

Le principal objectif de ce travail est de montrer que la quantité et la qualité des ressources humaines sont fondamentales pour l'innovation technologique au Portugal. Nous dégageons que la faible qualification des ressources humaines qui existe au Portugal a contribué à notre retard technologique. Une autre déficience de notre système d'innovation que nous prétendons souligner concerne le système éducatif portugais. De notre point de vue, il ne nous paraît pas en accord avec les nécessités du pays et ne stimule pas la créativité et l'innovation.

Dans l'espoir d'insérer *l'arbre* (ressources humaines en R&D) dans la *forêt* (le système national d'innovation), nous avons structuré le travail en huit chapitres.

Ainsi, dans le premier chapitre, étant donné qu'il existe une grande profusion de concepts dans cette matière, on cherche à systématiser les concepts les plus importants concernant le changement technologique depuis les plus anciens jusqu'aux plus récents. Quelques concepts abordés seront postérieurement repris dans d'autres chapitres. Dans le deuxième chapitre, on s'efforce de faire une synthèse de la relation entre la technologie et la croissance économique, depuis les origines de la comptabilité de croissance jusqu'aux théories modernes de la croissance endogène. De par leur importance, on prend comme références quelques travaux de ce type de théories de croissance endogène. Le troisième chapitre se penche sur les systèmes d'innovation. On s'appuie sur des ouvrages critiques (révision de la littérature) qui montrent l'évolution de cette notion, tout en mettant en évidence les diverses façons d'aborder ces systèmes. Le quatrième chapitre analyse les systèmes nationaux d'innovation (SNI), depuis le

surgissement du concept jusqu'à ses composantes. On étudie ensuite de façon comparative l'évolution des différentes conceptions de SNI. On s'efforce également de caractériser les tendances les plus récentes concernant la comparaison des SNI, tout en essayant de mettre en relief le développement de ces systèmes. Bien que le concept s'applique essentiellement aux pays développés, on souligne aussi la situation des pays en voie de développement. Ce chapitre examine encore des aspects de convergence et divergence dans les SNI. Pour conclure, il fait référence à un panorama possible, à partir des éventuels développements du concept de SNI.

Dans le cinquième chapitre, nous nous efforçons de caractériser le capital humain, en commençant par définir le concept. Après cela, nous faisons une synthèse des travaux théoriques et des analyses empiriques les plus importantes concernant la relation entre l'éducation et la croissance. Nous procédons également à une caractérisation synthétique du capital humain dans l'économie basée sur la connaissance. Le sixième chapitre se concentre sur la recherche relative aux ressources humaines et au développement technique. Il prend comme références les méthodes et les concepts qui nous paraissent les plus significatifs. On évoque ensuite quelques indicateurs et les barrières ou obstacles à la mobilité du personnel scientifique et technique, et on termine par quelques propositions retenues par un groupe d'experts en la matière. Dans le septième chapitre, on effectue une synthèse des études diverses sur le capital humain au Portugal; et on retire quelques conclusions importantes. Finalement, dans le huitième chapitre, on examine le système portugais d'innovation. Malgré la coordination défectueuse entre les acteurs, il nous semble qu'il existe bien, à notre avis, un système d'innovation portugais. Ici, on décrit quelques approches ou façons d'aborder ce sujet, et on passe ensuite à une caractérisation des potentiels et des faiblesses du système d'innovation portugais. Lorsqu'il existe déjà une caractérisation raisonnable du capital humain au Portugal, étant donné les statistiques existantes, nous avons résolu de suivre un chemin pionnier en étudiant nous-mêmes les indicateurs composites qui permettent de synthétiser les phénomènes multidimensionnels complexes, et nous avons effectué une comparaison en termes d'indicateurs de capital humain et d'infrastructures scientifiques et technologiques avec quelques pays de l'Europe Centrale et Orientale qui vont adhérer à l'UE, le 1^{er} mai 2004. Nous avons également caractérisé les ressources humaines et les ressources financières de R&D, au Portugal, de 1963 à 1997, par rapport à quelques pays de l'OCDE. Presque à la fin du chapitre, nous avons effectué une étude qui met en rapport les dépenses de R&D avec les salaires individuels, en utilisant pour cela la base de données des cadres de personnel (1999) du Ministère de la Sécurité Sociale et du Travail. Pour finir, nous avons dégagé quelques conclusions et nous avons lancé des pistes pour de futures recherches.

1. Du changement technologique – aspects conceptuels

1.1. Généralités

La technologie et ses changements technologiques ont commencé à avoir une plus grande importance à partir des années 80. Cette ascension a pris des formes diverses :

- Création d'un domaine nouveau – l'économie d'innovation.
- Surgissement, dans le champ d'action de la théorie des modèles néoclassiques, des modèles de croissance endogène.
- Développement, à la suite des travaux de Posner (1961), de l'approche néo-technologique du commerce international.

Les deux premiers aspects seront l'objet de notre attention quant à la clarification des concepts et à la prise en considération des modèles les plus importants.

1.2. Le changement technologique

Il y a bien peu de temps, la question du changement technologique se situait, surtout, dans le contexte des modèles de croissance économique, qu'ils soient du type néoclassique (Solow) ou du type après-Keynésien (Kaldor ou Robinson), ou encore, dans la version schumpétérienne.

Aujourd'hui, on analyse le contexte dans un cadre de changement de paradigmes techniques et économiques. Le changement technologique est, de cette façon, envisagé comme un sujet d'analyse fondamental dans la société moderne.

1.2.1. Concept

Définir le changement technologique est une tâche compliquée, parce que le concept revêt des facettes multiples. Comme Rosenberg, on peut dire que le progrès technique est formé par un ensemble de connaissances qui rend possible la production d'une plus grande quantité de produit, ou un produit avec un niveau de qualité supérieure, à partir d'un certain volume (Rosenberg, 1982).

Rosenberg attire encore plus l'attention sur le deuxième élément, en même temps qu'il critique la vision limitée de la plupart des économistes qui envisagent seulement le changement technologique d'après la réduction des coûts. La simplification est utile, mais finit par ignorer, peut-être, la plus grande contribution à long délai du progrès technique pour une meilleure amélioration de la vie de l'humanité. De toute façon, il y a plusieurs économistes qui n'ont pas négligé l'innovation de produit. C'est le cas de Marx, Schumpeter et Kuznets. Le changement technologique permet d'économiser le travail, le capital ou les deux ; il vient se joindre au procès de création de nouveaux produits ou d'amélioration des produits existants.

L'innovation de processus, la plus importante pour la pensée néoclassique, vient se joindre, également, à l'innovation de produit, comme élément intégrant du processus de changement technologique, ou encore de l'innovation organisationnelle, sur laquelle Schumpeter avait déjà attiré l'attention. A ce schéma essentiel de génération d'innovations doivent s'associer deux autres processus : le processus d'invention et le processus de diffusion. Ensemble, ils constituent le « squelette » de la mutation technologique. Certains auteurs comme Antonelli, Petit et Tahar (1992), font la distinction entre changement technologique et changement technique. Ces auteurs définissent la technologie comme un « ensemble social de connaissances des arts industriels ». De cette façon, le changement technologique signifie qu'une nouvelle technologie, considérée comme un ensemble commun de connaissance, apparaît comme endogène ou exogène.

Quant au changement technique, il a des contours plus limités, étant donné qu'il consiste en une application de la nouvelle technologie à une entreprise ou phase de

processus productif. Ces conceptions sont identiques à celles de Gomulka (1990). Pour celui-ci, les techniques sont les différentes méthodes de produire le bien ou les biens finaux et la technologie, au sens restreint, est un ensemble de toutes les technologies à la disposition d'une entreprise.

Encore selon Gomulka (1990), le changement technologique correspond à l'élargissement de l'ensemble de la technologie. Le progrès technologique se vérifie lorsque les nouvelles techniques remplacent les anciennes et rendent celles-ci inefficaces.

Cette clarification conceptuelle est importante, parce que dans les premiers textes, les auteurs n'établissaient pas cette différenciation entre changement technique, changement technologique et même la notion de progrès technique était assez floue, ce que nous avons vu antérieurement, avec Rosenberg (1982). Etant donné que dans l'ère de l'économie d'innovation ont proliféré beaucoup de concepts, ce qui a géré quelque confusion, il convient d'éclairer la signification de quelques uns, considérés fondamentaux, à mesure qu'ils surgissent.

Ainsi, d'après les recommandations de l'UNESCO (voir à ce sujet UNESCO, 1979), et comme la Science et la Technologie sont des concepts intimement liés aux temps d'aujourd'hui, nous définissons la science comme un ensemble organisé de connaissances sur les mécanismes et les faits observés, obtenues à travers l'étude objective des phénomènes empiriques ; la technologie sera l'ensemble de connaissances scientifiques ou empiriques directement appliquées à la production ou à l'amélioration des biens et services. La technologie est vue comme une « potentialité ».

Comme, parfois, il y a confusion entre technologie et technique, il convient de dire que la technique est une combinaison de facteurs productifs et d'opérations qui permettent la production d'un bien ou d'un service. La technique est une « réalisation ».

1.2.2. Le changement technologique hors du cadre néoclassique

Comme on le sait, dans la théorie néoclassique, le progrès technique est pensé dans le contexte d'une fonction de production, qui indique les combinaisons possibles de facteurs de production pour obtenir le maximum de produit. Il y a beaucoup de critiques adverses à cette théorie, que nous n'allons pas approfondir, et qui passent par la difficulté de l'introduction des économies d'échelles et de mesures de facteurs de production.

On peut synthétiser quelques caractéristiques significatives du changement technologique dans la théorie économique standard, à savoir :

- il est hexogène à long délai, et implicitement quantifié à travers un taux global semblable pour tous les secteurs de l'économie ;
- il est envisagé comme un procès lent et graduel provenant de l'introduction de nouvelles technologies et de sa diffusion ;
- il met l'accent sur l'innovation du processus et sur la substitution des facteurs.

Comme la théorie néoclassique postule la parfaite flexibilité du stock de capital, cela

implique une conception de changement technologique incorporée, ce qui fait que le processus d'investissement est vu comme un acte simplement monétaire, totalement isolé des biens physiques du capital.

Cette incapacité à réfléchir sur le progrès technique devient clairement évidente dans les dernières années, à cause des transformations technologiques, de plus en plus grandes et rapides.

Ainsi, la théorie néoclassique, en se basant sur l'analyse statique du choix de techniques et la substitution de facteurs, finit par traiter le changement technologique comme une « boîte noire » et par considérer un ensemble d'hypothèses simplifiées au sujet de celle-ci (Rosenberg, 1982).

Cela a engendré la recherche de théories alternatives, ce qui a amené certains à évaluer différemment l'œuvre de Schumpeter (Sahal, 1981) et à remettre en question, chez d'autres, les fondements sur lesquels se base la théorie néoclassique (voir entre autres l'ouvrage collectif sous la direction de Giovanni Dosi, *Technical Change and Economic Theory*, 1988).

1.2.3. Typologie d'activités innovatrices

L'innovation gère un impact de plus en plus important dans nos vies. Nous pouvons aimer ou non, mais nous ne pouvons ignorer (Freeman, 1995a) son influence. Comme il existe fréquemment une certaine indifférenciation entre les concepts d'invention et d'innovation, il nous paraît pertinent de présenter quelques indications sur le sujet.

La distinction entre ces concepts a été introduite par Schumpeter en 1912 (voir Schumpeter 1951). En la prenant comme référence, Freeman et Soete (1997) proposent les définitions suivantes : une invention est une idée, une ébauche ou un modèle pour un schéma, produit, processus ou système nouveau ou amélioré. Les inventions ne conduisent pas nécessairement aux innovations techniques. En fait, la plupart des inventions n'y conduisent pas. Une innovation au sens économique se vérifie à peine quand s'effectue la première transaction commerciale englobant le nouveau produit, processus, système ou schéma, quoiqu'on puisse aussi utiliser le mot pour caractériser le processus global.

Comme Freeman l'a indiqué, le processus d'invention était différent du processus d'innovation. En effet, ce n'est qu'au XIXe siècle, dans les années 70, que surgissent, dans l'industrie, les premiers laboratoires spécialisés en R&D. Dans ce cadre, dans lequel s'écoule une période de turbulence, depuis l'innovation jusqu'à l'application sociale, émerge, avec un rôle fondamental, la figure de l'entrepreneur. La professionnalisation de la R&D opère avec rapidité. Ainsi, au début de la deuxième Guerre Mondiale, il existait déjà un nombre remarquable de laboratoires de recherche et des organisations munies de caractéristiques semblables. Dans les pays développés, ce type d'institutions fonctionnait sous la tutelle des gouvernements ou en fonction de l'initiative privée.

Schumpeter distingue cinq types d'innovation :

- Introduction d'un nouveau produit ;

est protégé en vertu de la loi du droit d'auteur.

- Introduction d'une nouvelle méthode de production ;
- Ouverture d'un nouveau marché ;
- Découverte de nouvelles sources d'approvisionnement de matières premières ou produits à moitié transformés.
- L'accès à de nouveaux marchés ¹

Schumpeter envisage le processus d'innovation comme discontinu et incertain. Intervient ici la notion de cycle économique. Dans son œuvre *Business Cycles* (1939), Schumpeter accepte la périodicité des « cycles longs » de Kondratiev, en suggérant une nouvelle explication : la dynamique de l'innovation comme déterminante du comportement cyclique du système économique.

Pour Schumpeter, les « grappes », irrégulières, de l'innovation sont essentielles pour le développement. L'initiative de l'entrepreneur innovateur se traduit dans l'exploitation du potentiel du flux discontinu des inventions. L'introduction de ces inventions dans le marché (innovations) va créer de nouvelles opportunités de profit, attirant une grande parcelle d'investisseurs dans les nouveaux secteurs en expansion. En conséquence, un « boom » économique aura lieu. Comme le développement de la concurrence, les marges de profit créées par l'innovation se réduiront progressivement, en diminuant la propension à l'investissement et à la croissance économique. Mais avant l'arrivée de n'importe quel équilibre, le processus s'initie à nouveau, dû à un nouvel essor d'innovations (Freeman C., *et al* 1982). Dans ce contexte, le processus de diffusion de l'innovation apparaît lorsque l'hypothèse des innovations de base ou radicales devient claire et engendre des super profits, en remplaçant les vieux produits et processus.

En se basant sur les travaux de Kondratiev, Schumpeter définit quatre phases de la longue « vague » : prospérité, récession, dépression et récupération. La partie supérieure du cycle (point d'inflexion) est donnée à l'origine par la disparition des profits du monopole relatifs à l'introduction de l'innovation, après que le produit ou le processus se soit généralisé, à cause des imitateurs. La partie inférieure du cycle surgit après la « destruction créatrice » provoquée par la dépression. Pour Schumpeter, la récupération se vérifie définitivement, lorsque surgissent les nouveaux biens de consommation, les nouvelles méthodes de production et les nouveaux marchés et transports, mais aussi des nouvelles formes d'organisation industrielle. La conception de Schumpeter se basait sur l'approche historique et l'apparition de l'innovation de manière discontinue, se concentrant sur certains secteurs et n'étant pas distribuée dans toute la structure industrielle. Schumpeter devinait l'existence distincte des innovations radicales et des innovations de deuxième ordre (« incrémentielles »), tout comme celle de la séquence : **invention** → **innovation** → **diffusion**. Toutes ces propositions furent postérieurement développées.

En transposant le concept d'innovation à un niveau « macro », nous pouvons obtenir d'autres typologies. Freeman et Perez ont proposé une taxonomie sur les innovations, utilisée aussi dans l'OCDE (1988; 1992), qui intègre quatre niveaux :

¹ Les deux premières modalités ont retenu, sans aucun doute, la plus grande part de l'attention des chercheurs. Voyons à titre d'exemple Perez (1983) et (1988).

Innovations « incrémentielles » – on les voit de manière continue dans toutes les activités industrielles ou autres services. On les observe quand il y a des petits

changements dans les produits ou dans les processus qui permettent l'amélioration de la qualité ou la réduction des coûts, et l'augmentation de la productivité. Ces innovations apparaissent, très souvent, non pas dans le résultat d'un processus organisé, formel de R&D, mais à partir d'un effort d'incorporation de la technologie, de la compatibilité entre divers équipements, des efforts qui proviennent de l'apprentissage au long du processus productif (learning by doing ; Arrow, 1962). Ces innovations résultent, également, d'un processus d'apprentissage qui provient de l'utilisation des produits et des perfectionnements que les utilisateurs sont capables d'introduire (learning-by-doing ; Rosenberg, 1976). Ce type d'innovations apparaît aussi à travers le processus d'interaction avec les consommateurs ou avec les fournisseurs (learning-by-interacting ; Andersen et Lundvall, 1988).

- *Innovations radicales* – elles sont traitées de manière discontinue, résultant normalement d'efforts délibérés de R&D (c'est le cas par exemple de l'énergie nucléaire). Elles peuvent surgir sous la forme de nouveaux produits, processus ou formes organisationnelles, créant de nouveaux marchés et permettant de nouvelles formes d'investissement. Elles ont un effet plus puissant lorsqu'elles apparaissent liées en « grappes » (clusters), en faisant des industries totalement nouvelles.
- *Changement de « systèmes technologiques »* - ce sont des changements profonds dans la technologie, originaires d'un ensemble d'innovations radicales et développées et induisant des innovations organisationnelles, qui se trouvent intensément reliées entre elles, aussi bien du point de vue technique qu'en termes économiques. Ils sont à l'origine de secteurs intégralement nouveaux et affectent beaucoup d'autres déjà existants. C'est par exemple le cas des matériaux synthétiques.
- *Les changements de « paradigme technico-économique » (ou révolutions technologiques)* – ce sont des changements exceptionnels qui se vérifient lorsque l'apparition de nouveaux systèmes technologiques influence le fonctionnement total du système économique. Une « révolution technologique » surgit lorsque se développent un ou plusieurs systèmes technologiques, qui provoqueront non seulement l'apparition de nouveaux produits et processus, mais aussi des changements dans les formes de l'organisation économique et sociale et dans les comportements des agents économiques. Un exemple de ce type de changement est le cas des chemins de fer.

Ces auteurs (Freeman et Perez) préfèrent le terme paradigme technico-économique au lieu du « paradigme technologique » utilisé par Dosi (1984, 1988), parce que les changements en cause dépassent de loin les trajectoires d'ingénierie spécifiques du produit ou du processus. Ils effectuent la structure des coûts des facteurs, les conditions de production et de distribution au long du système.

À leur tour, Nelson et Winter ont préféré utiliser le concept de *trajectoires naturelles* pour décrire ce nouvel encadrement. Dosi, (1984, 1988), a cherché à systématiser les caractéristiques les plus importantes du processus de production des innovations, aboutissant à sept faits stylisés, déjà assez consacrés, à savoir :

Le rôle, de plus en plus important, du moins au XXe siècle, des facteurs scientifiques 1.

dans le processus d'innovation ;

La complexité de plus en plus grande des activités de R&D, ce qui implique plus de 2. projections à long terme pour les entreprises, et leur institutionnalisation ;

Une corrélation significative entre les efforts de R&D et l'« output » innovateur dans 3. divers secteurs industriels et le manque de corrélations claires, visibles dans les comparaisons sectionnaires entre divers pays, les modèles de marché et les modèles de recherche et l'« output » innovateur;

Une quantité appréciable d'innovation et de perfectionnement introduits résulte du 4. learning-by-doing, et learning-by-using;

Malgré la croissante institutionnalisation, les activités de R&D ont une nature 5. incertaine, ce qui joue contre la possibilité de connaître par anticipation l'ensemble des trajectoires technologiques;

Le changement technique n'arrive pas par hasard, pour deux raisons : en premier 6. lieu, les directives de rénovation technique sont fréquemment définies par la situation où se trouvent les technologies déjà utilisées ; en deuxième lieu, les progrès technologiques des entreprises et organisations, dépendent, entre autres choses, des niveaux technologiques déjà atteints (on peut dire qu'il existe des facteurs cumulatifs);

L'évolution des technologies au long du temps montre quelques régularités 7. significatives, ce qui permet de définir le « parcours » de changement, en rapport avec les caractéristiques technologiques et économiques des produits et des processus.

Selon Freeman, (1984), une révolution technologique pure doit avoir les caractéristiques suivantes :

- Permettre la diminution significative des coûts de divers produits;
- Rendre possible une amélioration appréciable au niveau des diverses caractéristiques des divers produits et processus;
- Avoir une acceptation politique et sociale;
- Faciliter une compatibilité avec les divers éléments de l'environnement;
- Avoir un effet considérable sur tout le système économique.

D'autres auteurs, (Dosi et Orsenigo, 1988), énumèrent les « aspects généraux du progrès technique ». Ils sont ici exposés, parce qu'ils présentent certaines idées très intéressantes :

- Les différences sectorielles d'appropriation et des niveaux d'opportunité de progrès technologique;
- Le caractère partiellement tacite de la connaissance technologique, ce qui le rend difficile, ou même impossible, à transmettre;
- La diversité dans la connaissance et dans les processus de découverte des

innovations;

- L'incertitude;
- L'irréversibilité des avancements technologiques;
- L'endogène des structures de marché lié à la dynamique de l'innovation;
- L'existence des divergences et diversités entre les entreprises et pays en ce qui concerne leurs capacités innovatrices, dans l'efficacité des facteurs productifs, dans les technologies de production, et dans les règles de comportement et de stratégie.

Edquist (2001) commence par souligner que la plupart des travaux dans ce contexte s'est centré initialement sur le changement technologique, et non sur l'innovation.

De façon à identifier les éléments déterminants et, par conséquent, réussir à délimiter les frontières du système, il devient nécessaire de saisir ce qu'est l'« innovation » actuelle. On peut dire que les différents types d'innovation doivent avoir des déterminants divers. Par exemple, les processus d'innovation organisationnelle possèdent d'autres facteurs déterminants en plus des technologiques. À leur tour, les innovations de produit ont aussi d'autres facteurs/éléments décisifs. Nous devons alors séparer les innovations en catégories. De là, la nécessité des taxonomies des innovations (Edquist, 2001) (voir Figure 1.1).

Pour Edquist, en effet les innovations sont de nouvelles créations avec une signification économique, généralement effectuées par les entreprises (ou, parfois, par les individus). Celles-ci peuvent être des marques nouvelles, mais elles sont plus fréquemment des combinaisons d'éléments existants. Il s'agit, selon Edquist (2001), d'une question au sujet de ce qui est produit et comment il est produit par les entreprises².

Figure 1.1 Taxonomie de l'innovation de processus et de produit selon Edquist

Innovations			
Innovations de processus		Innovations de produits	
Technologique	Organisationnel	Biens	Services

Source : Nahlinder, Johanna, 2002, p.26

Les innovations de produit peuvent concerner des biens ou services. Les innovations de processus peuvent être technologiques ou organisationnelles. Dans une deuxième phase, certaines innovations de produit sont transformées en innovations de processus. Ceci concerne les « produits d'investissement », c'est-à-dire des produits qui ne sont pas pour l'investissement immédiat.

Dans la taxonomie d'Edquist (2001), les biens et les innovations de processus technologique sont des innovations du type « matériel ». Les processus organisationnels et les services sont « intangibles ». Il est fondamental de considérer les innovations tout aussi intangibles, parce qu'elles sont de plus en plus importantes pour la croissance économique et l'emploi.

² Pour plus de détails, consulter Edquist (1997).

Une autre taxonomie apparaît dans le Manuel d'Oslo (OECD, 1997) qui est une sorte de guide de l'OCDE pour recueillir et interpréter les données sur l'innovation technologique. Ce manuel se centre sur les innovations technologiques de produits et de processus (Technological Product and Process Innovations- TPP). Les innovations technologiques de produits et de processus comprennent les technologies de nouveaux produits et de processus déjà implantées et les améliorations technologiques significatives dans ces produits et processus.

Les innovations TPP ont été instaurées, lorsqu'elles ont été introduites dans le marché (innovation de produit) ou usées au sein du processus de production (innovation de procédure). L'entreprise innovatrice TPP est celle qui opère déjà avec une technologie nouvelle ou qui a effectué des améliorations technologiques significatives dans les produits et dans les processus pendant la période en analyse. L'inclusion du mot « technologique » constitue une démarcation par rapport à certains changements qui ne sont pas considérés comme technologiques. Les TPP doivent avoir un objectif de perfectionnement dans le « dégagement » du produit. Cela exclut les améliorations et innovations organisationnelles.

Dans la taxonomie d'Edquist, les TPP sont des innovations de produit (biens ou services) ou innovations de processus technologiques, (Figure 1.2) lesquelles sont objectives et non subjectives. Le concept TPP est restreint au changement technologique, ne prenant pas en compte le changement organisationnel. La terminologie est également différente. Ainsi, le Manuel d'Oslo considère les zones grises, dans la Figure 1.2, comme des innovations technologiques, alors que dans la taxonomie d'Edquist, celles-ci correspondent à un type d'innovation de processus.

Figure 1.2 Comparaison entre la taxonomie d'Edquist et le concept TPP du Manuel d'Oslo

Innovations			
Innovations de processus		Innovations de produits	
technologique	Organisationnel	biens	services

Source : Nahlinder, Johanna, 2002, p. 26

1.3. Les paradigmes

1.3.1. Les paradigmes technologiques

Dosi, dans un article républié en Freeman (1983), par analogie avec le concept de paradigme scientifique de Kuhn (1992), définit le paradigme technologique comme un modèle de sélection de certains problèmes technologiques, basés sur certains principes dérivés des sciences naturelles et sur certains matériaux et technologies. Il définit la trajectoire technologique comme un modèle « normal » d'activités de résolution des problèmes dans le contexte d'un paradigme technologique.

Les caractéristiques les plus importantes des trajectoires technologiques sont, selon Dosi, les suivantes :

- Les trajectoires peuvent être plus ou moins amples ou strictes et plus ou moins fortes. Elles dépendent du nombre de technologies qui sont éliminées;
- Comme Rosenberg l'a souligné (Rosenberg, 1982), des complémentarités se sont développées plus ou moins fortement entre les technologies, de telle manière que le développement déficient de certaines peut rendre difficile la croissance des autres ;
- La « frontière technologique » se définit selon le niveau atteint dans un certain parcours technologique, en accord avec certaines dimensions économiques et techniques ;
- Le processus, dans une frontière technologique déterminée, du moins pour certains aspects, est virtuellement cumulatif ; dans certains cas, surtout quand la trajectoire est très prononcée, il peut être compliqué de « sauter » d'une trajectoire à une autre ;

La comparaison entre les parcours technologiques est seulement possible dans beaucoup de cas, tenant à priori l'incertitude dans l'estimation. Une des conclusions probables de cet énoncé de Dosi réside dans les processus cumulatifs qui se vérifient à l'intérieur d'un certain paradigme. Un autre aspect qui se distingue de cette analyse est celui de l'irréversibilité.

1.3.2. Autres conceptions

D'autres auteurs, comme Nelson et Winter et aussi Sahal, ont déjà abordé la question des « paradigmes ». Par exemple, dans un article de 1977, Nelson et Winter ont affirmé qu'il existait des directions privilégiées de développement des technologies qui auraient des implications en termes économiques.

Ces trajectoires se nomment *trajectoires naturelles*. Si elles existent, les parcourir serait une bonne stratégie. Ces trajectoires, parfois, ont un caractère générique, c'est-à-dire qu'elles sont communes à une grande variété de technologies. Cependant, dans la plupart des situations, elles sont caractéristiques d'une technologie déterminée ou d'un régime technologique, bien qu'il existe des points d'intersection ou des complémentarités avec d'autres trajectoires.

Comme exemple de ce type de trajectoire de caractère général, les auteurs citent la mécanisation au XIXe siècle qui s'est étendue jusqu'à aujourd'hui, les applications de l'électricité, notamment l'amélioration des équipements électriques qui, plus tard, se sont prolongés jusqu'à l'électronique.

Si nous observons attentivement les conceptions de Dosi, nous vérifions que celui-ci a récupéré, partiellement, les idées de Nelson et Winter. Il existe toutefois une différence fondamentale. Alors que Dosi souligne la rupture entre les phases distinctes, Nelson et Winter rendent évident l'aspect évolutif des technologies. Il y a un problème semblable dans l'analyse de Sahal. Celui-ci cherche, également, une conception alternative de technologie à celle formulée par la théorie néoclassique. L'approche de Sahal est

systémique. Relativement à l'innovation technologique, Sahal affirme que le processus de perfectionnement conduit à une certaine conception de la machine dont le dessin de base continue à avoir une forte influence sur le développement postérieur de la technologie. Comme exemple, il cite le tracteur qui a évolué progressivement à partir du prototype des années 20 du XXe siècle. De cette façon, Sahal exprime, comme Nelson et Winter, une conception évolutionniste, bien qu'il part des présupposés distincts de ces deux auteurs. Rosenberg a souligné le cumul lent des petits perfectionnements (Rosenberg, 1982). Il met également en relief le peu de visibilité de nombreuses améliorations technologiques. Il rassemble les aspects ignorés en trois grands groupes : les complémentarités, l'impact cumulatif des petites améliorations et les relations interindustrielles. Il évoque l'analyse systémique d'une forme discrète. Par exemple, à propos des complémentarités, il affirme que l'élément de base d'observation n'est presque jamais une innovation singulière. Le cas le plus général consiste en une « grappe » d'innovations interliées. Ainsi, le noyau de la première Révolution Industrielle engloberait la machine à vapeur, la métallurgie et l'utilisation généralisée des combustibles minéraux. Ces innovations se seraient développées dans un ensemble de cercles concentriques. Rosenberg a conclu que pour faire face aux complémentarités, il vaudrait mieux penser à chacun de ces blocs essentiels d'innovations dans une perspective systémique. En ce qui concerne les relations interindustrielles, Rosenberg fait remarquer que beaucoup de bénéfices, en termes de productivité, sont obtenus dans des industries différentes de celle où s'est vérifiée l'innovation. L'existence de cette circonstance externe fournit un argument de plus pour l'approche systémique. En somme, la comptabilisation intégrale de l'innovation doit inclure l'examen des relations interindustrielles.

Pour Rosenberg, l'impact cumulatif des petites améliorations a un poids considérable dans l'augmentation globale de la productivité. Comme nous l'avons déjà dit, il existe, cependant, des difficultés, dans la perception de ces petites améliorations.

1.3.3. Les paradigmes technico-économiques

Ceux-ci surgissent d'abord chez Perez (1983 et 1988). Comme Dosi, Pérez soutient qu'on enregistre périodiquement des ruptures dans le développement technologique des sociétés, qui résultent d'une application généralisée d'innovations radicales. Ces innovations apparaissent associées dans un système interlié et cohérent. Nous sommes alors devant des « systèmes technologiques ». Maintenant, on souligne les aspects typiquement économiques et institutionnels. Perez affirme qu'à mesure que les révolutions arrivent, une profonde transformation s'opère dans le « sens commun », non seulement des ingénieurs mais aussi des gestionnaires et investisseurs, et de cette façon, est créé un modèle de pratique idéal, plus productif et plus rentable. Perez (1988) appelle ce type de modèle – paradigmes technico-économiques. Le nouveau paradigme est introduit par l'apparition d'un facteur productif d'application généralisé, de bas prix et décroissant, qui aura un impact très fort sur la structure des coûts relatifs. Comme exemple, nous avons aujourd'hui les industries liées à la microélectronique, aux ordinateurs, à la communication et, plus récemment, à la biotechnologie. Chacune de ces structures technico-économiques manque d'infrastructures adéquates et de grand

investissement. On peut encore ajouter:

Les innovations de produit et de processus basées sur de nouvelles formes organisationnelles, qui provoquent une montée globale de la productivité potentielle;

L'apparition de nouvelles branches industrielles qui apparaissent associées à un changement des relations propres aux diverses branches/structures, d'un côté, et d'un autre, à des critères de compétitivité ;

La transition est en rapport avec de nouvelles opportunités d'investissement et avec une profonde modification du niveau des qualifications exigées, aussi bien au niveau de la main d'œuvre qu'au niveau du personnel technique et de gestion;

La transition est accompagnée d'un changement des institutions et des pratiques sociales ;

La mutation de paradigme permet, finalement, que les pays d'avant-garde du paradigme antérieur, commencent à sentir des difficultés et puissent même être dépassés par d'autres. Dans ces périodes, selon Perez (1988), les pays en processus de rapprochement (catching-up) ont plus de possibilités d'avancer au niveau du développement. Comme on peut l'observer, le versant institutionnel a un grand poids dans le travail de Perez. Selon elle, une révolution technologique est la condition nécessaire, mais pas une condition suffisante, pour qu'on observe une croissance économique prolongée. En effet, celle-ci requiert un cadre institutionnel favorable.

1.3.4. Le paradigme des TIC

Certains auteurs, comme Freeman et Soete (1987), définissent les technologies d'information comme un ensemble de nouveaux développements technologiques dans la microélectronique, dans les ordinateurs, dans l'optoélectronique et dans les systèmes de communication qui, considérés ensembles, ont des répercussions très fortes sur la totalité du système productif. Perez (1988), à son tour, ajoute aux technologies d'information les systèmes flexibles de production et le mode japonais d'organisation de production.

Toutefois Freeman et Soete (1997), préfèrent parler de technologies d'information et de communication (TIC), résultant de technologies des ordinateurs et des télécommunications. En employant des termes empruntés à l'histoire de l'économie et toujours selon Freeman, Perez et les autres, nous nous trouverions devant un nouveau cycle long ou un nouveau Kondratief, le cinquième de l'ère capitaliste (voir Tableau 1.1).

Tableau 1.1 Chronologie du changement technologique

Cycles longs ou cycles de Kondratieff		Aspects-clef d'infrastructure dominante			
Période approximative	Désignation	Science, technologie, éducation et formation	Transports et communications	Systèmes d'énergie	Facteurs-clef universels et bon marché
(1) 1780s-1840s	Révolution industrielle : Production manufacturière de textiles	Système d'apprentissage par le doing, académies indépendantes, sociétés scientifiques	Canaux et routes	Énergie hydraulique	Coton
(2) 1840s-1890s	Ère de la machine à vapeur et des chemins de fer	Ingénieurs civils et mécaniciens, instituts de technologie, éducation primaire des masses.	Chemins de fer (fer), télégraphes.	Énergie à vapeur	Charbon, fer.
(3) 1890s-1940s	Ère de l'électricité et de l'acier.	Laboratoires industriels de R&D, laboratoires nationaux, dans la chimie et l'électricité. Laboratoires de « standards ».	Chemin de fer (acier) téléphones.	Électricité	Acier
(4) 1940s-1990s	Ère de la production des masses (« Fordisme »), de l'automobile et des matériaux synthétiques	R&D industrielle et publique de large échelle. Éducation supérieure des masses.	Autoroutes, radio, et TV, compagnies aériennes.	Pétrole	Pétrole, plastique.
(5) 1990s- ?	Ère de la microélectronique et des chaînes d'ordinateurs	Chaînes de données, chaînes globales de R&D, éducation et formation au	Autoroutes d'information, chaînes digitales.	Gaz/pétrole	microélectronique

		long de la vie.			
--	--	-----------------	--	--	--

Source : Freeman et Soete, (1997), p. 19

D'une façon synthétique, nous pouvons dire, à la suite de Perez (1988), que les caractéristiques fondamentales de ce paradigme sont l'intensité dans l'information, la flexibilité, la nature systémique et la base technologique microélectronique.

Freeman (voir Freeman et Soete (org.), 1987 et suivants), dans une version plus détaillée, fait référence aux caractéristiques essentielles suivantes :

- Un taux élevé de changement technique dans les industries des technologies d'information, ainsi qu'une vaste échelle d'applications ;
- Grande flexibilité et rapidité dans le changement des modèles et de design ;
- Diminution des éléments électromécaniques et des divers stades de transformation des composantes, à cause de la modification du design des produits et des processus ;
- Une forte tendance à avoir un taux plus grand de changement de produit et de processus et une concurrence technologique plus intense ;
- Rapidité, fiabilité et coût réduit quant à la transmission et à « l'emmagasiner » de grandes quantités d'information, pour ce qui est des ventes, inventaires et opérations financières, en général ;
- Tendance pour les systèmes de production intégrés par les ordinateurs et par les systèmes de bureau électronique ;
- Capacité pour améliorer la qualité des produits, processus et services ;
- La capacité de lier des chaînes de fournisseurs de composantes (exemple : industrie automobile), et de matières premières et chaînes de montage ou entreprises de services (exemple : industrie hôtelière et de restauration) ou d'effectuer des liaisons entre les producteurs, grossistes et détaillants (exemple : industrie de vêtements) ;
- Une intégration de plus en plus grande entre les activités industrielles et les services (exemple : magasins de photocopies) ;
- Une croissante intégration internationale d'industries, services et marchés, qui résulte d'une transmission de plus en plus rapide d'informations et d'un développement, de plus en plus important, de fluxes de communication.

De tout cela, on retient que le paradigme des TIC contient de profonds changements dans le modèle industriel, dans la structure de qualification de la production et de l'emploi dans les divers pays.

Le Tableau 1.2 retient les aspects les plus significatifs par rapport à ceux du paradigme antérieur.

Tableau 1.2 Comparaison entre le paradigme des TIC et le paradigme antérieur

1. Du changement technologique – aspects conceptuels

Paradigme antérieur « Fordiste »	Paradigme nouveau TIC
Intensif en énergie	Intensif en formation
Standardisé	Fait sur mesure
Produit mixte assez stable	Altérations rapides dans le produit
Usine et équipement spécialisés	« Systèmes » de Production Flexibles
Automation	« Systématisation »
Entreprise unique	Chaînes
Structures hiérarchiques de gestion	Structures horizontales de gestion
Départemental	Intégré
Produit avec service	Service avec produits
Centralisation	Intelligence distribuée
Compétences spécialisées	Multi compétences
Formation réduite au minimum	Formation continue
Relations de travail conflictuelles: des accords collectifs codifient des «amnisties» provisoires	Des pas en direction des relations professionnelles de consultation et participation
Contrôle, planification et parfois propriété gouvernementale	Information, fourniture d'infrastructures, coordination, régulation et vision gouvernementale
« Plein Emploi ».	« Société active »
(accent sur le plein emploi pour les travailleurs adultes masculins, 16-65 ans)	(horaires plus flexibles et prise en considération des travailleurs à temps partiel et des retraités)

Source : Freeman et Oldman, (1991).

1.3.4.1. L'importance des TIC

Selon Soete (2000), il existe un consensus de plus en plus grand quant à l'importance de la connaissance pour garantir la compétitivité industrielle, celle-ci étant fortement liée à l'apparition des nouvelles TIC. Les TIC autorisent des capacités croissantes de mémorisation et «d'emmagasiner», de rapidité, de manipulation et d'interprétation de données et d'informations : en somme, la «codification» de l'information et de la connaissance est bien plus grande; l'aspect additionnel de la communication grâce aux TIC permet que les données et les informations codifiées deviennent plus accessibles qu'avant, dans tous les secteurs de l'économie. Comme résultat d'un plus grand potentiel pour une codification et un échange de données à dimension internationale, les TIC peuvent, d'une certaine manière, être considérées comme la première technologie véritablement «globale».

Les TIC forment aussi le potentiel pour combler des retards, enregistrer des avantages en termes de coûts et de «transparence» économique, en même temps qu'elles rehaussent l'élément «tacite» essentiel (une certaine partie de la connaissance qui ne peut être codifiée) ainsi que d'autres éléments relatifs à la compétence et à la capacité pour accéder à la connaissance codifiée internationale.

L'accès aux TIC met l'accent sur l'importance accordée aux nouvelles infrastructures

est protégé en vertu de la loi du droit d'auteur.

de communication et non plus seulement à la production d'information. D'autre part, les TIC signalent l'importance fondamentale de la force du travail hautement qualifié (les hommes de science et les ingénieurs) ou en termes plus généraux, les «travailleurs de la connaissance». Dans ce contexte, le capital humain et la technologie constituent deux aspects indissolubles de l'accumulation de la connaissance.

Comme l'ont souligné certains auteurs, comme P. David et D. Foray (1995), la perception de la nature du processus d'innovation a subi des mutations significatives, pendant la dernière décennie, due à l'apparition des nouvelles TIC.

1.4. Les facteurs déterminants du changement technologique

Comme nous l'avons déjà noté, le changement technologique a un caractère plus ou moins aléatoire. Beaucoup d'innovations radicales émergent des découvertes, souvent faites par hasard (Freeman et Soete, 1977). L'approche généralement la plus citée, concernant les facteurs déterminants du progrès technique est synthétisé par Dosi (1984). Dans cette perspective, il existe deux manières traditionnelles de décrire les éléments déterminants d'un changement technologique. La première est liée aux théories « demand-pull » (qui regroupent comme éléments déterminants fondamentaux, les forces de marché) ; la deuxième concerne les théories « technology-push » qui inspirent ceux qui considèrent la technologie comme un phénomène autonome. Dans la première hypothèse, le marché a un rôle clef, parce qu'il influence la technologie quant aux changements dans la recherche, dans les prix, dans les coûts et dans les opportunités de profit. D'autre part, il offre des stimulations pour l'innovation et les progrès technologiques.

La deuxième hypothèse s'appuie sur les facteurs sous-jacents à l'innovation, avec le propos de rendre autonomes les progrès dans les sciences pures et dans les technologies et, de manière plus générique, dans le stock global des connaissances.

De cette façon, on peut noter certaines critiques adressées à une version extrême de la perspective « demand-pull » : la première est que cette approche implique une vision réactive et mécanique des changements dans les techniques productives. La deuxième est que cette perspective n'arrive pas à définir le «pourquoi» et le «quand» de certains développements technologiques par rapport à d'autres possibles, ni quel est son horizon temporel. Une autre critique importante à ces théories apparaît dans Mowery et Rosenberg (1979), quand ceux-ci disent que ces théories ne permettent pas d'expliquer les grandes disparités qui existent entre les industries (et entre pays) en ce qui concerne les taux d'innovation technologique.

La pure version des théories « technology-push » néglige les aspects du marché et donne une vision des relations entre la science, la technologie et la production linéaires. La croissance de la base scientifique est considérée comme exogène, par rapport au modèle des industries, du marché ou des institutions qui la soutient (OCDE, 1992).

1.4.1. L'innovation comme processus: modèles approximatifs

La vulgarisation des idées de Schumpeter a été faite avec une certaine simplification. Cela a conduit à la diffusion d'un modèle linéaire d'innovation. Ce modèle analyse le changement technologique sous la forme d'un processus qui se déroule en différentes phases. Ce modèle admet un ensemble d'activités où se détachent celles de R&D, qui conduisent à des résultats déterminants, lesquels, à leur tour, vont affecter, par l'intermédiaire de l'information qu'ils produisent, en séquence et de mode linéaire, les phases ou stades postérieurs. Chaque combinaison spécifique d'activité – résultat définit une « phase ou stade ».

En termes génériques, ce processus cherche à minimiser l'incertitude qui concerne les caractéristiques techniques et commerciales des idées, à travers une recherche (technique et de marché) effectuée par les différents agents impliqués. Ce modèle, bien qu'il soit pédagogique, a des limitations importantes :

- La division en phases devient arbitraire, puisque le processus est évolutif et continu;
- Le modèle est unidirectionnel et n'intègre pas les diverses et complexes interactions, feedbacks et les nombreuses « superpositions » existantes ;
- Le modèle paraît décrire de façon adéquate les « innovations radicales », mais moins bien les « innovations d'incrément » qui sont plus fréquentes dans l'économie.

La conception linéaire du type Recherche → Développement → Production → Marché, que certains appellent modèle technology-push, a été la plus utilisée dans les années 50 et 60 du XXe siècle, jusqu'à l'apparition de la notion de système d'innovation. La conséquence la plus évidente de ce modèle est celle qui suggère que les résultats économiques dépendent de façon linéaire de la création de la connaissance scientifique nouvelle, ce qui, comme nous le savons, est réducteur et inadéquat pour les pays. Même pour certains pays développés, où les dépenses de R&D sont très élevées, cela ne s'est pas concrétisé en une grande création de produits propices à la commercialisation et en grands progrès quant à la croissance de productivité. Ce thème est également abordé dans le Livre Vert sur l'Innovation de la Commission Européenne (Commission Européenne, 1995) qui souligne le « paradoxe européen ».

Dans un article de 1986, Kline et Rosenberg ont effectué une profonde critique du modèle linéaire et ont proposé un modèle interactif - modèle d'innovation lié en chaîne - (le modèle de « liaisons en chaîne ») solidement fondé sur la connaissance de l'histoire et des innovations concrètes (Kline et Rosenberg, 1986).

Les critiques principales de Kline et Rosenberg au modèle linéaire sont les suivantes :

- Il ne considère pas les effets de réalimentation qui se vérifient pendant le processus de développement, ce qui perturbe le caractère expérimental et interactif de l'innovation ;
- Il admet que le processus d'innovation a une origine fondamentale dans la science,

alors que, pour les auteurs, il se situe dans les objectifs successifs de nouveaux produits et processus ;

- Il n'intègre pas le fait que la science, pour évoluer, dépend de la technologie. Par exemple, l'astronomie moderne est due aux découvertes de Galilée et celles-ci n'auraient pu être vérifiées sans l'aide du télescope. Donc, la technologie fournit des instruments et des processus fondamentaux au service de la science ;
- Il met en rapport le flux d'innovations avec celui de la connaissance scientifique. Comme on le sait, la plupart des innovations est faite à partir des connaissances scientifiques disponibles (« stock » de la science) ;
- Le modèle linéaire n'évalue pas de façon adéquate les innovations de processus, qui ont un rôle significatif, au moyen de l'apprentissage pendant la production.

Ce modèle est présenté en détail dans la Figure 1.3.

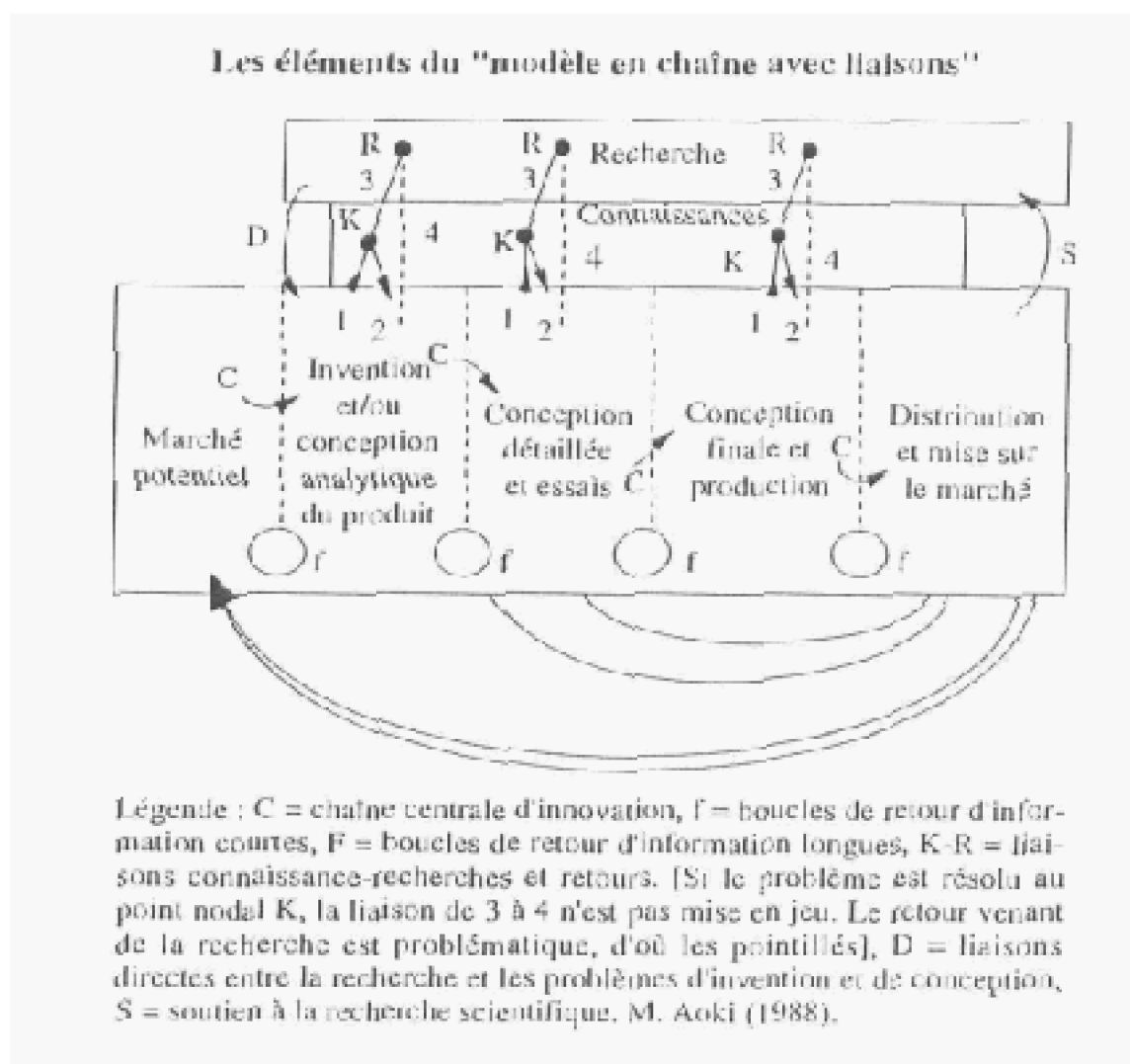


Figure 1.3 Les éléments du modèle en chaîne avec liaison

Source : Le Bas, 1995, p. 81.

Le modèle part de l'intégration entre les opportunités de marché, la connaissance scientifique et technologique existante et les capacités des entreprises et combine deux types d'intégration :

- Il est en rapport avec les processus internes à l'entreprise;
- Il est associé aux rapports qui s'établissent entre l'entreprise, le système global de la science et de la technologie ;

Les relations internes à l'entreprise sont indiquées par les fluxes dans le bloc inférieur –« chaîne centrale d'innovation ».

Le processus commence par la perception d'une opportunité de marché et/ou à travers l'apparition de nouvelles données scientifiques ou technologiques, il suit ensuite la conception analytique de nouveaux produits et processus, développement, production et marketing.

Il y a deux types d'effets rétroactifs : les liaisons continues et systémiques des diverses phases avec celles immédiatement antérieures (short feedback loops) et liaisons entre le marché et les phases en courbe ascendante (long feedback loops). Il met l'accent sur le design (engineering de produits et processus), cherchant en cela à traduire le caractère essentiellement développé et cumulatif du processus d'innovation.

Le deuxième type d'interaction s'établit entre le bloc relatif au processus ou stratégie d'innovation dans l'entreprise, la « base de connaissance scientifique et technologique existante (K) et la recherche (R). Se différencient, ainsi, deux niveaux : celui de la « connaissance existante disponible » (K) et celui des activités qui corrigent et augmentent le stock de connaissance existante (R).

Au cours du processus d'innovation, lorsqu' ils sont confrontés à des problèmes techniques, les ingénieurs et techniciens ont recours, en premier lieu, au stock de connaissances existantes, soit à l'intérieur de l'entreprise, soit en dehors d'elle. Lorsque surgit la fin de ces possibilités, on décide de financer une nouvelle recherche au sein de l'entreprise ou à l'extérieur. De toute façon, la plupart des innovations s'appuient sur l'ensemble des connaissances disponibles. De là l'explication qui apparaît dans la Figure 1.3. Plus précisément, cette conception envisage la recherche comme une activité qui accompagne le processus d'innovation et non comme une pré condition de ce dernier. Les relations qui s'établissent tout au long de la « chaîne centrale d'innovation » sont indiquées par les liaisons D et par les liaisons K-R. Cette conception de Kline et Rosenberg met à l'honneur la science et la recherche dans les stratégies d'innovation et cherche à dépasser la vision de la technologie telle qu'elle apparaît dans la plupart des écrits néo-schumpétériens.

Certains auteurs (Godinho, M. et Caraça, J., 1988) reconnaissant l'importance de concepts comme le système d'innovation, l'information et l'immatériel, proposent une autre conceptualisation du processus d'innovation.

Pour ces auteurs, la capacité d'innover dépend du système national d'innovation, des facteurs environnementaux qui le conditionnent et des niveaux d'intégration de certains

composants du système. Dans le système national d'innovation, entrent en interaction le système productif, le système d'enseignement – formation, le système scientifique et technologique, le système bancaire – financier et le système administratif. La ressource fondamentale, commune à tous, est l'information. Ils définissent un élément «ambiance» qui peut être catalyseur ou inhibiteur de l'innovation, selon les circonstances, est la culture existante dans la société et dans les entreprises, spécialement en ce qui concerne le risque et la propension pour innover. Ainsi, les auteurs distinguent deux étapes fondamentales dans les stratégies d'innovation : une première de caractère essentielle immatérielle – la génération de l'innovation, qui se prolonge jusqu'à l'apparition de l'innovation dans le marché, et une deuxième phase qui correspond à l'incorporation de l'«immatériel» dans le domaine du marché.

L'aléatoire et l'interaction entre certains agents innovateurs et sous-systèmes sont les caractéristiques les plus importantes du processus d'innovation.

1.5. Les caractéristiques du changement technologique et les structures industrielles

Salavisa Lança (2001) observe à ce sujet que :

- certaines innovations radicales, inter lié de manière systémique, sont à l'origine de secteurs industriels totalement nouveaux, qui sont l'objet d'une recherche de plus en plus grande ;
- l'apparition de nouveaux paradigmes technico-économiques, en plus de celui qui a été signalé antérieurement, s'accompagne aussi de changements plus ou moins rapides et plus ou moins profonds dans tous les secteurs d'activité.

Dosi (1984) souligne pour insérer le changement technologique dans les structures oligopolistiques, les caractéristiques d'appropriation, le niveau d'opportunité et l'accumulation.

En ce qui concerne la caractéristique de changement technologique, déjà évoquée, la question qui se pose consiste à savoir ce qui peut le provoquer. Il existe deux idées essentielles :

Le changement technologique, bien qu'il se caractérise par des événements incertains (innovations radicales), n'est pas un processus totalement aléatoire. De cette façon, les efforts dépensés (financiers, humains et organisationnels), ont un effet en termes de progrès technologiques. 1.

L'existence d'un processus d'apprentissage (learning by doing) engendre des leaders technologiques. 2.

L'accumulation peut être comprise aussi bien au sens large qu'au sens strict. Au sens strict, l'accumulation finit dans les limites de chaque paradigme. Ceci engendre des

hypothèses totalement nouvelles, ou des fenêtres d'opportunité (Perez, 1998). Cependant, au sens large, certains aspects de changement technologique, ou favorables à ce changement, conserveraient le rythme de l'accumulation, malgré la substitution des paradigmes.

Un autre aspect à considérer est le niveau d'opportunité technologique ou, si l'on veut, les possibilités de développement de chaque technologie spécifique au sein de chaque paradigme. Cette potentialité est, naturellement, très variable. Aujourd'hui, ce sont les technologies de l'information et de la communication (TIC) qui semblent avoir le niveau maximum d'opportunité technologique, suivies des nouveaux matériaux, des biotechnologies, etc.

Il reste l'appropriation. Cette caractéristique, de pair avec les facteurs externes, se vérifie toujours avec plus ou moins d'intensité à l'intérieur d'une même technologie, ce qui est généralement profitable pour tous les agents économiques impliqués. Comme Nelson l'a souligné, «dans les économies capitalistes, la technologie, ou certains de ses aspects, est partiellement un bien public» (Nelson, 1988).

Il faut dire également que l'existence d'un certain niveau d'appropriation privée est une condition nécessaire (si nous incluons l'opportunité technologique, elle deviendra une condition suffisante), pour l'existence d'activités innovatrices dans les économies capitalistes. En plus, une relation étroite existe, au niveau de l'entreprise, entre appropriation et accumulation.

Finalement, il est possible d'établir une liaison avec les structures industrielles dominantes. On peut dégager, des trois caractéristiques mentionnées des conséquences très diverses.

Un premier groupe cherche à répondre à des questions du type : est-ce que dans cette phase actuelle de mutation de paradigme (nous parlons du paradigme des TIC) un petit pays en retard dans son développement peut tenter de minimiser, voire faire disparaître, cette situation? Ou, d'une manière moins ambitieuse : serait-il possible, à un petit pays, de réduire le fossé par rapport aux pays plus avancés, ou, tout au moins, espérer que ce fossé n'augmente pas ou ne devienne pas irréversible ? D'autres questions concernent les liaisons réciproques entre le changement technologique et les structures industrielles, qui seront plus loin l'objet de notre analyse.

La plupart des travaux empiriques dans le domaine de l'économie industrielle, se sont préoccupés, essentiellement, de l'influence des structures par rapport aux activités innovatrices. Les explications variables sont généralement la dimension de l'entreprise et la concentration du marché. Le présupposé fondamental implicite (l' hypothèse schumpetérienne) indique que les entreprises oligopolistiques ont un avantage relatif par rapport aux entreprises plus petites, dans la production des innovations (Dosi, 1984).

À leur tour, Nelson et Winter proposent une relation de causalité inverse entre technologie et structures. Ainsi, la structure de marché et la dimension des entreprises deviennent des variables endogènes qui dépendent de la nature et du taux de changement technologique (Dosi, 1984). Selon Dosi (1984), plus l'appropriation, l'accumulation et les économies d'échelle sont élevées, plus grande est la probabilité d'exister une tendance à la formation de profits oligopolistiques. Dans cette perspective le

changement technologique engendre des conditions pour la création et la conservation de structures oligopolistiques, pas exclusivement, mais ensemble, avec d'autres éléments (comme par exemple avec les économies d'échelle). Est-ce qu'il existe des mécanismes qui peuvent contrarier cette tendance ? La réponse est positive, en se référant aux mécanismes de diffusion.

1.6. Le processus de diffusion

On sait que le changement technologique contribue à la création d'asymétries, soit entre les entreprises, soit entre pays. Le processus de diffusion engendre une dynamique qui produit l'homogénéisation. À leur tour, l'accumulation et l'appropriation privée du progrès technique, créent des différences continues, soit au niveau national, soit international.

1.6.1. Caractéristiques génériques

Pour Rosenberg (1982), le processus de diffusion est fondamental dans la perspective de l'impact économique. Il existe un vaste ensemble de travaux économiques à ce sujet où ressortent ceux de E. Mansfield et, encore, ceux de Griliches, P. David et Peter Temin (Rosenberg, 1982). En 1961, Mansfield a prouvé empiriquement que le processus de diffusion était généralement lent et que sa vitesse variait selon les divers types de techniques. La diffusion récente de la microélectronique prouve que les taux de diffusion et l'intensité de l'impact sont également très différents parmi les secteurs de l'économie et de l'industrie (Freeman, 1982), en particulier la technologie généralisée.

Il existe, cependant, certains aspects qui peuvent ou même entraver temporairement la vitesse de diffusion. Elle est affectée par divers facteurs :

- l'absence des nécessaires innovations complémentaires (Rosenberg, 1982), qui peuvent même contrarier l'adoption de nouveaux produits et de nouveaux processus ;
- Le changement rapide de certaines techniques ou produits peut créer une attitude prudente quant aux anticipations des utilisateurs potentiels. En effet, des cycles d'innovation très courts peuvent stimuler une diffusion rapide (Rosenberg, 1982) ;
- dans le domaine économique, la vitesse de diffusion dépend des structures de concurrence (dimension des entreprises, organisation des marchés, législation, etc.) ;
- Le rythme de diffusion est clairement dépendant de l'organisation sociale, de la culture et des mentalités.

On peut encore observer que le processus de diffusion est fortement provoqué par les attentes des agents économiques. Citons l'exemple : la microélectronique a permis l'ascension du paradigme des technologies d'information.

1.6.2. Les grandes familles des modèles de diffusion

Les études de Griliches, Mansfield et P.David, à partir de 1950, seront suivies de nombreux travaux empiriques. La question principale est celle qui consiste à caractériser le processus d'adoption d'une nouvelle technologie au sein de l'entreprise.

Dans le même ordre d'idées, Antonelli, Petit et Tahar (1992) suggèrent qu'il est essentiel d'évaluer les caractéristiques de la population, surtout la différence entre les «adoptants» et les «adoptants» potentiels, mais aussi les relations entre les agents, en particulier celles qui se réfèrent aux flux d'information.

Pour ces auteurs, les conditions externes d'adoption englobent trois sortes de facteurs : l'interaction stratégique entre les entreprises ; l'existence d'éléments externes ; l'ambiance macroéconomique de l'investissement et de la croissance. Après cela, ces auteurs regroupent les modèles de diffusion en cinq grandes familles :

L'approche épidémique apparaît par analogie associée à la façon dont généralement 1.
se propagent les maladies contagieuses (elle est aussi connue sous le terme de
modèle logistique). Elle englobe les modèles de Griliches, Mansfield et Metcalfe.

L'approche de l'équilibre partiel, ou modèle de profit, où le facteur déterminant 2.
commerce est la réduction, de l'incertitude quant au profit attendu. Dans cette famille,
les modèles considérés sont ceux de Stoneman et David.

L'approche du comportement stratégique a recours à la théorie des jeux pour 3.
analyser le processus de diffusion dans le contexte d'un oligopole ou duopole.

L'approche des techniques en compétition; ici, on doit opter entre deux ou plusieurs 4.
technologies alternatives. Les éléments externes de chaîne peuvent conduire, comme
David le montre dans son article sur la victoire du clavier QWERTY (P.David, 1985), à
la suprématie d'une technologie inférieure. On doit également faire référence aux
contributions de Brian Arthur, notamment les modèles de path-dependency, ou de
dépendance de sentier, qui indiquent que l'ordre des facteurs n'est pas arbitraire.

L'approche du comportement satisfaisant accompagne la théorie de la rationalité 5.
limitée des agents de Herbert Simon, et souligne les diverses espèces de routines
que les entreprises adoptent pour prendre leurs décisions. Le modèle paradigmatique
de cette perspective est le modèle évolutionniste de Nelson et Winter (1982).

2. Connaissances et croissance économique: interactions

2.1. Technologie et croissance économique

2.1.1. Considérations générales

On reconnaît depuis longtemps que la technologie est un facteur qui développe un rôle primordial dans la croissance économique. Postérieurement, ce rôle sera confirmé grâce à la théorie et aux estimations de Solow. Cette étude permettra le resurgissement d'autres travaux. Ainsi, l'ensemble des études empiriques qui a suivi s'appellera – Growth Accounting - Comptabilité de Croissance. La technologie a également un rôle, essentiel dans les travaux post Keynesiens de Nicholas Kaldor. On peut dire que ces deux paradigmes modèles (Solow et Kaldor) sont les deux grands paradigmes qui cherchent à expliquer les différents taux de croissance des pays moins évolués (McCombie, 1983). Nous pouvons observer que, pendant que le paradigme néoclassique (orienté par l'offre), souligne le rôle de la croissance des facteurs dans la croissance du produit, la contribution post-Keynésienne met l'accent sur l'investissement et la balance des paiements, comme étant les facteurs essentiels des différences dans les taux de

croissance des pays (McCombie, 1983).

Ces approches se distinguent par des présupposés théoriques différents. Ainsi, la contribution de Kaldor n'accepte pas la fonction de production néoclassique pour élaborer son modèle macroéconomique de croissance économique et se distingue aussi de l'approche néoclassique en assumant l'importance des rendements croissants à l'échelle. Ces théories se développèrent pendant quelque temps d'une manière parallèle. Toutefois, à partir de la moitié des années 80, apparaît une nouvelle génération de modèles de croissance endogène qui commencent à actualiser la théorie néoclassique de la croissance et, en même temps, à chercher à la comptabiliser avec des développements dans d'autres domaines de la science économique : concurrence économique et équilibres multiples, changement technologique, intervention publique et coordination entre les agents économiques.

Relativement à ces deux paradigmes qui dominent l'après-guerre, nous pouvons faire trois remarques :

Ces deux théories se sont développées dans une opposition systématique. Du moins, 1. au début, Solow a rejeté les présupposés et les conséquences du modèle d'Harrod-Domar en cherchant à prouver que la croissance équilibrée était impossible.

Les contributions de Solow et Kaldor ont été très productives, puisqu'elles ont 2. déclenché un ensemble de vaste études dans la recherche de réfutation, ou de confirmation empirique des théories.

Les études empiriques se sont penchées essentiellement sur les champs 3. néoclassiques.

On ne prétend pas mépriser la contribution post-Keynésienne. Effectivement, celle-ci, en soulignant l'importance des rendements croissants, a contribué au surgissement de la théorie de la croissance endogène.

Ultérieurement, seront analysés successivement le modèle néoclassique et les études empiriques de la comptabilité de la croissance, ainsi que la théorie de la croissance endogène.

Les études empiriques de la comptabilité de la croissance prétendent identifier la contribution des divers facteurs pour la croissance d'un pays, ainsi qu'expliquer la croissance distincte de plusieurs pays. Dès lors, leur caractère empirique les rend compatibles avec plusieurs théories de croissance. D'un autre côté, en soulignant l'énorme contribution de la technologie pour la croissance, ils ont introduit un grand nombre d'études prouvant que, si la fonction est correctement spécifiée et les inputs mesurés, la contribution de la technologie comme élément autonome sera infime (Griliches et Jorgenson 1967).

La contribution de la comptabilité de la croissance, bien qu'elle ne soit pas une théorie, par de quelques présupposés (Nelson, 1973) :

- La croissance du produit dépend des facteurs : le capital ; le travail et la technologie et complémentarité de ceux-ci est importante ;

- Il y a de l'ambiguïté en ce qui concerne la liaison entre l'avancement technologique et la qualité du capital et du travail. Dans la plupart des études empiriques, la création de la nouvelle technologie semble avoir besoin de quantités réduites de capital et se révèle peu exigeante quant aux qualifications spécifiques.

2.1.2. Les origines de la comptabilité de croissance

La comptabilité de la croissance apparaît dans la confluence de deux voies différentes de la recherche.

La première est originaire du programme de construction de séries du rendement national. Cette initiative a été prise aux États-Unis par le NBER – National Bureau of Economic Research – et conduite par Simon Kuznets.

La deuxième voie est due à l'investigation de Douglas sur la fonction de production. Elle a eu un caractère plus économétrique et, comme tel, a eu plusieurs applications, parmi lesquelles l'économie agricole.

Les deux auraient convergé, selon Griliches (1996) dans l'article de Solow (1956 et 1957) et même dans les propres travaux de Griliches.

La première voie est plus descriptive et concerne les modèles d'input- output, alors que la seconde trouve ses fondements sur les fonctions de production et sur un ensemble de présupposés référés. Nous pouvons faire ressortir, comme le plus important, le travail de Abramovitz (1956). Comme nous l'avons déjà rapporté, c'est à partir de ces travaux et, surtout de celui de Solow, que toute la recherche se déroule.

2.1.2.1. Les conclusions d'Abramovitz

Le travail d'Abramovitz est soutenu par les statistiques du NBER et cherche à répondre à trois questions relatives à la croissance des USA dans l'après-guerre civile :

- Quelle est la croissance du produit "per capita" et dans quelle proportion est-elle ?
Quels sont les inputs plus pertinents pour faire avancer la croissance ?
- Est-ce qu'il y a un ralentissement ou accélération du output "per capita" ?
- Et est-ce qu'il existe des variations du taux de croissance du produit en plus de celles relatives aux cycles des affaires ?

La première conclusion à laquelle l'auteur arrive, c'est qu'entre la décennie 1869-1878 et la décennie 1944-1953, le Produit National Liquide "per capita" à prix constant a augmenté quatre fois. L'augmentation de recours "per capita" reste peu significative. Le facteur principal est un significatif accroissement de la productivité unitaire totale des recours, qui aura augmenté près de 250%. Le résultat est considéré surprenant, puisqu'il attribue une importance très grande à la productivité.

Ainsi, selon Abramovitz, nous savons peu de choses sur les causes de l'augmentation de la productivité. L'importance de ce facteur peut être prise comme une espèce de mesure de notre ignorance sur les causes de la croissance économique des

États Unis et comme une indication qui doit retenir notre attention. L'auteur indique deux chemins à suivre : le premier consiste à considérer l'existence des rendements croissants, le second est la sous-estimation probable dans le calcul du travail et du capital.

Abramovitz suggère l'importance croissante du capital «intangible» : technologie, qualification du travail, santé et organisation.

2.1.2.2. Le travail de Solow

En 1956, Solow donne une réponse aux prédictions pessimistes de Harrod. Solow propose un déplacement de l'équilibre économique de long du temps, rendant le niveau de l'activité de plus en plus élevé. La succession d'équilibres est stable ; de fait, si, pour une raison quelconque, l'économie s'éloigne de l'équilibre, elle reviendra plus tard. Pour obtenir cela, Solow élimine la rigidité de la technique de production, mais postule, qu'à chaque période de temps, les décisions existantes d'épargne et d'investissement coïncident. Ainsi, le problème de la "coordination" des agents privés est résolu et le plein emploi des facteurs de production atteint. Le modèle de Solow est, ainsi, la dynamisation du modèle statique néoclassique.

Selon Griliches (1996), ce qui est véritablement nouveau dans le travail de Solow, c'est l'intégration claire de la théorie économique avec un calcul mathématique. Il est intéressant de remarquer la cohérence interne que Solow réussit à établir entre sa version comptable de la croissance (1957) et le modèle théorique qu'il a développé avant (1956). Ce modèle décrit une économie où il existe seulement un bien, qui est utilisé en même temps par la production et la consommation.

Le modèle de Solow prédit que, à long terme, avec l'accumulation du capital, la productivité marginale du capital est décroissante. A son tour, quand le capital est élevé (supérieur à son niveau d'équilibre à long délai), l'investissement est plus bas que l'amortissement et le capital décroît. Il existe une convergence au niveau du capital à long terme.

La prédiction essentielle du modèle de Solow est que la croissance économique est en général équilibrée et stable. Il s'agit, de cette façon, d'une réponse optimiste aux thèses de Harrod. Cet "optimisme" du modèle de Solow n'est pas partagé par la plupart des nouvelles théories de la croissance.

2.1.3. Les tentatives de diminution du résidu: conséquences

Comme on l'a déjà dit, le travail de Solow constitue la base d'un programme de recherches au sujet de ce qu'a appelé " résidu ". Les tentatives les plus significatives de réduction du résidu ont été entreprises par Denison (1962 et 1967) et par Griliches et Jorgenson (1967).

2.1.3.1. Les travaux de Denison

La méthode de Denison (1962) a consisté d'abord à élaborer un indice d'output par unité d'input, soit, un indice de productivité. Les inputs sont les services de main d'œuvre,

mesurés en heures de travail, et les services du stock de capital (la terre inclus). Les pondérations des facteurs sont les rémunérations dans le période de base. Mais, maintenant, le travail est ajusté par les modifications de qualité dues à l'éducation, au meilleur «dégagement» de la main d'œuvre féminine, aux changements de composition de l'âge et de sexe de la force du travail dans la qualité de l'effort développé. Quant à l'input capital, Denison ne procède pas aux ajustements qualitatifs. La deuxième grande contribution de la méthode de Denison a été la décomposition de la productivité après avoir retiré la contribution du travail et du capital (le résidu) en diverses nouvelles sources de croissance. Celles-ci sont : les changements dans l'efficacité de l'affectation des recours et économies d'échelles. Après le retrait de celles-ci, apparaît le " résidu final " que Denison appelle " avancement dans la connaissance " et qui ne représente que 20% de la croissance obtenue en 1929-57. Dans un travail plus ambitieux, publié en 1967, et dans lequel il cherche à expliquer les différences des taux de croissance dans quelques pays occidentaux, Denison a décomposé le " résidu " en trois composants fondamentaux :

- Déplacement de la main d'oeuvre (de l'agriculture vers l'industrie, spécialement) et économies d'échelle ; 1.
- "Avancement dans la connaissance" ; 2.
- Éléments résiduels englobant ici l'application plus rapide des connaissances. 3.

Dans cette étude, Denison envisage pour les États-Unis, dans la période 1973-76, un " résidu " négatif.

Ces différents résultats mettent en évidence la sensibilité des études aux méthodes et hypothèses. Ainsi, quoique l'analyse de Denison ait de l'intérêt et recouvre un travail ample, elle ne se révèle pas convenable pour éclaircir l'influence du changement technologique dans le processus de croissance.

2.1.3.2. L'analyse de Griliches et Jorgenson

L'approche de ces deux auteurs (1967) est différente de celle effectuée par Denison. Au lieu de décomposer le résidu de Solow, ces auteurs, au moyen d'un travail théorique sur la fonction de production et sur les indices d'input et output, cherchent à éliminer les défauts d'agrégation et les erreurs de mesure.

En effet, Jorgenson et Griliches (1967) affirment que si les inputs et les outputs sont correctement mesurés, alors il n'existera pas de " résiduel ". De cette façon, en utilisant leur méthode pour l'économie des États-Unis, dans la période 1945-65, le résidu disparaît pratiquement.

2.1.4. Problèmes théoriques relatifs à la comptabilité de la croissance

2.1.4.1. Le changement technologique et la fonction de production

Les travaux qu'on vient de présenter montrent que les résultats peuvent différer compte tenu des options théoriques adoptées et des méthodes de mesure. Pour cette raison,

nous évoquerons quelques problèmes théoriques relatifs à la comptabilité de la croissance.

On constate un premier problème théorique quant au changement technologique. A ce sujet, il existe trois possibilités :

1. Changement technologique exogène à long délai et pas incorporée, qui est le choix des premiers modèles de la comptabilité de la croissance ;
2. Changement technologique incorporé et associé à la croissance des inputs, et spécialement du facteur capital, qui est le choix adopté dans le travail de Jorgenson et Griliches (1967).
3. Changement technologique endogène, à travers divers éléments (dépenses de R&D entre autres) et qui est la conception adoptée par les modèles de croissance endogène et par la grande majorité des modèles d'inspiration néoschumpeterienne.

Le deuxième problème à résoudre concerne l'ajustement du modèle adopté aux facteurs stylisés de la croissance. Ce problème qui n'est pas exonéré d'ambiguïtés, dépend des faits stylisés constatés dans la période et dans le pays en cause. Par exemple, dans le cas de l'économie des États-Unis, dans la première moitié du XXe siècle, on observe les régularités suivantes : constance de rapport capital/produit, du au fait que le capital et le produit croissent au même taux supérieurs au taux de croissance du facteur travail. Augmentation de la productivité du travail, du taux de salaire et du rapport capital/travail; stabilité des proportions des facteurs dans le revenu national lié à la stabilité du taux de rendement du capital et à l'augmentation du taux de salaire (Solow, 1957 et Nelson, 1973).

À son tour, Nelson (1973) nous révèle que le même ensemble de facteurs stylisés est compatible avec deux modèles explicatifs différents.

2.1.4.2. De la fonction de production aux indicateurs d'input

Nelson (1973) critique les travaux de la comptabilité de croissance et appelle à la construction des indices des inputs qui, conjugués avec un indice de l'output, donnent la possibilité de calculer la productivité globale des facteurs.

Le travail de Solow (1957) part d'une fonction de production généralisée, considérant que le progrès technique est neutre et que les facteurs sont rémunérés par leur productivité marginale. Après avoir effectué l'estimation du résidu, Solow cherche à ajuster cinq fonctions différentes à ses observations. On peut affirmer que les études de comptabilité de croissance sont compatibles avec les diverses fonctions de production spécifiques.

Une autre façon d'aborder le sujet, différente de l'approche antérieure, est celle de N. Kaldor (1957) et K. Arrow (1962) qui se montrent plus préoccupés par la modélisation du processus de croissance qu'avec la mesure du progrès technologique. De cette façon, pour Kaldor, la capacité d'une économie de faire croître la quantité du capital par travailleur dépend de sa capacité pour innover. La plus grande partie des innovations a besoin de plus de capital par travailleur. Ainsi, l'investissement et le progrès technique

sont deux éléments du même ensemble. Il n'est pas possible de distinguer les augmentations du produit dues au progrès technique (innovations) – déplacement de la fonction de production - des augmentations du produit; dues aux augmentations du capital par travailleur (mouvements au long de la fonction de production). Refusant l'analyse par la " fonction de production " néoclassique, Kaldor avance une "fonction de progrès technique" qui rapporte le taux de croissance de la productivité de travail dans les nouveaux équipements avec le taux de croissance de l'investissement par travailleur. La fonction de progrès technique de Kaldor reflète non seulement la capacité de réalisation des nouvelles inventions, mais aussi la disponibilité des entreprises pour adopter de nouvelles méthodes de production.

À son tour, Arrow suggère que le progrès technique fait partie d'un " processus d'apprentissage", produit d'expérience -learning-by-doing. De cette façon, plus le volume du produit accumulé sera grand, plus grande aura été la répétition et, par conséquent, l'expérience et l'apprentissage.

2.1.5. Le modèle évolutionniste

Il n'y a que des modèles néoclassiques qui pourrait s'ajuster aux faits stylisés. D'autres auteurs, comme Nelson et Winter (1974) ont proposé un modèle évolutionniste, qui s'ajuste presque totalement aux données du travail de Solow (1957) relatives à l'économie des États-Unis, dans la période de 1909 à 1949. Nelson et Winter partent d'une approche behaviouriste de l'entreprise, c'est-à-dire que celle-ci réagit aux stimulations externes au travers d'un ensemble de règles de décision adaptées à la situation particulière en cause. Ensuite, ils examinent les processus de mutation des règles. Ils formulent l'hypothèse que la recherche est encore plus intensive si elle fait face à une grande adversité. Par surcroît, la recherche est institutionnalisée au moyen d'activités de R&D. Pour fixer la direction et la stratégie de la recherche, les entreprises font appel à divers éléments : les prix du marché, les règles de décision des autres entreprises, les changements exogènes dans la connaissance et techniques de production possibles. Enfin, ils analysent le mécanisme de sélection économique.

Le modèle évolutionniste fournit aussi des alternatives pour l'explication des régularités économiques, comme par exemple le rapport entre la croissance du salaire réel, l'intensité du capital et la productivité per capita. Ce modèle refuse des présupposés, comme celui de la maximisation des profits, de l'équilibre ou encore de l'existence d'une fonction de production. Il n'y a qu'un ensemble d'activités qui sont matériellement possibles et, à chaque instant, il existe plusieurs techniques concurrentes avec des rentabilités diverses. L'intérêt de cette approche réside dans le fait qu'à partir de présupposés moins restrictifs que ceux de la théorie néoclassique, il construit des propositions alternatives quant aux relations observées entre les variables.

Le Bas (1995) résume les principaux traits de l'approche évolutionniste de la dynamique technologique, en présentant dix faits stylisés, à savoir :

L'innovation est un processus (C. Freeman ,1982) qui transmet des impulsions, en 1.
reçoit, raccorde les idées techniques nouvelles et les marchés. Selon Dosi (1988),

l'innovation peut être envisagée comme une activité de résolution des problèmes.

L'innovation se développe dans une organisation (la firme). Le processus d'innovation est spécifique à la firme (Pavitt, 1992). 2.

L'innovation est un processus social. Bien qu'il ne soit pas aléatoire, le processus d'innovation est incertain. 3.

L'innovation est un processus interactif complexe. Cette interactivité qui est interne à la firme est bien décrite dans le modèle de « liaisons en chaîne » de Kline et Rosenberg (1986). 4.

L'innovation est aussi le produit d'un processus antérieur. Le processus de l'innovation est systémique et dynamique. Des innovations peuvent stimuler l'apparition d'autres innovations, on a celle des complémentarités technologiques (Rosenberg, 1982). Les propriétés d'accumulation inter temporelle et de dissipation technologique (spill-overs) peuvent être construites par la notion de trajectoires technologiques. 5.

Le processus d'innovation est un processus d'apprentissage. L'innovation peut être saisie comme une création de technologie (Amendola, Gaffard 1988). 6.

Le processus d'innovation met en jeu des connaissances et des savoirs. 7.

Le processus d'innovation consomme des ressources. Les dépenses de R&D ne sont qu'une partie des dépenses d'innovation. 8.

La valeur économique du processus d'innovation dépend de plusieurs méthodes de protection ou de conservation des surprofits d'innovation. 9.

L'hétérogénéité caractérise les entreprises innovantes. Généralement, elle est une propriété typique des environnements évolutionnistes. 10.

2.1.6. Les théories de la croissance endogène

L'explication de la croissance donnée par Solow peut être synthétisée ainsi :

- Le rendement de l'investissement et, par conséquent, le taux de croissance du stock du capital per capita, diminuent quand ce stock augmente. Le capital a des rendements décroissants, ce qui conduit à l'augmentation de la croissance. Seul le progrès technique permet que le taux de rendement du capital se maintienne, contrariant la tendance à la stagnation. Mais ce progrès est exogène, c'est-à-dire, son niveau est fixé indépendamment de l'intervention des agents et est gratuit.
- L'équilibre consiste alors en un taux de croissance d'économie (per capita) égal au taux du progrès technique, qui est établi hors du modèle. Celui-ci n'explique pas la croissance, il clarifie seulement les ajustements des variables (capital, production et épargne) autour d'une trajectoire de croissance fixée. Ainsi, il n'est pas possible d'expliquer les tendances de long terme des économies.

Pourquoi le progrès technique est vu comme exogène ? Solow évoque deux types de raison. La 1^{ère} est associée à l'importance empirique d'une telle hypothèse. La 2^{ème} est

est protégé en vertu de la loi du droit d'auteur.

l'incompatibilité admise des rendements d'échelle croissants et de l'équilibre concurrentiel.

À partir des années 70, la théorie néoclassique de la croissance perd de l'intérêt. Dans la 2^{ème} moitié des années 80, apparaît une nouvelle série de modèles qui donnent une nouvelle vigueur soit à la théorie néoclassique de la croissance, soit aux analyses empiriques.

La croissance endogène signifie qu'un input, avec des rendements non décroissants, la connaissance, devient le soutien le plus important de la croissance. Effectivement, l'investissement dans la connaissance crée des «externalités» positives.

La théorie de la croissance endogène en mettant l'accent sur le changement technologique, se rapproche de l'économie d'innovation et établit des ponts avec certaines conceptions schumpétériennes (voir à ce sujet, le modèle de destruction créatrice de Aghion et Howitt, 1992).

2.1.6.1. Les sources de croissance

Guellec et Ralle (1995) fournissent un panorama des modèles de croissance endogène et proposent diverses sources de croissance auxquelles on se réfère plus loin. La théorie néoclassique admet seulement une unique source de croissance : l'accumulation du capital physique. Bien qu'elle n'ignore pas d'autres sources de croissance, elle ne les intègre pas clairement dans les modèles, considérant que la variable exogène " progrès technique " capte tous ces effets. Pour Guellec et Ralle (1995), les modèles de croissance endogène se caractérisent par une grande variété de sources :

- Investissement dans un capital physique ;
- Investissement dans un capital public ;
- Investissement dans un capital humain ;
- Apprentissage par la pratique ;
- Division dans le travail ;
- Recherche et innovation technologique.

Il convient de dire que, depuis longtemps, ces sources furent identifiées par les économistes. La plupart furent cités par A. Smith, mais la croissance endogène les formalise pour la première fois et rend possible, de cette façon, la compréhension de ses effets.

2.1.6.1.1. L'investissement dans le capital physique

Cette première présentation est due à Romer (1986). Quoique l'investissement privé dans le capital physique soit une source commune à l'ancienne et à la nouvelle théorie, Romer (1986) se propose de surmonter les difficultés de l'approche néoclassique antérieure. Ce modèle est basé sur des facteurs externes entre entreprises. L'investissement est une source d'apprentissage par la pratique.

Peut être vu comme un modèle, dans lequel la croissance de long délai est

fondamentalement guidée par l'accumulation de la connaissance effectuée par des agents avec un horizon temporel ample et un maximum de profit. L'équilibre n'est pas Pareto optimal, ce qui rend possible un certain type d'intervention publique, laquelle peut promouvoir une meilleure efficacité dans l'économie en termes de croissance.

Le modèle fournit une approche alternative pour la croissance à long délai. Etant donné que l'on abandonne le postulat des rendements marginaux décroissants, la convergence des niveaux de produit per capita dans les divers pays peut ne pas se réaliser. Romer (1990) considère le modèle de Solow (1956) comme un cas particulier de son propre modèle.

Voici une présentation synthétique du modèle de Romer (1986), basée sur Guellec et Ralle (1995) :

Le modèle de Romer se compose de N entreprises, toutes avec la même fonction de production, à savoir :

$$(1) \quad q_{it} = k_{it}^{1-\alpha} (A_t l_{it})^{\alpha}$$

- q est le niveau de production
- k indique le niveau de capital
- l est le niveau de travail
- Les indices de i et t indiquent l'entreprise et le temps.
- A est le niveau de la technologie ou de la connaissance qui est donnée pour chaque entreprise. Il est commun à l'ensemble des entreprises.

La fonction de production exhibe des rendements constants à l'échelle pour chaque entreprise.

Le niveau technologique est une fonction du stock de capital total :

$$(2) \quad A_t = A^{1/\alpha} (\sum_{i=1}^N K_{it})^{\beta}$$

A est un paramètre. Cette relation est susceptible de diverses interprétations ; elle peut désigner un apprentissage (en suivant Arrow) ; elle peut être l'existence de complémentarités entre les entreprises, augmentant la productivité d'une activité quand l'autre se réalise. On admet que tous les consommateurs souhaitent de la même manière tous les biens. Alors, étant donné que toutes les entreprises sont identiques, elles auront dans l'équilibre le même niveau d'activité. De cette façon, considérant Q_t , K_t et L_t la production totale, le stock de capital total et l'emploi global

$$(Q_t = N q_{it} , K_t = N k_{it} , L_t = l_{it})$$

et en admettant que L est constante au long du temps, on obtient les formules de rendement privé et du rendement social du capital. Le rendement marginal privé du capital s'obtient à partir de (1) sans considérant l'influence du capital sur la connaissance.

$$(3) r_{it} = (1-\alpha) K_{it}^{-\alpha} (A_t l_{it})^{\alpha}$$

Ou encore utilisant (2)

$$(4) r_t = (1-\alpha) A L^{\alpha} K_t^{\alpha(\beta-1)}$$

Avec (1) et (2) on détermine la fonction de production agrégée :

$$(5) Q = A K_t^{1-\alpha+\alpha\beta} L^{\alpha}$$

Ce qui permet de calculer le rendement marginal social du capital :

$$(6) r_t^* = (1-\alpha + \alpha\beta) A L^{\alpha} K_t^{\alpha(\beta-1)}$$

Ainsi, on montre que le rendement social est supérieur au rendement privé, ce qui s'explique par l'existence d'«externalités».

Ceci ne s'observe pas dans un modèle de croissance exogène. Cela arrive seulement si $\beta = 1$, c'est-à-dire s'il existe une stricte proportion entre le stock de capital et la connaissance. Dans cette situation, la rentabilité marginale du capital ne dépend plus du niveau du capital.

La possibilité de $\beta = 1$ est nécessaire pour atteindre une croissance auto soutenue.

Si $\beta < 1$, il n'y a pas de croissance ; si $\beta > 1$, la croissance est explosive. Il existe ici un problème de «fil du rasoir» semblable au modèle de Harrod.

Quand $\beta = 1$, on atteint le taux de croissance, en admettant que le consommateur représentatif a une fonction d'utilité avec l'«élasticité» inter temporelle constante et égale à un :

(7) $g = (1-\alpha)AL^{\alpha}-\rho$ pour le taux de croissance d'équilibre décentralisé.

(8) $g^* = AL^{\alpha}-\rho$ g^* est le taux de croissance optimum, où ρ est le taux de préférence par le présent.

2.1.6.1.2. La technologie

La technologie est un ensemble de connaissances scientifiques ou empiriques directement applicables dans la production ou l'amélioration des biens et des services. La technologie est une "potentialité".

Lorsque la technologie est assimilée à de l'information, données facilement le coût, (marginal de la reproduction) est très inférieur au coût (fixe) de la production. Effectivement, une même technique peut être utilisée simultanément par un nombre illimité d'agents, on appelle ceci "non rivalité" dans la théorie des biens publics. On comprend, ainsi, la grande capacité de ce facteur pour gérer les «externalités».

Romer (1990) présente un modèle de croissance induit par le changement technologique que l'on peut considérer paradigmatique. Ce modèle est basé sur trois présupposés :

1. Le changement technologique est la base de la croissance économique.
2. Le changement technologique est endogène et est réalisé par des agents qui répondent aux stimulants du marché.
3. La technologie a un caractère de coût fixe. Il s'agit, dans l'esprit de Romer, de la caractéristique la plus importante. Cela signifie qu'une fois créée, elle peut être utilisée maintes fois sans coûts additionnels.

Il devient nécessaire de faire certains éclaircissements au sujet de ces hypothèses. Ainsi, en ce qui concerne le 2ème présupposé, il y a une claire démarcation par rapport à la théorie néoclassique modèle. Il existe également une différence importante relativement à la conception de Arrow (1962). Dans cette dernière, le surcroît de la connaissance varie dans la même proportion que l'augmentation du capital et surgit comme un sous produit non intentionnel de la production, par moyen d'apprentissage ou par l'exécution (learning-by-doing).

Quant au 3ème présupposé, Romer considère la technologie comme un bien indivisible, mais avec la possibilité d'exclusion.

Le modèle de Romer considère de la connaissance technologique comme un bien économique. Ce modèle englobe trois secteurs : ceux de recherche des biens intermédiaires et les biens finals. Dans le secteur de la recherche les inputs sont le capital humain et le stock utilisé de la connaissance pour produire une nouvelle connaissance. La croissance du produit de ce secteur est donnée par :

$$(1) \quad \dot{A} = \delta \cdot L_A \cdot A$$

où :

A = stock de la connaissance existante

$\dot{A}$ = variation du stock de la connaissance

L_A = le nombre de chercheurs (quantité de main d'oeuvre dédiée à la recherche).

δ = paramètre de l'échelle et de productivité.

De cette façon, chaque unité additionnelle de main d'oeuvre consacrée à la recherche s'ajoute au taux de croissance de la technologie et non à peine à son niveau.

Il y a ici une première «externalité» (intemporelle) : les découvertes de tous les chercheurs et à toutes les époques antérieures, bénéficient à n'importe quel chercheur.

Quant au secteur des biens intermédiaires, chaque découverte rend possible la production d'une nouvelle machine ou d'un bien intermédiaire du type nouveau. Le capital est représenté comme l'addition d'un ensemble de biens différents, en lui prévaut la concurrence monopoliste, parce que chaque entreprise produit un bien capital spécifique x_i , protégée par un brevet et, par lequel on peut obtenir des rentes originaires du secteur de biens finaux.

$$(2) \quad K = \sum_{i=1}^N x_i$$

Où x_i est la quantité disponible de chaque espèce de capital.

Dans le secteur des biens finaux, ceux-ci sont produits selon une technologie semblable à celle du bien de consommation.

$$(3) \quad \dot{K} = Q - C$$

Le bien de consommation indifférencié est produit selon une certaine technologie :

$$(4) \quad Q = L_y^{1-\beta} \cdot \sum_{i=1}^N x_i^\beta$$

Où L_y est la quantité de main d'oeuvre dédiée à la production de biens. Il s'agit d'une fonction identique à une Cobb-Douglas avec rendements constants à l'échelle $[\beta + (1 -$

$\beta = 1$].

Toutefois, cette fonction a en considération l'hétérogénéité du capital. En effet, ce n'est pas équivalent de doubler le stock de capital doublant la quantité de chaque élément ou en faisant doubler le nombre de ces composantes. L'«élasticité» de la production capital est de β dans la 1ère situation et de 1 dans la 2ème. Alors, l'équation (4) peut être réécrite :

$$(5) \quad Q = L_y^{1-\beta} \cdot A^{1-\beta} \cdot K^\beta$$

De cette façon, surgit une 2ème «externalité» dans le modèle : les entreprises productrices du bien acquièrent une certaine quantité de capital et bénéficient non seulement de ce capital, mais aussi d'une augmentation (gratuite) de la connaissance technologique. Cela est dû à la nature non rivale de la connaissance.

La résolution du modèle se fait par l'affectation globale (donnée et constante) entre les activités d'innovation et de production, et par la distribution du produit entre la consommation et l'investissement. L'innovation détermine le taux de croissance du produit, le capital physique intervient sur son niveau. De cette façon, on obtient les taux de croissance d'équilibre décentralisé et un d'optimum social (g^*) :

$$(6) \quad g = \delta L - \rho / (1 - \beta) / 1 + 1 / (1 - b)$$

$$(7) \quad g^* = \delta \cdot L - \rho$$

On peut effectuer maintenant quelques commentaires sur le modèle. Tout d'abord, c'est la quantité totale du capital humain et non son niveau moyen par individu, qui détermine le taux de croissance ; cela est dû à la nature fixe du coût de la recherche. Après, étant donné que $\beta < 1$, le taux de croissance de l'équilibre est sous-estimé. Les agents économiques privés ne considèrent pas les «externalités» créées par leur activité.

Une politique publique qui prétend accélérer la croissance aura des effets sur la recherche et non sur l'investissement, étant donné que le surcroît de ce dernier fera apparaître une augmentation de produit d'équilibre, mais pas de taux de croissance. Romer conclut que, selon son modèle, plus son stock de capital humain est important, plus grand sera le rythme de la croissance. Cela a des implications variables.

La première concerne le commerce international libre qui peut accélérer la croissance. La deuxième indique que l'on peut expliquer d'une manière alternative une très forte croissance d'économies développées au XXe siècle. La troisième est que le niveau limité de capital humain des économies peu développées induit une entrave à la croissance.

Effectivement, la croissance enregistrée dans les pays développés, au XXe siècle, ne peut être intégralement expliquée, en ayant seulement recours à un unique facteur de cause. Il doit être envisagé comme un processus où s'intègrent les recours, comportements, décisions économiques, politiques publiques et institutions. De là, l'intérêt de la notion de systèmes d'innovation.

2.1.6.1.3. Le capital humain

L'apparition des modèles de croissance endogène à partir des années 80 tend à placer le capital humain au centre du débat sur la politique scientifique et technologique. Cette importance attribuée au capital humain comme facteur de croissance économique n'est pas nouvelle. Déjà, dans les années 60, divers auteurs, parmi lesquels Becker (1962), Schultz (1961) et Nelson et Phelps (1966), font ressortir l'importance de l'"investissement dans les personnes". Toutefois, les nouveaux modèles de croissance endogène provenant des contributions pionnières de Romer (1986) et Lucas (1988) placent la valeur du capital humain comme clef de voûte de la croissance économique. Aussi bien pour la contribution principale de Becker (1966) que pour les développements de Lucas (1988) dans le contexte de la théorie de la croissance endogène, le capital humain est un input productif, tels que le capital physique et le travail. La croissance économique résulte de l'accumulation de cet input. Les différences dans les taux de croissance entre les pays dérivent des différences du rythme dans l'accumulation du capital humain. Une autre importante contribution du capital humain pointée initialement par Nelson et Phelps (1966) et postérieurement reformulée par les nouvelles théories de croissance : c'est l'impact positif sur la capacité de l'économie à innover, lorsque l'on doit s'adapter aux fréquentes mutations technologiques. Nous constatons que l'élément le plus important du capital humain est l'éducation ; celle-ci apparaît fortement intégrée au processus de l'innovation.

En effet, une population, ayant des niveaux élevés de scolarité, tend à intégrer les innovations technologiques dans un court espace de temps. Tout cela, à son tour, tend à accélérer le processus de diffusion technologique dans l'économie et, de cette façon, à augmenter la croissance économique. Cela a une certaine réalité empirique, comme nous le montrerons plus loin (Benhabib et Spiegel 1994).

Considérant les présupposés théoriques de l'approche de Nelson et Phelps, au sujet de l'interaction entre le capital humain et la capacité d'innovation, nous pouvons en retirer quelques prévisions. Ainsi, les modèles théoriques de Schumpeter (1951) et Romer (1990) nous indiquent que la croissance de productivité est directement proportionnelle aux niveaux de scolarité. À leur tour, et en termes empiriques, Benhabib et Spiegel (1994) observent que la scolarité, aussi bien au niveau secondaire qu'au supérieur a une influence significative sur le taux de croissance de productivité.

La productivité marginale du capital humain (c'est-à-dire, les augmentations relatives de rendement/produit atteint par chaque niveau de la scolarité) est une fonction croissante du taux du progrès technologique. Le capital humain permet, par son plus grand potentiel d'apprentissage, que les pays moins développés augmentent leurs niveaux de productivité face aux pays plus avancés. Le capital humain appartient à celui qui est son détenteur, contrairement au capital technologique qui devient vite un bien public. Cela

conduit à ce qu'il y ait une différence fondamentale entre les mécanismes de rémunération du capital humain et du capital technologique: alors que le premier est privé (même s'il existe des «externalités») le capital technologique est, malgré tout, public (bien que la technologie soit d'usage partiellement exclusive).

2.1.6.1.4. Le capital public

Les théories de croissance économiques mettent en évidence trois facteurs : le capital physique, le capital technologique et le capital humain. Or, ces trois facteurs ont une caractéristique commune: tous produisent des «externalités». Ainsi, le libre fonctionnement des mécanismes du marché ne garantit pas l'obtention du bon fonctionnement social. D'ici on conclut que l'intervention publique doit dépendre du type d'externalité et du type d'information dont l'État dispose. Il est ainsi légitime que la recherche fondamentale soit financée par des fonds publics. Nous constatons que ce type de recherche se caractérise par une rentabilité économique incertaine et lente. En outre, l'application/concrétisation des résultats n'est pas garantie et, comme l'a fait remarquer Arrow (1962), l'appropriation des profits économiques est difficile. En ce qui concerne la recherche appliquée, le rôle des pouvoirs publics est surtout celui de créer des conditions d'une reconnaissance de droits de propriété intellectuelle. De cette façon, la génération d'externalités serait en partie rémunérée.

Dans le domaine de l'éducation, l'existence des externalités ne peut pas justifier en soi un financement intégralement public, parce qu'une partie des profits de la formation est obtenue par les agents qui se forment. Mais, même s'il n'existe pas d'externalités, l'intervention publique se justifierait. Effectivement, l'accès des plus pauvres à toutes sortes de marché, met en question le marché idéal. Cette interrogation soutient l'intervention publique.

Les nouvelles théories de la croissance concluent à la possibilité d'une croissance régulière d'équilibre, mais le manque de coordination des agents privés empêche la « réussite qualitative ». On peut dire alors que les nouvelles théories insistent sur le rôle de la politique économique qui devrait aider à mieux coordonner les décisions des agents privés ; mais nous ne trouvons pas des outils pour fonder cette forme d'intervention. Cela peut paraître une faiblesse des nouvelles théories, associée au fait que celles-ci adhèrent mieux à la réalité. Donc, il doit y avoir une intervention publique, parce qu'il y a «externalité», mais la forme d'intervention va dépendre de l'externalité en cause. Au-delà des facteurs ou conditions externes, l'État a aussi une influence directe sur l'efficacité du secteur privé: les investissements publics concourant aussi pour la productivité privée. Dans cette perspective, Barro (1990) conçoit un modèle de croissance économique endogène où les dépenses publiques sont le facteur déterminant. La production est faite avec les rendements constants et utilise deux facteurs: le capital privé et le capital public. On obtient trois résultats de ce modèle :

- les rendements sont constants et les deux facteurs de production sont cumulatifs ; le modèle engendre une croissance auto soutenue ;
- le taux d'impôt a un rôle positif sur la croissance ; cela conduit à ce que la rentabilité privée ait également une tendance à la hausse, idem pour le taux de croissance ;

est protégé en vertu de la loi du droit d'auteur.

- lorsqu'il existe un niveau très bon pour les impôts, cela implique une dimension très bonne de l'État qui maximise la croissance de l'économie.

Ce modèle est passible de quelques critiques. L'une d'entre elles est que Barro ne se préoccupe pas beaucoup de ce qui fait le caractère de la dépense publique, c'est-à-dire qu'il ne cherche pas à savoir si les services introduits par les dépenses publiques ne pourraient pas être fournis ou financés par le secteur privé. L'autre critique réside dans le caractère auto soutenu de la croissance où l'on vérifie seulement les valeurs très spécifiques des paramètres: le rendement du capital global (privé et public) doit être unitaire.

Tel qu'il a été observé, le progrès technique a depuis longtemps été reconnu comme un facteur principal de la croissance. Cela est dû à diverses raisons. Les analyses empiriques, à divers niveaux, le confirment. D'une certaine façon, la croissance est un processus global et le progrès technologique est une composante très importante, de pair avec l'accumulation du capital physique et du capital humain. On peut dire que le progrès technique a une spécialité double :

- il transforme les autres facteurs, créant des possibilités d'investissement qui, d'une autre façon, ne seraient pas observés ;
- le progrès technique est un bien public cumulatif, cela notamment, parce que chaque découverte s'appuie sur d'autres découvertes faites dans le passé.

En plus d'être un bien cumulatif, la technologie présente aussi diverses caractéristiques d'un bien public (Arrow 1962), parce que la qualité d'information peut être transmise à un coût très réduit par rapport au coût de production et peut être utilisée simultanément par un nombre illimité d'individus. Dans ce sens, la connaissance est "non rivale" (Cornes et Sandler 1986). La non rivalité permet la diffusion ample et à coût réduit de la connaissance. La contre partie de ceci réside dans la difficulté de rémunérer l'inventeur. Or, la connaissance n'est pas seulement non rivale, elle est aussi partiellement exclusive (un bien est exclusif quant un agent, le propriétaire, peut contrôler l'usage – Cornes et Sandler 1986). L'établissement des droits de propriété pour la connaissance est plus facile, dû à son caractère non rival. Le système de brevets est une manière d'assurer au propriétaire le « monopole » temporaire de l'exploitation de son invention. En faisant cela, le brevet introduit une distorsion dans la structure du marché l'éloignant de la concurrence idéale. Les nouvelles théories de croissance s'appuient sur des mécanismes de concurrence monopolistique, alors que le modèle néoclassique admettait une concurrence « parfaite ». Chaque invention s'appuie sur les précédentes. L'innovation engendre un bien vendu sur le marché et, donc, des profits pour l'inventeur, mais aussi occasionne une augmentation du stock global des connaissances. Le rendement social de l'innovation est nécessairement alors supérieur à son rendement privé.

2.1.7. Sources interdépendantes

Dans le processus de croissance, les diverses sources interagissent en créant une dynamique propre à leur développement. Soyons attentifs à la signification de

l'expression : division du travail. Il y a longtemps qu'elle fut expliquée par A. Smith (1776). La division du travail peut se faire intra entreprise ou inter entreprises. En réalité, ces deux formes sont considérées semblables dans les modèles de croissance endogènes. En plus des effets statiques, ce sont les effets dynamiques qui sont mis en évidence par la croissance endogène, surtout l'apprentissage. En pratique, la croissante division du travail est rendue possible par le progrès technique et par la plus grande quantité de capital humain. À son tour, la croissance du capital humain bénéficie avec le progrès technique et, inversement, c'est le capital humain qui apporte des techniques nouvelles. Le progrès technique se transforme, en partie, en nouveaux équipements, qui constituent des investissements en capital physique. De la même manière, dans le modèle néoclassique, l'accumulation de capital physique ne continue qu'en fonction du progrès technique. Une restriction des modèles de croissance consiste à indiquer séparément ces deux sources : chaque modèle centre son attention sur une ou, parfois, sur deux d'entre elles. Donc, les interactions ne sont pas considérées, ce qui peut restreindre certains résultats. La considération simultanée des divers facteurs dans un modèle nécessite, donc, d'une réflexion, sur la façon dont ils interagissent dans la fonction de production, entraînerait, sans doute, des problèmes de robustesse encore plus significative que celles qui existent dans les modèles actuels.

3. Les SI - systèmes d'innovation

3.1. Considérations génériques

Selon Bruno Amable (2001), la notion de Système d'Innovation (SI) réunit diverses tentatives d'incorporer des éléments institutionnels dans l'analyse économique du changement technique, l'architecture des systèmes scientifiques, l'origine de l'innovation technologique. Le point commun de départ à l'ensemble des investigations quant au SI s'inscrit dans le refus de la conception de l'innovation comme un processus de décision individuel indépendant de l'environnement pour se baser sur une conception d'auteurs insérés dans diverses institutions. Selon les études des systèmes d'innovation, on considère des systèmes plus ou moins larges depuis des systèmes très simples basés sur des intersections minimales entre les agents du processus d'innovation, jusqu'à des systèmes qui considèrent une vaste gamme d'influences sur le comportement des agents économiques. Cette indétermination relative pose, fondamentalement, un problème théorique de délimitation du système. L'approche en termes de systèmes d'innovation est importante, parce que cela permet de surmonter une vision déjà dépassée (système de changement technique qui se déroule dans une séquence linéaire et une vision strictement économique qui à peine voyait l'innovation comme le résultat d'un investissement d'entreprises) et parce que cela réintègre l'innovation dans l'économie (et dans la société). Un des problèmes évoqués antérieurement concerne la délimitation des

frontières du système. En effet, il s'agit d'une question importante pour situer l'analyse des SI, soit strictement dans le domaine de l'analyse de mutation technique ou alors dans le contour des analyses institutionnelles plus généralistes de l'économie.

Pour Keith Smith (1998), il existe trois sources conceptuelles de l'approche des SI :

- la prise des décisions économiques émerge des fondements institutionnels ;
- l'avantage compétitif (des nations) se consolide sur la spécialisation des économies;
- la connaissance technologique résulte de l'apprentissage interactif, ce qui renvoie à des "bases de connaissance" distinctes en fonction des agents.

Pour Amable (2001), le premier élément est significatif, parce qu'il permet d'insérer l'ensemble des recherches sur les systèmes nationaux d'innovation (SNI) dans la ligne des études institutionnalistes sur l'économie. Le deuxième élément souligne la contribution des SI en termes de compétitivité externe et de spécialisation industrielle dans l'analyse des trajectoires nationales. Le dernier élément intègre les approches en termes de SI dans l'économie évolutionniste.

Les origines des SI se situent au carrefour de l'économie de changement technique et de l'analyse des politiques techniques. Ainsi, il ne faut pas considérer comme étrange l'importance conférée aux institutions directement associées au processus d'innovation et à l'accumulation de connaissance, qui se trouvent assujettis à l'influence des politiques publiques. Toujours selon Amable, "La conception fondamentaliste du SI reste concentrée autour des activités strictement scientifiques. C'est cette conception qui est la plus répandue, rassemblant les activités communément et explicitement liées à l'innovation".

Lundvall (1992) distingue deux conceptions différentes des SI:

- la conception « stricte » qui se limite aux domaines de la science, de la recherche, de la technique et dans certains cas, l'éducation;
- la conception « large » qui s'étend à toutes les structures économiques et institutionnelles affectant le système de production et d'innovation.

Ainsi, la conception stricte n'étudie que le système scientifique et technologique. De cette façon, elle sous estime les facteurs déterminants et les conséquences de l'innovation en dehors de ce domaine. Les partisans de cette conception tendent à diminuer l'importance des institutions et l'influence "macroéconomique", et, à privilégier les chaînes d'intersection plus localisées, régionales ou intersectorielles.

La conception large, en étudiant les facteurs déterminants d'innovation, incorpore les influences qui ne sont pas seulement liées au domaine de la science et de la technologie. Cette approche permet d'intégrer la culture, les coutumes, les traditions nationales, les législations, etc. Il est alors plus adéquat de parler d'un système national d'innovation (SNI) au lieu d'un système local construit autour de certains réseaux ou de certaines entreprises.

L'approche élargie des SI a des répercussions sur le type de travaux empiriques. L'hypothèse la plus importante indique que les différences structurelles nationales ont un

rôle dans la façon d'aborder l'innovation, la compétitivité, la spécialisation du secteur et la croissance. Cela implique, du moins, un raisonnement en deux étapes:

- la technologie, ou plus généralement, l'accumulation des connaissances ou de compétences, est organisée de façon différente, selon les pays;
- l'innovation, et plus généralement, le changement technique et l'accumulation de connaissances, sont les principaux facteurs qui influencent la compétitivité des entreprises, des secteurs, des régions et des nations.

La conception que nous partageons (conception large) sera celle que nous développerons plus loin quand nous nous pencherons sur les SNI. L'idée des SI est très récente, c'est après les années 80 que nous assistons à son apparition. Elle s'enracine dans les travaux de Freeman (1987), Lundvall (1992) et Nelson (1993). Plus récemment Edquist (1997) a défini le SI comme "tous les importants facteurs économiques, sociaux, politiques et organisationnels et autres qui influencent le développement, la diffusion et utilisation des innovations". Cela signifie que les SI concernent les facteurs déterminants des innovations, et non seulement ses conséquences (en termes de croissance, emploi, conditions de travail, etc.). Il a caractérisé l'apparition de l'idée des SI en neuf dimensions. De celles-ci, peut-être la plus importante, est celle qui retient que les innovations sont normalement interprétées comme le résultat de l'apprentissage, qui est interactif (entre les organisations). Dans cette approche, en effet, les entreprises sont créées, généralement, par des innovations isolées. Une autre importante caractéristique est celle qui stipule que les institutions sont considérées comme des éléments fondamentaux dans toutes les conceptions du SI (nous verrons cet aspect plus loin).

3.2. Systèmes d'innovation et théorie économique

Les économies néoclassiques se concentrent sur les problèmes de l'affectation dans un contexte d'équilibre général. La perspective primordiale est que les agents s'engagent à effectuer des choix rationnels et ont certaines préférences, l'une étant l'information, y compris un certain stock de connaissances techniques publiquement partagées. Cette perspective théorique basée sur le fait qu'il n'existe pratiquement pas l'incertitude, est adéquate pour une analyse d'équilibre partiel. Elle est moins appropriée pour l'analyse du développement économique.

Ainsi, quand l'objectif de l'analyse est la compréhension du développement économique, le processus d'innovation doit être en lui-même considéré. Dans cette perspective, la capacité d'apprentissage devient plus importante par rapport à l'information et à la connaissance dont les agents disposent. En effet, dans un monde en rapides mutations, un agent possédant la connaissance et l'information se verra dépassé par ses concurrents s'il n'a pas de capacité d'apprentissage, non seulement pour faire des choses nouvelles, mais aussi pour s'adapter à de nouvelles situations et obtenir de nouvelles informations.

Un présupposé de base sous-jacent au concept du SNI consiste à modifier la perspective analytique de l'innovation et la prise en considération de l'apprentissage.

Tableau 3.1 La perspective évolutionniste du SNI

	Répartition	Innovation
Choix rationnel	Économie néoclassique	Gestion de l'innovation
Apprentissage	Économie autrichienne	Économie évolutionniste

Source : Éditorial 7, Research Policy, 31 (2002), p. 185-190

Nous dégageons ainsi que la perspective d'apprentissage peut être aussi appliquée à la répartition. C'est le cas par exemple de certaines contributions autrichiennes où l'entrepreneur, en liaison avec le processus de marché, obtient un profit au moyen de l'exploitation de « l'ignorance » qui sépare les fournisseurs des utilisateurs (Kierzner, 1979). On remarque également que quelques aspects du processus d'innovation ont été abordés dans une perspective néo-classique de choix rationnel, comme, par exemple, la sélection des projets de R&D. De cette façon, c'est seulement quand l'innovation et l'apprentissage se combinent dans une perspective analytique que nous nous éloignons des limites du paradigme néo-classique.

L'approche du SNI est critiquée lorsque l'on se place du point de vue de la supériorité générale des marchés purs et du maximum de flexibilité, surtout en ce qui concerne les conditions de travail, les marchés du travail, les relations industrielles et inter entreprises qui englobent l'autorité, la loyauté et la confiance, lorsqu'on sait qu'elles sont nécessaires pour rendre l'apprentissage possible.

Edquist (1997) critique les SI d'après divers aspects, comme par exemple, les concepts utilisés, lesquels sont utilisés de façon inconsistante, peu claire et confuse. On se réfère à ce propos au concept d'institution, lequel est utilisé, aussi bien au sens des acteurs organisationnels qu'au niveau des règles institutionnelles. En outre, les frontières fonctionnelles des systèmes sont définies de façon vague, ainsi que les relations entre les variables. Pour que l'approche des SI tend vers une théorie et puisse inclure plus de relations spécifiques au sujet des relations entre les variables, il serait nécessaire d'augmenter le degré de rigueur et de spécialisation entre les variables. La meilleure façon de faire ceci, selon lui, est d'avoir recours à la recherche empirique et comparative.

En outre, nous identifions d'autres faiblesses des SI. Nous savons très peu de choses au sujet des facteurs déterminants d'innovation, même s'il s'agit d'une faiblesse générale des études d'innovation et pas seulement de cette approche. C'est que cette approche sous estime d'autres sortes de processus d'apprentissage, au-delà de ceux qui conduisent à des innovations d'une façon directe et immédiate. Cette approche des SI néglige amplement l'apprentissage individuel lié à l'éducation. Nous espérons, dans ce travail, combler cette lacune.

3.3. Systèmes et analyse de systèmes

Les entreprises ne font pas d'innovation de manière isolée et les institutions sont fondamentales pour le processus d'innovation. Pour rendre la notion du SI plus opérationnelle, on doit augmenter le degré de rigueur et de spécialité de l'approche. Commençons par la notion de système. Carlsson *et al* (2002) se réfère à la notion de système des ingénieurs comme un ensemble de composantes inter liées qui opèrent pour atteindre un objectif commun : « les systèmes sont constitués par des composantes, des relations entre celles-ci et les attributs ». Les composantes sont les parties opératives du système. Elles peuvent assumer une variété d'agents: acteurs et organisations, individus, entreprises, banques, universités, instituts de recherche, agences de politique publique. Elles peuvent être des artefacts physiques ou technologiques. Elles peuvent être aussi des institutions sous la forme de législation, des lois réglementaires, des traditions ou des normes sociales.

Les relations sont les liens entre les composantes. Les propriétés et le comportement de l'ensemble influencent les propriétés et le comportement de l'ensemble comme un tout. Simultanément, chaque composante dépend des propriétés et du comportement d'au moins un autre composant dans l'ensemble. A cause de cette interdépendance, les composants ne peuvent pas être subdivisés en sous-ensembles indépendants; le système est plus que la somme des parties. Les relations englobent aussi bien les liens marchands que les liaisons hors du marché. La réalimentation (feedback) est ce qui rend le système dynamique. Cela dit d'une autre façon, plus grande sera l'interaction entre les éléments du système, plus grand sera son dynamisme. Une conséquence de l'interaction entre les acteurs est celle qui concerne les capacités qui se déplacent et grandissent au long du temps et par conséquent les attributs représentent les propriétés des composantes et, les relations entre eux caractérisent le système. En d'autres mots, les caractéristiques fondamentales pour la compréhension du système sont reliées à la fonction servie par le système, ainsi que les dimensions par lesquelles celui-ci est analysé. La fonction d'un système d'innovation est celle de produire, diffuser, utiliser la technologie. Donc, les principales caractéristiques du système sont les capacités des acteurs pour créer, développer et utiliser des technologies ayant une réelle valeur économique.

Carlsson et Eliasson (1994) définissent la compétence économique (ou techno économie) comme la capacité pour identifier et exploiter des opportunités d'affaires. Cela englobe quatre types de capacités :

- la capacité sélective (ou stratégique), c'est-à-dire la capacité de faire des choix innovateurs de marchés, produits, technologies et de structures organisationnelles ; il s'agit de s'engager dans des activités d'entreprise et de sélectionner un personnel clef et acquérir des ressources fondamentales, englobant de nouvelles compétences ;
- la compétence économique ou techno économique est la compétence organisationnelle (intégrative ou coordonnatrice) et la principale fonction de gestion moyenne dans une organisation ;
- l'habileté fonctionnelle ou technique qui englobe l'exécution efficiente de diverses fonctions à l'intérieur du système pour exécuter des technologies et les utiliser efficacement dans le marché ;

- la capacité d'apprentissage, la capacité pour apprendre, aussi bien avec le succès qu'avec l'échec, pour identifier et corriger les erreurs, lire et interpréter les signes du marché et effectuer les actions appropriées et diffuser une technologie au long du système.

Les propriétés dynamiques du système, la robustesse, la flexibilité, la capacité d'engendrer le changement et répondre aux mutations dans l'environnement sont des attributs principaux.

3.4. Les principales composantes des systèmes d'innovation

Il semble exister un certain accord pour considérer les organisations et les institutions comme les principales composantes du système d'innovation (SI). Toutefois, la spécification de ces composantes diverge selon le système. Les premiers travaux relatifs aux SI envisageaient les institutions comme des structures et des activités cognitives, normatives et régulatrices. Ainsi, alors que le "nouvel" institutionnalisme tend à se centrer sur les domaines cognitifs, le "vieux" institutionnalisme, à son tour, tend à influencer les aspects normatifs et régulateurs. Une autre caractéristique du "nouvel" institutionnalisme s'inscrit dans la tendance à effectuer la division conceptuelle entre "institutions" et "organisations". Les approches des systèmes d'innovation (SI) peuvent être analysées en termes d'utilisation du concept institutions. L'approche des SNI est très concentrée sur le règlement comme moyen de comprendre les institutions. La définition des institutions beaucoup citée est celle qui a été formulée par Johnson (1992), (voir aussi Johnson 1998 et Edquist et Johnson 1997) : "Les institutions sont des ensembles d'habitudes, routines, règles entre les agents, qui modèlent l'interaction humaine. En réduisant l'incertitude, et par conséquent la quantité d'information nécessaire pour l'action individuelle et collective, les institutions sont les principaux éléments blocs constructeurs dans toutes les sociétés ». Les organisations sont des structures créées consciemment avec un objectif explicite.³

Certaines organisations importantes au sein du SNI sont des entreprises (qui peuvent être des fournisseurs, clients ou concurrents relativement aux autres compagnies), des universités, des organisations de capital de risque et des agences publiques de soutien à l'innovation publiques. Les institutions sont des ensembles d'habitudes communes, routines, pratiques établies, ou lois qui règlent les liaisons et interactions entre les individus, groupes et organisations (Edquist et Johnson, 1997). Ce sont les règles du jeu. Comme exemples d'institutions importantes dans les SNI, ils indiquent les lois sur les brevets et règles qui influencent les relations entre les universités et les entreprises.

L'approche des systèmes technologiques envisage les institutions comme une combinaison de structures et d'actions normatives et régulatrices. Carlsson & Stankiewicz (1995) définissent les institutions comme des "structures normatives qui promeuvent des

³ Bien qu'il existe d'autres types d'acteurs, outre les organisations, par exemple les individus.

modèles stables d'interactions/transactions indispensables pour la réalisation de fonctions vitales de la société". L'infrastructure institutionnelle du système technologique désigne un ensemble d'arrangements institutionnels (aussi bien en termes de régime que d'organisations). Cette approche diffère des deux autres que nous sommes en train de traiter, étant donné que le concept d'institutions recouvre aussi bien les visibles que les abstraites.

En dernier lieu, l'approche des systèmes sociaux de production et d'innovation définit un système comme un ensemble d'institutions, routines et structures qui gouvernent le processus d'innovation et la diffusion de changement technique dans un contexte caractérisé par des externalités et les effets d'apprentissage. (Amable *et al*, 1997). Ici, il y a une claire séparation entre les "institutions " et les "organisations", les dernières sont définies comme "des structures de pouvoir et une collection de routines pour dépasser les échecs de la coordination entre les agents ou le comportement opportuniste" (Boyer, 1996, cité in Amable *et al* 1997).

Ainsi, ces trois approches des SI tendent à être institutionnalistes, "vieilles" dans la mesure où elles ne se centrent pas sur les aspects cognitifs. Il convient d'évoquer les relations entre les principaux concepts du SI. Etant donné que les SI envisagent l'innovation comme le résultat des processus d'apprentissage systémiques interactifs, les interactions entre les différentes organisations sont fondamentales dans ces processus d'apprentissage. Ces relations peuvent être marchandes, ou être hors du marché. En effet, les marchés coordonnent les transactions. Ils ne fonctionnent pas facilement pour l'échange de connaissances. Or, les processus d'apprentissage qui sont interactifs entre les organisations se réfèrent aux échanges et à la collaboration en termes de connaissance, lesquels ne sont pas facilement réalisés par les transactions de marché. Les relations entre les organisations et les institutions sont importantes pour les innovations et pour le fonctionnement des SI. Les organisations sont fortement influencées et modelées par les institutions. Les organisations sont insérées dans un environnement institutionnel ou ensemble de règles, qui incluent le système légal, les normes, les modèles, etc. Mais, à leur tour, les institutions sont aussi implantées dans les organisations. A ce sujet, nous pouvons indiquer les pratiques spécifiques des entreprises en ce qui concerne les relations entre dirigeants et salariés. Une autre forme de connaissance entre les organisations et les institutions se réfère aux cas de quelques organisations qui créent directement des institutions. Nous avons, par exemple, les organisations qui créent des modèles et les organisations publiques qui formulent et exécutent des règles, qu'on appelle politiques d'innovation. (Edquist, Johnson 1997). Les institutions peuvent être aussi un moyen pour la création d'organisations ; c'est le cas, par exemple, quand un gouvernement élabore une loi qui conduit à l'établissement d'une organisation. Il peut également exister des interactions importantes entre les différentes institutions, comme par exemple, entre les lois sur les brevets et les règles informelles relatives aux échanges d'information entre entreprises.

En somme, les relations entre les organisations et les institutions sont très complexes et se caractérisent, généralement, par la réciprocité. La concentration, dans ce type de relations, sur les composantes, constitue le principal avantage du choix des SI.

3.5. Taxonomies d'innovation

L'approche des SI se centre initialement sur le changement technologique et non sur l'innovation. Pour identifier les facteurs déterminants et, par conséquent, spécifier les frontières du système, il devient nécessaire de clarifier ce qu'est l'innovation dans la perspective des SI. Nous allons ici adopter la typologie d'Edquist (2001).

Les innovations sont des créations ayant une valeur économique, réalisées par les entreprises, ou parfois, par les individus. Elles sont le plus souvent de nouvelles combinaisons d'éléments existants (Edquist, 1997).

3.6. Les principales fonctions des SI

Il n'est pas suffisant d'identifier les principales composantes des SI et les interrelations qui s'établissent. Il faut aussi nous concentrer sur ce qui arrive dans les systèmes. Une manière de le faire consiste à opérer avec les "activités" ou les "fonctions" dans les systèmes.

Edquist (1997) se réfère à la fonction de R&D dans les SI et a affirmé que cette fonction peut être dédagée par différentes organisations ou acteurs, tel que les instituts de recherche, les unités de R&D des entreprises ou universités.

Johnson (2001) insiste sur le fait que les systèmes n'ont pas été créés pour remplir les fonctions que les chercheurs leur attribuent, et que les acteurs du systèmes n'agissent pas en fonction d'objectifs systémiques, mais en fonction d'objectifs individuels. De toute façon, la perspective fonctionnaliste n'est pas totalement absente, étant donné que le système est défini relativement à sa cohérence interne. L'intervention publique est pensée en des termes qui supposent qu'il est possible de changer le système, dans la mesure où celui-ci possède une aptitude à remplir les diverses fonctions. L'avantage de cette approche est qu'elle permet une définition claire des limites de systèmes. La définition des fonctions dans un SI est encore en phase de développement, variant d'un auteur à un autre.

Liu et White (2001) identifient cinq activités fondamentales au sein du SI, à savoir :

- Recherche (fondamentale de développement et ingénierie) ;
- Implantation (manufacture) ;
- Finalité(s) de l'usage (les clients du produit ou outputs du processus) ;
- Système de liaison (réunissant conjointement la connaissance complémentaire ;
- Éducation.

Johnson et Jacobsson (2000) soulignent que « l'ensemble des fonctions, par exemple,

l'offre des ressources doit être remplie pour entraîner la croissance d'une industrie ». Ils suggèrent qu'on peut évaluer le «dégagement» d'un système d'innovation en vérifiant sa « fonctionnalité », c'est-à-dire la façon dont les fonctions sont distribuées.

Pour Johnson et Jacobsson, les fonctions sont au nombre de cinq :

- Créer de nouvelles connaissances ;
- Guider l'orientation de processus de recherches ;
- Fournir les ressources (capital, compétence et autres) ;
- Faciliter la création de facteurs externes positifs (notamment le mode d'échange de l'information, de la connaissance et de l'imagination) ;
- Faciliter la formation des marchés.

Finalement, pour Johnson (2001), les fonctions sont :

- Inciter les entreprises à innover ;
- Fournir les ressources ;
- Guider la recherche, donner les direction de recherche ;
- Reconnaître le potentiel de croissance ;
- Faciliter les échanges d'information et de connaissances ;
- Stimuler/créer les marchés ;
- Réduire l'incertitude globale ;
- Agir contre les résistances au changement.

Rickne (2000) discute la « fonctionnalité » que chaque espèce d'acteur peut prendre en considération pour les entreprises basées sur de nouvelles technologies. Le degré dans lequel ces fonctions peuvent être atteintes, est envisagé comme un indicateur de soutien à l'innovation des entreprises n'importe quel système d'innovation.

Pour Rickne (2000), les fonctions d'un SI sont les suivantes :

- Développer le capital humain ;
- Créer et diffuser les opportunités technologiques ;
- Créer et diffuser les produits (nouveaux) ;
- Incuber (les nouvelles techniques) ;
- Développer (la technologie) ;
- Faciliter la réglementation (par l'établissement de standards techniques) ;
- Légitimer la technologie et la firme ;
- Créer le marché et diffuser la connaissance du marché ;
- Diriger la technologie, le marché et la recherche de partenaires ;
- Faciliter l'établissement de réseaux ;

- Faciliter le financement (de l'innovation) ;
- Créer le marché du travail.

3.7. Les frontières des systèmes d'innovation

Bien que les principaux composants et fonctions des SI soient les éléments les plus importants, on ne peut pas mettre de côté les frontières des systèmes. En effet, la distinction entre ce qui est à l'intérieur du système et ce qui est en dehors de lui, est fondamental, et est, par exemple, nécessaire, quand on prétend effectuer des études empiriques spécifiques au sujet du SI, au niveau national, régional ou sectoriel. Une façon d'identifier les frontières des SI consiste à déterminer les causes des circonstances déterminantes de l'innovation.

La spécification du SI est à peine une des diverses hypothèses. Edquist (2001) énumère plusieurs fortes raisons pour parler en termes de systèmes nationaux. L'une réside dans le fait que les nombreuses études de cas référés dans le travail de Nelson (1993) montrent qu'il existe des différences accentuées entre plusieurs systèmes nationaux au sujet du cadre institutionnel, investissement en R&D et dégagement. Une autre raison très importante renvoie à la plus grande partie des politiques publiques qui influencent le processus innovateur ou l'économie. Elles fonctionnent comme un tout et continuent à être conçues et mises en pratique au niveau national. L'importance des SI réside dans le fait que ceux-ci permettent d'assimiler l'importance des aspects politiques et de la politique des processus d'innovation. Il ne s'agit pas seulement d'une délimitation géographique ; l'État et le pouvoir dont il est investi sont des facteurs importants.

Pour Edquist (2001), les SI peuvent être supranationaux, nationaux et infranationaux (régionaux, locaux), et, en même temps, ils peuvent être sectoriels dans chacune de ces démarcations géographiques. Ainsi, les systèmes nationaux, régionaux et sectoriels de l'innovation peuvent être vus comme trois variantes d'une approche générique des SI. On peut alors effectuer une généralisation à partir de l'approche nationale initiale. La délimitation du SI (spatiale ou sectorielle, ou toutes les deux) dépend de l'objet d'étude.⁴

Il existe trois façons d'identifier les frontières des SI :

- | | |
|--------------------------------------|----|
| Au niveau de l'espace géographique ; | 1. |
| des secteurs ; | 2. |
| des fonctions. | 3. |

Délimiter les frontières spatiales est une tâche assez facile, bien qu'elles ne soient pas exemptes de problèmes. Ces frontières doivent être définies par les systèmes régionaux et nationaux et parfois, par les sectoriels. Le problème des frontières géographiques est parfois plus difficile pour un SI régional que pour un SI national.

⁴ Un complexe industriel (cluster) cité par Porter (1990) est envisagé comme un système (SI) sectoriel et régional, (Edquist, 2001).

Les SI sectorielles sont généralement délimités par des branches technologiques spécifiques (technologies génériques) ou domaines de produit. Les systèmes technologiques appartiennent à cette catégorie.

Pour Carlsson *et al* (2002), quand l'intérêt est porté à un groupe de produits, notamment verticalement reliés, comme cela arrive fréquemment dans le contexte des SI ou dans le « diamant » de Porter, la délimitation ne semble pas être un problème difficile et de cette façon peuvent être utilisés des modèles industriels et des classifications de commerce (Porter, 1990). Un exemple serait le travail de 1995 de cet auteur au sujet de l'automation des usines. En outre, si on prétend inclure une grappe de entreprises relationnelles, il se pose toujours le problème de savoir où se trouve la frontière du système.

Pour Carlsson *et al* (2002), délimiter le système technologique est plus difficile quand le niveau d'analyse est restreint à une technologie spécifique. Toutefois, dans le domaine délimité géographiquement, le système socio-économique global peut ne pas être considéré inclus dans le SI. Il se pose alors la question de savoir quelles parties doivent y être englobées. Il s'agit alors de définir les frontières fonctionnelles des SI. Celles-ci doivent être définies pour toutes les espèces de SI, et ceci est plus compliqué que dans les cas des frontières spatiales et temporaires.

Edquist (2001) affirme que, si les SI n'ont pas une dimension globale, ils doivent être délimités, aussi bien fonctionnellement que géographiquement ; parfois, ces frontières sont aussi délimitées d'un point de vue sectoriel.

3.8. Les fondements évolutionnistes de l'approche des SI

Les SI ont des caractéristiques évolutionnistes ; en effet, les processus d'innovation dépendent fréquemment de leur trajectoire au cours du temps. Les implications de cette perspective sont très importantes pour la compréhension des processus d'innovation, ainsi que pour la définition et l'implantation de la politique d'innovation.

Comme les innovations arrivent dans n'importe quelle partie du système, avec une amplitude plus ou moins grande, à cause du caractère évolutionniste des processus d'innovation, un SI n'atteint jamais l'équilibre. De cette façon, nous ne savons pas quelle est la meilleure trajectoire. Donc, nous ne pouvons pas spécifier un SI idéal. Par conséquent, contrairement à ce qui se fait avec l'approche des « échecs » du marché dans la théorie économique traditionnelle, nous ne pouvons pas considérer un SI existant comme un idéal. Cela signifie que cette approche manque de signification et d'applicabilité dans ce contexte. Au lieu de cela, l'approche des SI s'inscrit dans les comparaisons des systèmes existants.

3.9. Systèmes d'innovation ou systèmes d'apprentissage?

Une faiblesse dans l'approche des SI consiste à nier partiellement d'autres types d'apprentissage et à minimiser les processus d'innovation. En effet, les innovations de processus et de produit sont la conséquence des processus d'apprentissage, tels que R&D, *learning-by-doing*, *learning-by-using*, et *learning-by-interacting*. Normalement, ce sont les entreprises qui contrôlent ces processus d'apprentissage ; pour cela, nous les désignons des « apprentissages organisationnels ». Ces études empiriques au sujet de l'innovation analysent ce type d'apprentissage. Cependant, il existe d'autres types d'apprentissage organisationnel qui, souvent, ne sont pas considérés dans les études sur l'innovation. C'est, par exemple, le cas de la construction des routines dans la firme, la création de manuels, la construction de base de données, etc.

En outre (Edquist, 2001), l'approche des SI néglige en grande partie l'apprentissage sous la forme d'éducation. Une exception importante à ce sujet sont les travaux de Lundvall (1992) et du groupe d'Aalborg. L'ambition de Lundvall est contenue dans un autre travail en 2000 appuyé par le Centre pour la Recherche Educationnelle et l'Innovation (OCDE, 2000).

Une autre étude récente de cet organisme (OCDE, 2001) inclut une « armure » conceptuelle qui prétend intégrer l' « Innovation » et l' « Education » dans le cadre conceptuel de l'apprentissage, ainsi que les études empiriques au sujet de l'éducation et de l'innovation pour la croissance économique au niveau régional.

À notre tour, nous prétendons donner une modeste contribution, afin que soit conférée une plus grande importance à l'éducation pour l'innovation, ce qui est déjà fait dans certains écrits au sujet des systèmes d'innovation. Edquist (2001) estime que des études approfondies sur l'éducation n'ont pas été suffisamment faites dans le contexte des SI. L'éducation doit être conçue comme un « apprentissage individuel », parce que le processus crée du capital humain, contrôlé par les individus. Il devient alors important de mettre en rapport les innovations, tel qu'elles sont comprises dans l'approche des SI, et l'apprentissage individuel (éducation).

En somme, il est important de développer la perspective des SI. Ainsi, nous devons nous appuyer non seulement sur ces processus d'apprentissage qui conduisent d'une façon directe aux innovations, mais aussi, d'une façon générale, sur l'infrastructure de la connaissance. Cela signifie surmonter l'approche des SI et nous déplacer au long des « Systèmes d'Apprentissage », au lieu des « Systèmes d'Innovation ». Les Systèmes d'Apprentissage devraient inclure l'apprentissage individuel (qui conduit au capital humain), mais aussi l'apprentissage organisationnel (qui conduit à la création du capital organisationnel). On affirme de plus en plus que la connaissance (voir Chapitre 5) est un élément très important dans l'économie moderne (Lundvall, 1992). Ainsi, la connaissance en forme de capital humain et de capital organisationnel devient plus importante que le

capital physique (machines et bâtiments). Nous arrivons à dire que l'économie pourrait/devrait opérer d'autre façon.

3.10. L'état et les systèmes d'innovation

Comme on l'a déjà souligné, il manque une composante au sujet du rôle de l'État. Il s'agit d'une faille importante, puisque l'État et ses agences sont des éléments déterminants de l'innovation dans n'importe quel SI. Effectivement, beaucoup de lois et règles, qui influencent le processus d'innovation, sont édictées par l'État. Pour Edquist (2001), la composante au sujet du rôle de l'État dans l'approche du SI devrait inclure les mécanismes au moyen desquels l'État influence le SI (par exemple, la politique d'innovation), mais aussi le reste du système.

3.11. La politique d'innovation et les implications politiques de l'approche des SI

La politique d'innovation est l'action publique qui influence le changement technique et d'autres formes d'innovation. Elle englobe des éléments de politique de R&D, la politique technologique, la politique d'infrastructures, la politique régionale et la politique éducative. Cela revient à dire que la politique d'innovation est beaucoup plus significative que la politique de la science et de la technologie. La question fondamentale pour l'élaboration de la politique publique d'innovation se réfère au rôle qui doit être dégagé, d'un côté, par l'État, et, de l'autre, par le rôle des marchés et des entreprises. Pour qu'il y ait intervention publique dans une économie de marché, deux conditions doivent être satisfaites, à savoir :

le mécanisme de marché et les entreprises ont des difficultés à concrétiser les objectifs formulés ; 1.

L'État et ses agences doivent avoir la compétence pour résoudre de tels problèmes. 2.

Pour concevoir des instruments de politiques d'innovation adéquates, on doit connaître les principales causes sous-jacentes aux problèmes identifiés. Dans le cadre des SI, cela signifie qu'il y a des défauts dans le fonctionnement du système. Edquist (2001) les désignent par « fautes du système » et il en évoque quatre :

- Des fonctions peuvent manquer ou être inadéquates dans les SI ;
- Des organisations peuvent manquer ou être inadéquates ;
- Des institutions peuvent manquer ou être inadéquates ;
- Des interactions peuvent manquer et les liens entre les éléments dans le système

d'innovation peuvent être inadéquats.

L'identification du problème devrait encore être complétée par une analyse au sujet de ses causes, constituant ainsi une base analytique pour la conception d'une politique d'innovation. Toutefois, les analyses concrètes et empiriques sont indispensables pour les enjeux et la conception des politiques d'innovation spécifiques.

3.12. Les enjeux et l'implantation de la politique d'innovation

On a discuté plus haut la politique d'innovation appuyée sur la connaissance au sujet des processus d'innovation, mais il existe d'autres facteurs au-delà de ceux-ci qui peuvent influencer la politique d'innovation de l'État. On peut argumenter que l'imitation est un mécanisme usuel de la politique. Cela arrive dans de nombreux pays. Il existe, par exemple, des programmes technologiques nationaux relatifs aux technologies d'information, aux matériaux nouveaux et biotechnologiques. La conséquence de tout cela est que les variations dans les caractéristiques nationales entre les pays sont souvent négligées. Un autre mécanisme important sous-jacent à la formulation et à l'implantation des politiques d'innovation est le lobbying. Les entreprises privées, les agences gouvernementales et les autres organisations agissent fréquemment avec l'objectif d'influencer les politiques d'innovation de telle façon que celles-ci soient conçues et mises en pratique dans leur propre intérêt (Edquist, 1994).

3.13. Bref aperçu des diverses approches des systèmes

Nous mettons ici en évidence les étapes historiques de construction des différents systèmes d'innovation.

Comme on le sait, les SI possèdent deux dimensions, interdépendantes et qui se développent conjointement : la structure économique du système et l'arrangement institutionnel. Le cadre input/output fait une première approche pour cartographier la structure économique. De cette façon, ils peuvent être utilisés comme instrument dans l'analyse des SI pour dessiner la base structurale de l'innovation. Pour Lundvall, la matrice d'innovation « peut être vue comme un important pas dans la direction d'une approche intégrée par l'analyse des SI ».

Une autre ancienne approche est celle des « blocs de développement », tels qu'ils ont été définis par Dahmén (1950). Ce sont des séquences de complémentarités qui, à travers des ensembles de tensions structurelles ou des déséquilibres, peuvent amener une situation équilibrée (Dahmén, 1989). L'idée de base sous-jacente est que les

nouvelles opportunités, engendrées par l'innovation, peuvent ne pas être matérialisées, c'est-à-dire être converties en activité économique jusqu'à ce que les ressources, capacités et marchés de produit puissent opérer. Chaque innovation crée ainsi une « tension structurelle », qui rend le progrès possible lorsqu'elle est résolue, pouvant produire de nouvelles tensions qui, si elles ne sont pas résolues, pourraient interrompre le processus. Alors que l'analyse input/output est statique, le concept dynamique de Dahmén représente une des premières tentatives d'application d'analyse schumpétérienne. En effet, elle incorpore la notion de déséquilibre et se centre sur le rôle de l'entrepreneur. Le produit du système, en plus de s'agrandir au long du temps, varie aussi de caractère et de contenu.

Beaucoup plus tard, surgit une troisième approche qui est amplement connue comme Systèmes Nationaux d'Innovation (Freeman, 1988 ; Lundvall, 1988, 1992 ; Nelson, 1988, 1993 ; et autres). Celle-ci est l'approche que nous analyserons plus dans le prochain chapitre. Le cadre dépasse l'analyse du système input/output pour englober non seulement les industries et les entreprises, mais aussi d'autres acteurs et des organisations liées aux domaines de la science et de la technologie, ainsi qu'à la politique technologique; l'analyse est faite au niveau national. Les activités de R&D, le rôle des universités, des laboratoires de recherche et des agences gouvernementales sont les composantes d'un système national global, de même que leurs relations qui sont à prendre en considération. En raison de la dimension et de la complexité du système, l'insistance sur l'analyse empirique dans les études effectuées est principalement statique, quoique rien n'empêche qu'elle puisse être plus dynamique.

L'autre approche est celle du « diamant » de Porter décrite dans le livre qui a été publié en 1990 (l'Avantage Compétitif des Nations). Les quatre côtés du diamant sont les conditions factorielles (capacités, technologies, etc.), les conditions de recherche et surtout la « recherche compétente » représentée, par exemple, par les clients techniquement sophistiqués, les liaisons avec les industries de support et en rapport, et la stratégie des entreprises, structures et concurrence. Chaque activité économique est vue, fondamentalement, comme une industrie, mais fait partie aussi d'une grappe d'activités et d'agents au lieu de se réaliser de façon isolée. Dans l'espoir d'éclairer ce sujet, Porter souligne fortement le rôle de la concurrence parmi les acteurs dans les industries et supprime les interactions non mercantiles de l'industrie. De cette façon, la définition du système est plus étroite que celle de l'approche des SI. À nouveau, le principal foyer est statique ou dans une analyse de statique comparative.

Une contribution semblable est représentée par les « systèmes sectoriels d'innovation » (Breschi et Malerba, 1997 ; voir aussi Malerba et Orsenigo, 1990, 1993, 1995). La définition de système est inscrite dans l'« Industrie » ou dans le « Secteur ». Mais au lieu de se centrer sur l'interdépendance au sein des grappes de l'industrie, les systèmes sectoriels d'innovation reposent sur l'idée que les différents secteurs ou industries fonctionnent sous divers régimes technologiques, lesquels sont caractérisés par des combinaisons spécifiques d'opportunité et technologiques, de degré d'accumulation de connaissance technologique et de caractéristiques des connaissances fondamentales de base. Ces régimes peuvent se modifier au long du temps, rendant l'analyse dynamique, ou se centrer sur les relations de concurrence entre les entreprises

et considérer expressément le rôle de la sélection d'environnement.

Malerba, dans un travail de 2002, définit les systèmes sectoriels de production et d'innovation comme un ensemble de produits nouveaux et existants pour certains usages et comme un groupe d'agents qui effectuent des interactions de marché et en dehors de lui pour la création, la production et la vente de ces produits. Les agents qui composent le système sectoriel sont les organisations et les agents individuels. Les organisations peuvent être des entreprises (par exemple, les utilisateurs, producteurs et fournisseurs des inputs) ou bien d'autres types d'entités (universités, institutions financières, agences gouvernementales, etc.), et elles englobent des sous unités de grandes organisations (exemple : les départements de production et de R&D) et des groupes d'organisations. À leur tour, les agents sont caractérisés par des processus d'apprentissage spécifiques, des compétences, des besoins, des objectifs, des structures organisationnelles et des comportements. Ils interagissent au moyen de processus de communication, d'échange, de coopération, de concurrence et leurs interactions concernent les institutions.

La notion de système sectoriel de production et d'innovation s'inscrit essentiellement dans la théorie évolutionniste et dans certains aspects de l'approche des systèmes d'innovation. Cela part du concept traditionnel du secteur utilisé dans l'Économie Industrielle. Il souligne aussi bien interactions marchandes que non marchandes, et se centre sur les processus de transformation du système et ne considère pas les frontières sectorielles comme stables.

Une autre définition de système est construite autour du concept de systèmes locaux industriels, tel qu'ils sont représentés dans l'étude d'Anna Lee Saxenian (1994) au sujet de l'industrie électronique dans Silicon Valley en Californie, au long de la route 128 dans le Massachusetts. Ici, la définition du système est fondamentalement géographique. L'accent est mis sur les différences, la culture et la concurrence, qui conduiraient à des différences entre deux régions au niveau de la hiérarchie et de la concentration, de l'expérimentation, de la collaboration et de l'apprentissage collectif, qui, à leur tour, provoqueraient des différences dans la capacité d'adaptation aux circonstances mutables dans les technologies et dans les marchés. Ici, l'analyse est dynamique, mais pas dans le sens formel.

Finalement, nous avons l'analyse sur la notion de systèmes technologiques (Carlsson, 1995, 1997). Ce concept rassemble à ceux des « blocs de développement », étant donné qu'il est désagrégé et dynamique. En effet, il existe plusieurs systèmes technologiques dans chaque pays (ce qui diffère alors du SI)⁵, qui se développent au long du temps, notamment le nombre et type de secteurs, les institutions, les relations entre eux variant dans le temps.

Les limites nationales ne constituent pas non plus nécessairement les frontières du système. En outre, la définition du système se centre sur des technologies génériques avec des applications globales dans beaucoup d'industries, se détachant, en cela, de toutes les autres approches.

L'approche des « systèmes sociaux d'innovation et de production » (SSIP) est une

⁵ Carlsson et al (2002, p. 236) envisage le SNI comme un ensemble de systèmes technologiques sectoriels ou régionaux.

tentative de dépasser la distinction entre les conceptions de systèmes d'innovation au sens strict et au sens ample. Il s'agit d'une approche d'ensemble de l'économie qui ne se limite pas seulement aux domaines de la science et de la technologie quand il s'agit d'analyser les institutions pertinentes. En examinant les institutions susceptibles d'influencer le développement économique, nous pouvons ébaucher les caractéristiques de ce que l'on peut désigner, par analogie avec la littérature d'inspiration néo-schumpétérienne, un «système social d'innovation» (Amable *et al*, 1997). Cette manière d'aborder le sujet ne met pas en lumière, dans sa construction théorique, les aires scientifiques et technologiques comme le font les approches élargies des SI mais les institutions importantes liées à la création technologique. Toutefois, cette approche accorde une place spéciale à l'innovation et à la technologie, parce que la compétitivité technologique et, plus généralement, l'insertion dans la division internationale du travail est de bons indices révélateurs de l'ensemble d'interactions entre les structures institutionnelles et les évolutions macroéconomiques. Ils considèrent six sous-systèmes : science, technologie, industrie, système éducatif, relations de travail et système financier, pour analyser la diversité des économies modernes. Au lieu de considérer les fonctions d'un système, l'approche des SSIP examine les inter- liaisons entre les institutions, les formes organisationnelles, les règles qui opèrent à l'intérieur de chaque sous-système. Le concept de référence est ici celui de la complémentarité institutionnelle. Celle-ci signifie que chaque arrangement institutionnel dans un certain domaine renforce son extension ou son fonctionnement au moyen d'autres arrangements institutionnels dans d'autres aires/domaines. Ils cherchent à comprendre de quelle manière certaines configurations à l'intérieur des sous-systèmes se renforcent mutuellement et confèrent une cohérence à l'ensemble en oubliant d'analyser les différences nationales au sein de chaque domaine. De cette façon, ils préfèrent utiliser les termes «systèmes sociaux d'innovation» et «système d'innovation et de production» que «systèmes nationaux d'innovation».

4. Le concept du système national d'innovation (SNI)

Ce chapitre est spécifiquement dédié au concept de système national d'innovation. Il n'a été qu'ébauché dans le précédent chapitre. Il nous servira à mieux ordonner le travail empirique que nous réaliserons dans le cas portugais (chapitre 8).

4.1. Les différentes manières d'aborder les SNI

La notion du SNI s'inscrit dans deux branches de la théorie économique étroitement liées entre elles: la théorie évolutionniste et la théorie néo-institutionnelle.

Selon Balzat (2002), les liaisons entre les théories évolutionnistes du changement technique et les approches systémiques de l'innovation proviennent fondamentalement des présupposés théoriques ou intérêts de recherche, à savoir :

- | | |
|---|----|
| Aussi bien dans la recherche sur les SNI que dans l'économie évolutionniste, les activités innovatrices sont au centre de la recherche. | 1. |
| Le changement technique est traité dans les deux cas comme un processus endogène, ce qui signifie que les innovations proviennent du système. | 2. |

Les processus d'apprentissage sont un facteur de succès essentiel de l'effort innovateur. 3.

Nous ne pouvons pas nous abstraire des structures de croissance historiques, étant donné que celles-ci déterminent l'accomplissement économique courant. Celles-ci ne peuvent pas également être modifiées rapidement et sans coûts. 4.

Les institutions comme cadre de sélection pour l'action économique sont elles-mêmes assujetties aux changements. L'accomplissement innovateur dans un SI est amplement affecté par l'adaptation entre la sphère technologique et la sphère institutionnelle. 5.

L'équilibre et des états stationnaires sont remplacés par le dynamisme et le processus économique qui deviennent des axes essentiels pour l'analyse, aussi bien dans la théorie économique évolutionnaire que dans l'étude des SI. 6.

À la lumière de ces ressemblances entre la théorie hétérodoxe de l'innovation et la recherche sur les SI, le concept du SNI peut être envisagé comme une «externalité» conceptuelle provenant de la théorie économique évolutionniste, bien que celle-ci ait plusieurs branches.

La connexion théorique entre la théorie économique néo-institutionnelle et l'approche des SNI est peu mentionnée.

4.2. Le concept et ses composantes

La notion de Système National d'Innovation (SNI) est de plus en plus utilisée ces dernières années dans l'analyse de l'économie, de la transformation et de la politique technologique pour expliquer l'inégal succès entre les nations, en ce qui concerne la production d'innovations scientifiques de marché. Le concept du SNI nous permet d'analyser beaucoup plus au-delà des innovations du produit ou du processus qui surgissent dans un certain pays, dans une certaine période de temps. Les systèmes nationaux d'innovation ont besoin d'être compris au sens large. En effet, le concept n'opère pas seulement avec la phase innovatrice. Il met l'accent sur les facteurs déterminants principaux et sur l'organisation de l'action innovatrice.

En outre, l'approche systémique de l'innovation se base sur la perception que les innovations sont principalement conduites par divers acteurs et par les relations que ceux-ci établissent entre eux. Par conséquent, la coopération entre le secteur scientifique et le secteur d'entreprise et/ou la coopération entre les diverses entreprises (mailles) se révèlent très pertinentes. C'est la raison pour laquelle l'approche des SI prétend identifier les principaux acteurs des processus de création et d'absorption et la signification relative de chacun d'eux. Il faut dire aussi que tous les concepts systémiques de l'innovation s'appuient sur le présupposé que l'action économique en général et l'action innovatrice en particulier sont configurées par des arrangements institutionnels.

Pour synthétiser, la définition du terme "Système National de l'Innovation" doit, selon

Balzat (2002), inclure et souligner au moins trois aspects essentiels:

- La considération globale de tout le processus innovateur; 1.
 - L'analyse des divers acteurs principaux mêlés dans ce processus (et des liaisons entre eux); 2.
 - L'arrangement institutionnel qui sert d'encadrement pour l'action économique Ont été 3.
- établis beaucoup de définitions de SNI. Une liste des plus utilisées peut être trouvé in Niosi (2002, p. 292)..

Ainsi, Balzat (2002) affirme que le SNI est un ensemble d'organisations et institutions qui s'influencent mutuellement, dans le développement, l'absorption et la diffusion des innovations dans un pays. Cette définition est en consonance avec celle donnée par Edquist (1997). Pour lui, un système d'innovation est construit par «tous les importants facteurs économiques, sociaux, politiques et organisationnels et autres qui influencent le développement, la diffusion et l'utilisation des innovations». Donc, aborder le SNI est une manière d'apprendre au sujet de l'impact des organisations et des institutions dans l'activité innovatrice nationale comprise comme résultat des processus interactifs déterminés par les divers acteurs et par leurs environnements. Malgré cela, le concept est polémique et a besoin, pour être appliqué empiriquement, de contours bien définis. C'est ce que nous essayerons d'établir. Dans ce but, nous allons décomposer le concept en chacun de ses composants.

Commençons tout d'abord par le terme "système". Pour quelques uns, celui-ci a une certaine connotation de ce qui est consciemment conçu et construit pour atteindre un objectif bien défini. Cette perspective n'est pas celle que nous adoptons. D'après nous et Nelson (1993), le concept "systèmes" est celui d'un ensemble d'acteurs institutionnels qui agissent sur la performance innovatrice.

Comme nous l'avons déjà vu antérieurement, les systèmes sont constitués par divers éléments, des liaisons entre eux et un environnement institutionnel (voir Carlsson *et al* (2002). Cette formulation générale s'applique également aux SNI: ils consistent en organisations, relations entre celles-ci et dans une structure institutionnelle.

En ce qui concerne le terme "innovation", Nelson (1993) souligne qu'il s'agit d'un processus à travers lequel les entreprises dirigent et appliquent de nouvelles conceptions de produit et de procédés de fabrication, qui sont inconnues aussi bien pour les entreprises que pour la nation. Les activités d'investissement, pour obtenir un nouveau procédé ou un produit innovateur, et les associés au *catching-up* (rattrapage), ne sont pas clairement différenciés. De plus, il faut souligner que l'innovateur strictement schumpétérien n'est pas toujours celui qui obtient les avantages économiques associés à l'innovation.

En résumé et selon l'opinion de Nelson que nous partageons, pour comprendre les systèmes nationaux d'innovation, il est primordial de comprendre comment se produit l'avancement technique dans notre monde moderne et quels en sont les procédés et les institutions-clés.

4.3. Naissance et diffusion du concept de SNI

Lorsque l'idée des SNI fut discutée pour la première fois, vers le milieu des années 80, personne n'aurait prévu l'ample diffusion qu'on vérifie aujourd'hui. En effet, l'OCDE, la Communauté Européenne (CE) et l'UNCTAD ont adopté le concept comme une partie intégrante de leur perspective analytique. La Banque Mondiale et le FMI ont été plus résistants à ce sujet, mais même là des changements se produisent. L' United States Academy of Science a adopté récemment le concept pour analyser la politique scientifique et technologique aux États-Unis. À son tour, la Suède a attribué au concept un statut légal, nommant une nouvelle institution gouvernementale ("ambetsverk") VINNOVA, qui concerne l'"Autorité pour les Systèmes de l'Innovation".

Lundvall *et al* (2002) se demandent pourquoi le concept se diffuse aussi rapidement parmi les chercheurs et les décideurs politiques. Une raison peut être que la macroéconomie standard a failli quant à la compréhension des facteurs sous-jacents à la compétitivité et au développement économique. Une autre raison évoquée est que ce concept offre un cadre permettant de comprendre les différences quant aux décisions, prises par les institutions politiques et les analystes politiques.

Le concept de systèmes nationaux est controversé dans un contexte caractérisé par la globalisation. Il est important d'observer que la plupart des études empiriques sur la globalisation n'affaiblit pas cette notion de systèmes nationaux d'innovation, et, semblent indiquer que le niveau national continue à avoir son importance pour certaines activités (Archibugi et Michie, 1995; Cantwell, 1995; Patel, 1995).

Bien que le concept du SNI ait une origine récente, il est utile de faire une petite digression sur ses racines historiques. Le point de départ, le plus naturel, est l'analyse d'Adam Smith (1776) au sujet de la division du travail. Cette étude inclut non seulement la création de la connaissance directement liée aux activités productives, mais aussi les services spécialisés des chercheurs. Toutefois, A. Smith ne considérerait pas l'innovation et la construction des compétences comme des activités indépendantes et systémiques. La discussion de ces thèmes prend racine dans l'analyse de Friedrich List (1841). Son concept de systèmes nationaux de production et d'apprentissage considère un vaste ensemble d'institutions nationales, y compris celles qui sont engagées dans l'éducation, ainsi que les infrastructures, de transport de personnes et de marchandises (Freeman, 1995a). L'analyse de List s'est centré sur le développement des forces productives au lieu de se fixer sur l'affectation de certaines ressources peu abondantes. List soulignait la nécessité de construire des infrastructures et des institutions. La version moderne des systèmes d'innovation ne s'appuie pas sur l'inspiration directe de List. Ce fut à peine quand le concept a été généralisé que Freeman et d'autres chercheurs adoptèrent List comme l'ancêtre intellectuel. Dans la version d'Aalborg du concept où le rôle du marché national pour les innovations a quelques liaisons avec l'argument de l'industrie naissante de List, toutefois l'inspiration vient de Linder (1961), au lieu de venir directement de List.

Comme on l'a déjà rapporté, la recherche sur les SNI surgit vers le milieu des années

80⁶. Le travail pionnier dans cette matière est dû à Cristopher Freeman, Bengt-Ake Lundvall et Richard Nelson qui abordèrent le thème des processus nationaux de l'innovation sur une forme systémique, avec toutefois des perspectives différentes. C. Freeman (1987) a introduit le concept de SNI pour décrire et interpréter la performance du Japon, le pays qui a le plus de succès quant à ce sujet dans l'après-guerre. Les études dans ce domaine ont été dirigées par deux groupes: le premier, mené par B.A. Lundvall (1992), a fait des recherches sur le contenu analytique de la notion de SNI; pour cela, il a observé les rôles joués par les utilisateurs, le secteur public et les institutions financières. Le deuxième groupe, coordonné par R. Nelson (1993), s'est fondé sur un ensemble d'études de cas nationaux pour décrire les principales caractéristiques des systèmes innovateurs des pays présentant des niveaux de revenu différents.

Selon Balzat (2002), bien que les frontières nationales, aussi bien géographiques que politiques, soient utiles, les processus d'innovation ne peuvent pas être strictement séparés entre les nations. Ceci parce que les activités de R&D sont de plus en plus affectées au niveau international, aussi bien en ce qui concerne le flux de connaissances que la mobilité des personnes et les échanges des biens et services. Les études confirment que les modèles de l'innovation diffèrent considérablement entre les nations. Cependant, ces différences sont moins accentuées entre les nations aillant des niveaux semblables de développement économique et entre celles qui ont des régimes politiques identiques. Les entreprises privées contribuent largement, mais pas exclusivement, à l'accomplissement économique d'un pays, étant donné que la performance innovatrice des organisations privées est fortement déterminé par le cadre institutionnel ainsi que par le degré de l'éducation de la population nationale. Il n'y a pas de doute que le secteur public accomplit un rôle important quant au stock du capital humain d'une économie. Toutefois, l'innovation n'est pas seulement le résultat de dépenses formelles de R&D. Appuyées sur la structure et sur les systèmes de l'innovation qu'ils implantent, les études confirment la vision d'un système d'innovation robuste qui ne peut être facilement transférée dans un autre système. Malgré cela, les travaux sur les SNI partagent l'opinion que les facteurs nationaux jouent un rôle fondamental dans le modelage de la transformation technologique. Parmi ces facteurs, certains sont institutionnels, comme l'éducation, le soutien public de l'innovation, etc. D'autres sont ancrés dans l'histoire comme la culture, la dimension et le langage. Ce qui est fondamental pour définir le SNI, c'est de savoir comment ces différentes parties interagissent.

4.4. Les systèmes nationaux d'innovation dans les pays en voie de développement

Les politiques et programmes du SI qui permettent à un pays de perfectionner sa capacité technologique et innovatrice sont déjà mis en oeuvre dans les pays développés. Mais, récemment, ces façons de faire sont analysées dans les pays en voie de développement.

⁶ Pour aller plus loin sur la problématique des SNI, cf. Lundvall (1998, p. 418).

Comme on le sait, il y a déjà quelque temps que nous nous éloignons de la conception linéaire de l'innovation, pour nous déplacer vers la conceptualisation des interactions complexes qui se nouent dans un système d'innovation.

Actuellement, comme beaucoup de chercheurs l'ont observé, le développement économique et industriel qui a du succès est étroitement associé à la capacité d'une nation pour acquérir, absorber et diffuser des technologies modernes. Alors que dans les économies développées le système d'innovation a un rôle de maintien ou d'amélioration du niveau de croissance et de compétitivité existantes, les pays en développement affrontent la tâche de chercher à s'approcher des plus développés (catching-up). Dans ce contexte, il devient important de considérer le rôle des institutions scientifiques dans le contexte de la création et de l'amélioration de la capacité d'absorption d'un pays.

Comme Albuquerque (1999) l'a souligné, « la science n'est pas seulement une simple conséquence du développement industriel et technologique initial. Ce n'est pas une conséquence naturelle de tel processus ; au contraire, un certain niveau de capacité scientifique est une condition préalable pour un tel développement. Quand ce développement est vérifié avec succès, il modifie et perfectionne dynamiquement le rôle de la science et sa relation avec la technologie ». Cette relation entre la science et la technologie peut être vue de deux façons. Premièrement, l'entreprise scientifique sert de « dispositif ou de mise en lumière » signalant les chemins du développement technologique qui sont spécialement adéquats aux pays moins développés. Deuxièmement, l'infrastructure scientifique peut fournir la base de connaissance nécessaire aux industries clefs pour réaliser la croissance.

L'approche du SNI est plus pertinent que certains contextes qui conceptualisent le développement technologique en termes d'inputs (financement de la science) et outputs (publications et brevets). Alors que l'approche input/output offre des pistes statistiques et considère le modèle linéaire de développement technologique (la science conduit à des perfections technologiques, qui, à leur tour, conduisent à des améliorations industrielles), l'approche du SNI souligne les dimensions dynamiques des politiques, des institutions ou agents qui partagent le flux de connaissance à l'intérieur des frontières ou industries nationales. De plus, la perspective des SNI donne un cadre plus réaliste aux processus de développement, parce qu'elle voit les efforts d'innovation comme étroitement inter reliés aux grandes politiques macroéconomiques et éducationnelles. Cette approche systémique est également plus adéquate pour les décideurs politiques, puisqu'elle permet d'identifier les liens forts et les liens faibles à l'intérieur de toute organisation. En général, comme Nelson et Rosenberg (1993) le soutiennent, les études de cas d'approche du SNI suggèrent que les efforts académiques et publiques peuvent aider, mais pas remplacer les efforts des entreprises, que le développement du capital humain au moyen de l'éducation et de la formation est fondamentale pour accélérer la capacité d'absorption, et que les politiques doivent être conçues pour promouvoir la compétitivité internationale.

Quelques uns (Juma *et al*, 2001) soutiennent que l'on doit envisager le concept du SNI dans les pays en voie de développement (PVD) : « la politique technologique doit être démystifiée. Elle n'a pas seulement besoin d'être une affaire pour les pays développés, ni être envisagée comme une espèce non nécessaire et un gaspillage luxueux pour les pays pauvres ». Dans le contexte des pays en développement, on peut, en particulier,

souligner que ce concept est en profonde contradiction avec les théories économiques néoclassiques de la croissance. En effet, Lundvall (1997) soutient que l'innovation démarre avec les processus d'apprentissage interactifs et que ceux-ci n'opèrent pas dans les marchés. Il remarque que cette divergence avec les théories néoclassiques change la mise en lumière de la création innovante et les choix d'apprentissage.

Selon Balzat et Hanusch (2003), il y a trois tendances dans la littérature sur les SNI : les études orientées vers la politique, qui se préoccupent de mettre en avant les conditions d'une ambiance favorable à la création de l'innovation (voyons le cas des « benchmarkings studies ») ; les contributions pour formaliser le concept de SNI à travers des modèles descriptifs (exemple Liu et White, 2001) ou analytiques (exemples, Furman *et al*, 2002, Porter et Stern 2002, etc.) ; et les études sur les SNI dans les pays de bas et moyen niveau des développement. Les deux premières tendances seront décrites plus loin ; la dernière est analysée succinctement : cette troisième tendance de recherche se penche sur les SI des pays hors du groupe des nations très industrialisées, englobant les pays en développement, les pays de l'Est, ainsi que les nouveaux pays industrialisés de Asie.

L'idée d'analyser ces pays n'est pas nouvelle. Nelson (1993) avait déjà abordé ce sujet. Cependant, les études, depuis cette époque, sont assez rares. Récemment, on a cherché à remplir cette lacune. Par exemple, en prenant le Brésil et la Corée du Sud comme deux cas représentatifs, Viotti (2002) s'occupe des modèles d'innovation dans les pays moins développés.

La transformation de l'organisation des activités innovatrices dans les anciens pays socialistes dans l'Europe Centrale et Orientale est analysée par Radosevic (1999), alors que le succès innovateur des économies en voie de développement en Amérique Latine et en Asie est examiné par Alcorta et Peres (1998) et par Intarakumnerd *et al* (2002). Dans ces études, on donne beaucoup d'importance, non seulement au stade de développement et au fonctionnement des SI, mais aussi à l'importance du concept des SNI. Ce dernier thème est envisagé de manière très controversée à la lumière de la structure fragmentée de la plupart des systèmes analysés. Ils ne rejettent pas l'importance du concept des SNI dans l'étude qu'ils font sur les pays Latino-Américains. À son tour, Radosevic soutient que la croissance des pays d'Europe Centrale et Orientale est fondamentalement mise en rapport avec le surgissement des SI, mais, malgré cela, il n'est pas encore possible de parler de systèmes nationaux ou régionaux de l'innovation dans ces pays. Viotti (2002) réfute l'utilité du concept de SNI dans le cas des pays technologiquement en retard, parce que ceux-ci sont très différents des pays industrialisés. Avec cette critique, il présente comme alternative la notion de système d'apprentissage national. Cette distinction est, selon Balzat et Hanusch (2003), très forte. En effet, le concept de SNI n'exclut pas la considération des processus d'apprentissage. Au lieu de cela, les processus d'apprentissage ont toujours été une activité primordiale dans n'importe quel SNI (Lundvall, 1992).

4.5. Les différentes conceptions du SNI – évolution

comparative

Les différentes conceptions de SNI ont des implications distinctes dans l'importance des politiques gouvernementales. De plus, ces définitions reposent sur plusieurs théories et signalent aussi des phénomènes empiriques différents. Suivant de près l'analyse de McKelvey (1991), on étudiera les conceptions de quatre auteurs très importants. Tous partagent une même croyance à propos de l'importance de la technologie. Malgré cela, ils divergent à propos de la typologie de celle-ci et aussi à propos de son degré d'importance. Ils diffèrent également en ce qui concerne le facteur déterminant le développement économique.

- Michael Porter

Selon Porter (1990b), les ressources existantes et la technologie ne sont plus les sources d'avantage comparatif, comme c'était le cas dans la théorie statique de David Ricardo. Par opposition, Porter soutient que le processus est dynamique et que, maintenant, ce sont les grandes entreprises qui créent l'avantage comparatif par le biais de l'innovation qui peut revêtir diverses formes, c'est-à-dire qu'elle peut être technique ou organisationnelle et qu'elle peut être radicale ou progressive. A partir de ces données, on peut conclure que le point charnière qui permet de comparer des entreprises et des pays est le changement technologique, en particulier, la productivité et la croissance. Toujours selon cet auteur, le seul concept de compétitivité, significatif au niveau national, c'est la productivité. De ce fait, le principal objectif d'une nation est alors d'atteindre un style de vie élevé et de plus en plus croissant pour ses concitoyens. La notion de SNI défendue par Porter prétend apporter une réponse à la question suivante: « Pourquoi les entreprises de certains pays sont-elles plus capables de produire des innovations consistantes que celles d'autres pays? » Dans une perspective plus large, le problème de Porter consiste à déterminer les raisons des différences internationales qui caractérisent le succès de certaines industries. Il évoque alors quatre facteurs qui interviennent dans ce domaine:

- les conditions relatives aux facteurs de production, qui caractérisent les nations, au niveau des équipements, de la création de ressources, de la main-d'oeuvre qualifiée, de la base scientifique et technique ;
- les conditions de demande nationale qui sont considérées fondamentales pour la compétitivité internationale;
- les industries associées et les industries de soutien, qui renvoient aux liaisons interindustrielles et aux flux technologiques, et qui doivent être compétitives sur le plan international;
- la stratégie et la structure des entreprises et les relations de concurrence entre elles, étant elles-mêmes influencées par les caractéristiques du contexte international.

Donc, pour Porter, la notion de SNI est liée aux caractéristiques du contexte national dans lequel se développe l'activité des entreprises. En conclusion, le SNI désigne le cadre de développement de la stratégie des entreprises. Il existe plusieurs critiques faites à la notion de SNI de Porter. La définition implicite de technologie, défendue par cet auteur, est similaire à la conception traditionnelle de technologie selon laquelle celle-ci est vue comme des objets matériels et des plans. Bien que Porter fonde l'innovation sur le perfectionnement du concept de concurrence dynamique de Schumpeter, celle-ci est, selon lui, directement liée au coût et à la demande. Ce sont là les instruments analytiques-clés de l'analyse portérienne. Un autre problème posé par l'analyse de cet auteur consiste en l'excessive importance donnée aux marchés nationaux et aux respectives entreprises. Une autre critique adressée à Porter concerne le modèle de développement inégal du capitalisme. En résumé, le modèle explicatif de Porter est une tentative pour s'écarter des présupposés restrictifs de la théorie traditionnelle. En effet, sa théorie n'adopte plus les fonctions de production et la technologie comme des données, tout en défendant que les entreprises ne font que répondre aux prix des facteurs et à la demande. Au lieu de cela, Porter insiste sur le fait que les entreprises et les gouvernements doivent avoir la possibilité et le besoin de jouer un rôle actif en ce qui concerne la caractérisation de la situation générale de la concurrence.

· Christopher Freeman

La théorie de Freeman et Perez (1988) repose sur la transformation technologique et leur classification de la technologie est ici un point de départ logique : innovations de croissance - ce sont les petits changements issus des utilisateurs ou du procédé productif - qui représentent, en même temps, une importante source de croissance au niveau de la productivité ; innovations radicales – elles concernent la nouveauté et le développement discontinu. Il s'agit habituellement d'un tremplin pour de nouveaux investissements et de nouveaux marchés ; changements dans le système technologique – en associant l'innovation technique de croissance et radicale à l'innovation organisationnelle et de gestion ; modifications concernant le paradigme technico-économique – il s'agit des modifications au niveau du méta paradigme touchant tous les secteurs de l'économie et pouvant conduire à de nouveaux produits et de nouvelles industries.

Tout comme pour Porter, la définition implicite de technologie, avancée par Freeman et Perez repose sur des objets matériels et sur l'information, même si les caractéristiques mentionnées ci-dessous incluent aussi des facteurs sociaux et organisationnels. En effet, la problématique essentielle est liée aux évolutions institutionnelles associées aux longues périodes. Les "ensembles" d'innovation et les modifications de paradigme sociotechnique mettent en oeuvre des technologies radicalement nouvelles qui redéfinissent les conditions d'efficacité économique, ainsi que les frontières des industries et des secteurs. Pour cela, ces technologies exigent une adaptation institutionnelle. De cette façon, ils définissent le SNI comme «un réseau d'institutions, qu'elles appartiennent au secteur public ou au secteur privé, dont les activités et interactions créent, stimulent, modifient et diffusent de nouvelles technologies». Un concept plus opérationnel est donné par Freeman pour caractériser le SNI japonais. Il comporte quatre caractéristiques:

- Le rôle de la politique publique, en particulier du MITI (Ministère du Commerce International et de l'Industrie);
- Le rôle de la Recherche et du Développement (R&D), notamment en ce qui concerne les technologies importées;
- Le rôle du système d'éducation et de formation;
- La structure générale de l'industrie.

D'autres facteurs d'ordre socio industriel, pouvant diverger selon les pays, sont aussi invoqués par Freeman. Ils impliquent le contexte économique, consensuelle ou conflictuelle, l'organisation du marché et du système de production et le rôle du gouvernement. Il s'agit d'institutions clefs et de formes d'organisation de la société. Ce sont des facteurs-clés, qui affectent la situation de la nation vis-à-vis de sa prédisposition à bénéficier ou non de nouvelles technologies. Quant à une analyse critique de cette perspective, nous pouvons dire que la théorie de Freeman ne se centre pas sur le capitalisme comme système, pas même sur les propres nations. Au lieu de cela, il prend comme point de départ analytique la transformation technologique radicale envisagée comme force vitale pour contrôler les modifications dans les nations. Cela impliquerait une sorte de déterminisme technologique, où la technologie est envisagée comme un processus associé, comme le moteur du progrès économique. Dans l'analyse de Freeman, les mécanismes existants, au sein des nations, concernant la production et la diffusion des innovations semblent liés aux actions individuelles. Autre point faible de l'analyse de Freeman: le fait de souligner systématiquement les coûts, supposément donnés et indubitables et les conditions d'offre, lorsqu'il fait la description des motifs de l'innovation.

Tout comme nous avons pu le constater dans l'analyse de Porter, décrite auparavant, Freeman et Perez se centrent sur les transformations de la structure de coûts des facteurs comme mécanisme fondamental explicatif des profonds changements dans la production. Le principal problème avec cet argument, c'est qu'ils considèrent les coûts comme un instrument d'évaluation, même s'il est dépendant de la technologie. En effet, les coûts et les prix ne sont pas donnés et ils ne sont pas non plus des instruments objectifs de mesure. En revanche, les conditions de demande et de distribution reposent partiellement sur les valeurs culturelles, les relations et les conventions sociales. La théorie de Freeman et Perez a un contexte économique limité en ce qui concerne le changement technologique, étant donné qu'elle ne tient pas suffisamment compte des différents acteurs qui peuvent appliquer des modes de calcul très diversifiés et des divers moyens pour évaluer et interpréter les coûts. Ils ignorent que les acteurs/agents ne considèrent pas seulement les coûts fournis, mais aussi les coûts escomptés et que les prévisions ont une qualité indéterminée. Ils tend à oublier l'objectif de chaque acteur/agent et le processus culturel et social de formation des coûts.

En résumé, cette analyse n'est pas dépourvue d'imprécisions en ce qui concerne les modalités qui influencent les variables institutionnelles, elles-mêmes peu hiérarchisées, le progrès technique et l'évolution des systèmes socio-économiques. De plus, la théorie est chargée d'un certain déterminisme technologique, comme nous l'avons déjà affirmé, et se

penche plus sur les besoins structurels que sur les marges d'action autonome, les projets des acteurs/agents et les formes du processus d'innovation.

- Beng – Ake Lundvall

A l'image de ce qui se passe avec les théories de Porter et de Freeman, ici aussi, à propos du SNI, Lundvall insiste sur la nature dynamique de l'activité économique. En suivant Schumpeter, Lundvall envisage le processus économique comme étant à la fois créatif et destructeur. A l'opposé de Porter qui ne cherche qu'à savoir comment les entreprises d'une certaine industrie peuvent innover avec succès, Lundvall propose, à un niveau d'abstraction supérieur, de comparer les véritables différences nationales relatives à la capacité innovatrice et à la performance économique. Tout comme Nelson (1993), Lundvall prend en considération la transformation technologique comme étant un processus complexe, dynamique, cumulatif et incertain. Dans sa théorie, les interactions entre l'utilisateur et le producteur sont extrêmement importantes pour l'innovation. Par le biais de la relation réciproque, l'acheteur peut communiquer des besoins potentiels (demand-pull) et le producteur peut signaler des opportunités techniques (technology-pull). De telles relations permettent ainsi aux acteurs/agents d'apprendre et, par conséquent, d'innover.

Lundvall s'intéresse à l'importance d'aspects comme :

- l'échange d'information;
- les réseaux de communication nécessaires entre les acteurs/agents et les entreprises;
- les relations entre les entreprises et les secteurs au sein de l'économie nationale.

Contrairement aux idées néoclassiques à partir desquelles on considère les objets et les préférences des entreprises constants et l'information donnée, les contacts entre les entreprises, selon Lundvall, conditionnent leurs actions futures. Par conséquent, la clé pour comprendre les activités innovatrices renvoie aux actions et à l'organisation des entreprises et aux relations entre elles – "l'apprentissage interactif est au coeur du processus d'innovation". Malgré cela, Lundvall s'intéresse aussi "aux déterminants structurels de l'activité innovatrice" (Freeman et Lundvall, 1988).

Chaque pays est envisagé comme ayant son propre système d'innovation, fondé sur les institutions existantes, sur ces ressources propres, sur le développement industriel et sur les secteurs leaders. Dans la comparaison faite par Edquist et Lundvall (1993) entre les SNI suédois et danois, ils soutiennent que "les limites précises d'un tel système doivent être déterminées par une combinaison d'analyse théorique et historique". Ce qui veut dire que cette théorie identifie deux composants essentiels et universaux des SNI, les institutions et la structure industrielle, mais elle ne signale pas un critère bien clair pour identifier les plus importants. Ici, les "institutions" se rapportent aussi bien aux règles formalisées, aux organisations qu'aux règles non formalisées ou normes. Les institutions sont jugées essentielles pour la régulation des activités économiques, y compris l'innovation. Les institutions les plus significatives en ce qui concerne le SNI englobent la régulation du marché de travail, le système monétaire, les règles pour la résolution de

problèmes, l'expérience historique commune d'industrialisation, et ainsi de suite. Le système formalisé de recherche de la connaissance ou activité de R&D est une institution particulièrement importante. Le fondement institutionnel de telles activités de recherche implique que chaque pays a ses caractéristiques spécifiques et ses modèles de comportements.

En ce qui concerne la structure économique, Lundvall se laisse influencer par la tradition structuraliste française. Les liens en amont et en aval qui permettent aussi bien le learning-by-doing que le learning-by-using sont bien ancrés dans les relations micro-économiques entre entreprises. Cependant, la structure industrielle globale ne peut se borner à ces relations individuelles; toutefois, comme le soulignent Edquist et Lundvall, il existe dans la structure productive des secteurs-clés, ou "blocs de développement". Ainsi que Porter (1990b) l'avait déjà mentionné, le raisonnement à retenir est celui qui démontre que les industries aillant le plus de succès sur les marchés internationaux sont aussi une source essentielle d'innovation dans l'économie nationale.

Comme nous l'avons déjà dit, la perspective micro-économique des interactions développées entre producteurs et utilisateurs est maintenant complétée par une perspective macro-économique qui est liée aux déterminants structurels, c'est-à-dire, "les blocs de développement". Il y a quelques lacunes dans l'analyse de Lundvall. Par exemple, il n'existe pas de critère explicite pour expliquer comment les blocs de développement ou les institutions fondamentales apparaissent dans les pays. Bien qu'il s'agisse d'une des contributions les plus rigoureuses à propos du SNI, elle n'explique que très peu l'importance respective et les fonctions des institutions formelles et informelles et leurs règles d'évolution.

- Richard Nelson

Nelson et Winter (1982) ont développé l'idée de processus évolutifs au sein des économies capitalistes. Selon ces auteurs, les routines dans les entreprises agissent comme des "gènes" relativement durables. La concurrence économique mène à certaines routines avec "succès" et celles-ci peuvent être transférées vers d'autres entreprises. Il s'agit d'une théorie évolutive Lamarckienne. Plus tard, Nelson (1987) veut identifier "les caractéristiques essentielles du changement technique dans les économies capitalistes". Les trois éléments fondamentaux de sa théorie de changement technique sont: un mécanisme qui "introduit des nouveautés dans le système", pouvant se traduire en des conséquences imprévisibles; une compréhension des processus sous-jacents à la sélection de technologies pourra nous permettre d'expliquer le choix de telle solution technique plutôt qu'une autre ; les conséquences de phénomènes contingents.

La constante existence d'options de développement réalisables implique que le système n'atteint jamais un état d'équilibre. Le processus reste dynamique mais il n'atteint jamais un taux optimum. Nelson soutient que la plus grande partie de la technologie se déplace, éventuellement, de la propriété privée pour devenir un bien public. De ce fait, c'est la société, en général, qui va en profiter. Cependant, la prospérité en soi ne garantit pas que la technologie soit disponible pour tous. La définition de technologie adoptée par Nelson implique que celle-ci se trouve incorporée dans les relations sociales de l'entreprise (Nelson 1981). La connaissance implicite, la compétence de travail et de

gestion et d'autres connaissances fondées sur les personnes sont alors des attributs fondamentaux pour le changement technologique, notamment, pour les changements spécifiques au sein des entreprises.

En analysant le SNI des États-Unis, Nelson (1988) finit par identifier "trois caractéristiques évidentes du SNI dans les économies capitalistes" : la privatisation d'un grand nombre de technologie nouvelle qui aboutit à la sélection du marché et au profit de la création de technologie; la nature évolutive du changement technique, en particulier ses différentes sources et le processus de gaspillage qui, inévitablement, en découle; la fonction des forces de marché, en rapport avec l'objectif de sélection.

Nelson dit que ces caractéristiques sont bien présentes dans les économies capitalistes, contrairement à ce qui se passe dans les économies de planification centrale. En plus des entreprises et d'autres parties de la structure industrielle, Nelson souligne aussi le rôle des laboratoires de recherche et des universités. Cependant, dans son travail sur le SNI des États-Unis, Nelson (1988) se concentre sur le secteur de R&D. Plus tard, il a évolué en envisageant le système d'innovation d'une façon plus vaste que le système traditionnel de R&D. Les éléments de ce système d'innovation intègrent, désormais, le caractère et l'efficacité du système d'éducation et de formation de la nation, les relations de travail, les caractéristiques des institutions financières et la forme d'organisation et de contrôle des entreprises. Ces institutions sont essentielles, aussi bien pour produire que pour divulguer la connaissance.

Comme nous avons pu le constater, Nelson insiste sur l'importance du contexte pluraliste de l'innovation. Cependant, la nature, l'extension et la rigidité de la concurrence technologique continuent d'être peu claires. Nelson et Winter (1988) suggèrent que des mécanismes fondamentaux pour la sélection de technologie peuvent être les achats gouvernementaux et le marché. Néanmoins, d'autres recherches dans le domaine des sciences sociales insistent sur d'autres mécanismes de sélection, comme la lutte entre groupes afin de définir ou interpréter la technologie. Le procédé de sélection est, par conséquent, plus multidimensionnel que celui présenté dans le travail de Nelson. Ainsi, bien que les définitions de technologie de ces quatre auteurs diffèrent les uns des autres, tous soulignent systématiquement le rôle dynamique de l'innovation dans l'économie.

Le tableau qui suit (Tableau 4.1.), élaboré à partir de McKelvey (1991), fait une synthèse des différentes conceptions de la technologie et du changement technologique:

Tableau 4.1 Conceptions de technologie et de changement technologique

L'IMPORTANCE DES RESSOURCES HUMAINES DANS LES SYSTÈMES NATIONAUX D'INNOVATION : LE CAS DU PORTUGAL

	Conceptions de Technologie	L'utilisation efficace dépend de	Critère de sélection de la technologie pertinente	Nature du changement technologique
PORTER	Information type «blueprint»	Compétence de l'entrepreneur ou du manager	Demande du marché et coûts (données)	Créé/amené simplement par les acteurs/agents
FREEMAN	Classement Taxonomique, qui inclut la science et les institutions	Adaptation Socio-institutionnelle	Demande et coûts (données)	Cycles longs
LUNDVALL	Interactive, à base de connaissance et incorporée dans des routines	Poussée technologique et traction par le marché, structure du système de R&D	Coûts de marché donnés et succès sur les marchés mondiaux	Accumulation incrémentale et cycles longs
NELSON	De différents types de la science aux connaissances tacites et aux routines	Adoption par les routines viables et compétences	Structure des coûts, routines et culture	Sélection évolutionniste (concurrence) et mutation (search)

Source : M. McKelvey ,(1991), p. 135.

In fine, on peut se demander: qu'est-ce que le SNI? Pour les quatre auteurs, le SNI apporte quelque chose de plus que les aspects quantifiables des systèmes nationaux de R&D. Le système de R&D, qu'il soit financé par les entreprises ou par le gouvernement, est un élément important de la capacité des nations à innover et divulguer de la technologie; cependant, il ne décrit ni explique toutes les différences qui existent entre elles.

Les différentes conceptions de SNI sont résumées dans le Tableau 4.2:

Tableau 4.2 Quelques approches concurrentes des systèmes nationaux d'innovation

PORTER	Impossibilité d'analyser les différences générales entre nations, mais seulement les industries qui réussissent dans un pays. Le système national renvoie à l'environnement qui soutient l'activité d'innovation dans les entreprises, la concurrence sur le marché domestique, la structure
--------	--

4. Le concept du système national d'innovation (SNI)

	industrielle, etc. <i>Objet empirique</i> : comparaison des industries.
FREEMAN	Une technologie radicalement nouvelle promeut l'innovation sociale et institutionnelle à une échelle nationale. Autrement, l'innovation serait incrémentale et simplement technologique. <i>Objet empirique</i> : comparaison des nations, quant à leurs capacités à mettre au point et diffuser des institutions sociales.
LUNDVALL	Le système national renvoie à l'économie nationale, mais l'accent est mis sur l'importance des relations et interactions au sein des blocs de développement. Le système national d'innovation est formé par les institutions pertinentes et les structures industrielles. <i>Objet empirique</i> : le développement historique des institutions et des structures de production dans différents pays.
NELSON	Le système national renvoie à l'économie macroéconomique. Les différences de structures industrielles (telles que les besoins de l'industrie en science et technologie, le caractère public ou privé de la technologies) et les différences dans l'organisation des institutions (spécialement du système de R&D) expliquent en quoi les systèmes nationaux d'innovation diffèrent. <i>Objet empirique</i> : les différences institutionnelles entre les pays.

Source: M. McKelvey, (1991), p. 136

A leur tour, Niosi *et al* (1993), pour définir un SNI, commencent par faire des recherches sur les blocs qui le constituent. Ils prennent chez Nelson (1982) l'énumération de ses éléments et posent, ensuite, les questions suivantes:

Pourquoi le concept de SNI implique-t-il que les éléments systémiques des économies nationales soient plus importants que les éléments au sein de la nation? Quels sont les éléments technologiques systémiques dans les économies nationales? Nous pouvons dégager ces indications : premièrement, il y a les facteurs déterminants du marché et des ressources naturelles (consommateurs identiques, revenus et préférences et une base similaire de ressources) ; deuxièmement, fondé sur le travail de Von Hippel (1987), Lundvall (1988) a souligné le fait que la relation utilisateur / producteur et d'autres types de collaborations informelles dans l'économie sont bien plus fréquentes que les interactions internationales ; troisièmement, les interdépendances fondées sur la technique ont tendance à survenir dans les économies nationales, tout au moins pendant une première période de diffusion.

Enfin, il existe des facteurs déterminants et des liens politiques, tels que les politiques de la science et de la technologie sont, en fin de compte, typiquement nationales.

L'État joue très souvent un rôle de leadership, aussi bien au niveau de la direction (militaire versus civil) qu'au niveau du rythme d'innovation technologique. Dans le SNI, les liens entre les unités sont divers: flux financiers, la première place étant occupée par le

financement public de l'innovation, mais on y trouve aussi le financement privé et l'investissement en capital, liens légaux et politiques, avec les règles de propriété intellectuelle, les normes techniques et de la politique technologique d'achats appliqués aux entreprises nationales et encore un certain degré de coordination de l'État entre les unités; flux technologiques, scientifiques et de formation dirigés vers le marché national, et les collaborations et interactions scientifiques et techniques; flux sociaux, avec des innovations organisationnelles se diffusant d'entreprises en entreprises ; flux de personnes, principalement des universités vers l'industrie, mais également d'entreprise en entreprise. Les auteurs construisent la définition suivante:

“Le SNI est un système d'interaction d'entreprises publiques et privées (grandes et petites), d'universités et d'agences gouvernementales pour parvenir à la production de connaissance scientifique et technologiques à l'intérieur des frontières nationales. L'interaction entre ces unités peut être technique, commerciale, légale, sociale et financière, en ayant comme objectif le développement, la protection, le financement ou la régulation d'une nouvelle science et technologie ”.

Les auteurs soulignent encore qu'il existe certaines difficultés concernant le concept de SNI, notamment: quel est le degré nécessaire de cohérence et d'interaction entre unités pour qu'il y ait un SNI? Les collaborations et les transferts internationaux de technologie, tout comme l'investissement direct étranger sont de plus en plus importants. Ils ne mettent pas en cause toutefois la notion de SNI.

Niosi, J. et Bellon Bertrand (1994) parlent du concept de SNI inséré dans le contexte de la globalisation croissante des activités scientifiques et technologiques. Ils adoptent la définition de synthèse de Niosi *et al* (1993), mais ils affirment que tous les SNI, jusqu'à un certain degré, sont ouverts, et que les liens entre les systèmes nationaux et la dynamique de leur interdépendance constituent des éléments fondamentaux, pour que l'on comprenne leurs caractéristiques nationales. Selon ces auteurs, certaines conclusions s'imposent dès lors.

La première est d'ordre théorique. Les réseaux internationaux se développent à partir des SNI. Les systèmes d'innovation sont de plus en plus complexes et inter reliés avec des niveaux d'activités innovatrices intégrées aussi bien au niveau régional, national qu'international. Cependant, même si l'internationalisation augmente, elle n'élimine pas pour autant les réseaux locaux et nationaux; toutefois, celle-ci modifie son fonctionnement et, ceci bien que certaines activités, qui auparavant étaient régionales et nationales, soient maintenant transférées vers des réseaux internationaux. Ensuite, il faut souligner qu'aujourd'hui les SNI sont liés par le biais des politiques domestiques des États nationaux. Néanmoins, si ces systèmes internationaux continuent à se développer, les États nationaux deviendront de plus en plus incapables de jouer leur rôle, ce qui renferme une grande implication politique. En effet, les politiques nationales de la science et de la technologie encourageront la coordination internationale dans le domaine de la science et technologie, ou alors, disparaîtront simultanément, en ne laissant aux forces du marché que le rôle de coordination de la production d'innovations. C'est alors que les États supranationaux, tels que la Communauté Européenne, par exemple, seront capables de garantir la stabilité des systèmes internationaux de science et technologie. Il faudra alors

des politiques internationales pour régler et soutenir les activités innovatrices internationales. Les auteurs concluent sur une note méthodologique en disant que les indicateurs statistiques ont besoin d'être perfectionnés, aussi bien au niveau des stocks que des flux, des balances de commerce technologique, des parts de marché et des comparaisons nationales, régionales et internationales. Toujours selon ces auteurs, actuellement, la plus grande partie des statistiques sont nationales et, par conséquent, sont incapables de suivre et de capter la complexité du processus d'innovation tel qu'il est couramment structuré.

Pour sa part, N. M. Wijnberg (1994) redéfinit le concept de SNI en affirmant qu'il s'agit de politiques qui touchent le développement industriel au lieu de le faire en fonction d'acteurs ou de réseaux. Afin de définir le SNI et de façon à permettre des comparaisons et la formation d'un cadre d'hypothèses évolutives qui puissent conduire simultanément à des recommandations politiques, l'auteur prend comme point de départ le modèle de Structure/Gestion et Performance, modèle amplement utilisé en Économie Industrielle. Celui-ci fait la distinction entre des caractéristiques structurelles d'une industrie donnée, notamment le niveau de concentration ou le poids des barrières à l'entrée, et les caractéristiques de gestion de l'entreprise au sein de l'industrie, en particulier le comportement des investisseurs en R&D. Bien que ce modèle soit populaire et qu'il continue à être une référence pour les études empiriques, d'autres auteurs, surtout ceux qui préfèrent les modèles évolutifs, utilisent des modèles de cycle de vie schumpetériens pour décrire les régularités fondamentales du développement industriel.

A cet égard, deux contributions peuvent être spécifiées. La première s'intéresse au développement de la structure industrielle au fil du temps, alors que la deuxième accentue plus le développement technologique. Selon la première contribution, le concept de cycle de vie du produit se confond avec les idées schumpetériennes à propos de l'innovation et de la capacité de l'entreprise. La deuxième contribution est très proche de la première mais, comme nous l'avons déjà dit, elle souligne l'importance de la technologie et de sa gestion. Ces deux contributions peuvent être retrouvées dans les travaux de M. Gort et S. Klepper sur les modèles de cycle de vie des innovations, ainsi que dans le travail mené par B. H. Klein (1991). Cependant, une différence essentielle peut être établie entre les caractéristiques de l'industrie, telles que leur taux de concentration, le poids des barrières à l'entrée, le type prépondérant d'innovation et le choix stratégique des entreprises par rapport à leur comportement face au risque. Les autorités publiques peuvent changer chacun de ces aspects. Elles peuvent utiliser la politique de concurrence ou la politique industrielle pour modifier ou prévenir des changements au niveau des caractéristiques industrielles. Elles peuvent utiliser les lois sur la propriété intellectuelle, des programmes pour subventionner des genres particuliers d'innovation et organisation institutionnelle qui puissent faciliter les contacts entre la recherche de base et l'industrie. Nous avons donc là des exemples de la façon dont les gouvernements peuvent influencer le type prépondérant d'innovation. Quant à la tendance à assumer le risque, celle-ci peut aussi être modifiée à travers un système de pénalités et d'encouragements, notamment via les lois sur des brevets qui apportent des bénéfices principalement aux innovateurs audacieux, ou encore la réduction d'impôts en ce qui concerne les pertes subies par le chef d'entreprise ayant adopté un comportement à risque. Tous ces aspects sont

indirectement affectés par les politiques publiques quant à la sélection de l'environnement. Les gouvernements «refaçonnent» la sélection de l'environnement de par les achats publics ou la subvention de certains biens.

La différence la plus banale parmi les théories du commerce international et du développement industriel se rapporte à la distinction entre les pays qui réservent leurs marchés domestiques pour leurs propres industries et ceux qui les encouragent à pénétrer les marchés extérieurs. La substitution des importations est normalement associée à des tarifs élevés sur les importations et sur les subventions accordées aux entreprises. Quant à la stratégie de promotion des exportations, normalement, celle-ci bénéficie d'un traitement préférentiel, qui se traduit par des subventions et par de meilleurs taux d'échange, entre autres. La première stratégie peut mener à un environnement protectionniste; la deuxième peut mener à un environnement très compétitif parmi les industries nationales. Donc, le SNI "consiste en un ensemble de politiques qui influencent les caractéristiques structurelles, le type prépondérant d'innovation dans certaines industries, le degré d'aversion pour le risque des entreprises de ces mêmes industries et la sélection de l'environnement au sein duquel ces industries vont se développer." (N. M. Wijnberg, 1994)

4.6. Tendances récentes dans la comparaison des SNI

Depuis surtout la fin des années 90, diverses tentatives ont été faites pour évaluer, comparer et ordonner les SI. Selon Balzat (2002), ces tentatives ont été amplement motivées par deux aspects/idées : la création d'un cadre qui incite à la production d'innovation semble être la cible principale des décideurs publiques ; si on prétend obtenir des implications politiques importantes, il est important d'acquérir d'abord des connaissances au sujet de la structure et de l'efficacité des divers SI. Donc, la qualité des conclusions politiques dépend largement des processus d'apprentissage provenant de l'expérience et de l'apprentissage à travers la comparaison. Comme on le sait, pour pouvoir comparer les SI, on doit avoir accès à des données importantes. Toutefois, les données relatives aux activités innovatrices ne sont pas depuis longtemps (et continuent à ne pas être partiellement) adéquates pour effectuer des comparaisons entre les pays (cross-country), parce qu'il existe des différences dans les pratiques de mesure entre les pays, alors qu'il devrait y avoir des indicateurs semblables (voir par exemple Kleinknecht, 2000).

En raison de tout cela, l'OCDE a commencé en 1994 (OCDE, 1994) un ambitieux projet sur les SI, avec l'objectif de contribuer à une meilleure comparabilité. L'OCDE présente une ample gamme d'indicateurs au sujet de l'activité innovatrice, ainsi que des résultats d'innovation. Cependant, ces études sont basées sur une analyse descriptive des données. Contrastant avec ceci, il existe des formes non descriptives, mais formalisées qui consistent à effectuer des comparaisons entre les pays au sujet de leur performance innovatrice ; c'est le cas de l'analyse de Furman *et al* (2002). Ce travail évalue les origines des différences existantes entre les pays dans le output dans la

production de l'innovation. Ils introduisent le concept de «capacité innovatrice nationale». Ce concept est défini comme la capacité d'un pays, compris comme une entité politique et économique, de produire et commercialiser un flux de nouvelles technologies (new-to-the-world) à long terme. La capacité innovatrice nationale n'est pas seulement le niveau de production innovatrice atteint, mais elle révèle les circonstances déterminantes les plus importantes du processus d'innovation. Les différences dans la capacité innovatrice nationale montrent la variation dans la géographie économique (par exemple, le niveau de facteurs externes entre les entreprises locales), ainsi que les différences entre les pays en ce qui concerne la politique d'innovations (par exemple le niveau d'aide publique pour la recherche de base ou la protection légale pour la propriété intellectuelle).

Ce concept se base sur trois domaines différents de recherche, quoique intimement liés: la théorie de la croissance endogène (par exemple Romer, 1990), la théorie des clusters (grappes) au sujet de l'avantage compétitif des industries nationales (Porter, 1990), déjà évoqué antérieurement, et le concept des SNI également déjà abordé (Nelson, 1993). Le cadre de Furman *et al* (2002) se base sur ces perspectives, la capacité innovatrice nationale étant caractérisée comme la conséquence de trois blocs. Elle dépend d'une infrastructure commune d'innovation forte, cela inclut entre autres choses la politique scientifique globale d'un pays, les mécanismes dans le local pour appuyer la recherche fondamentale et l'éducation supérieure, et le stock cumulatif de connaissance technologique sur laquelle les nouvelles idées sont développées et commercialisées. Donc, l'infrastructure commune de l'innovation inclut divers éléments soulignés par le concept des SNI et les idées dérivées de la théorie de croissance endogène.

La capacité innovatrice nationale dépend des facteurs plus spécifiques comme les grappes industrielles d'un pays.

La capacité innovatrice nationale dépend des potentialités de liaisons entre l'infrastructure d'innovation commune et les grappes spécifiques.

Chacun de ces trois composants est mesuré par un certain nombre de variables. Celles-ci font partie du modèle de régression principale sous la forme de blocs de variables indépendantes complémentaires. Les données sur les brevets, ou de manière plus précise, «le nombre de brevets attribués aux chercheurs d'un pays donné en plus des États-Unis par l'USPTO dans une année donnée», sont utilisés comme une variable dépendante dénommée «capacité innovatrice nationale». Pour le modèle principal, les idées conduites par le modèle de croissance endogène servent de bases. Par conséquent, on établit la liaison entre les inputs des facteurs innovateurs et le output innovateur. L'échantillon inclut un total de dix-sept pays hautement industrialisés. Relativement aux résultats empiriques du modèle, on doit souligner trois aspects. Tout d'abord, on confirme l'impact de l'architecture de la politique sur la performance innovatrice des nations. Ensuite, tous les pays analysés cherchent à améliorer leur capacité innovatrice dans la période observée de 1973 à 1995. Et enfin, les pays continuent à différer amplement au niveau du développement technologique. Malgré tout cela, les USA ont perdu du terrain comme leader technologique mondial par rapport aux autres pays inclus dans l'échantillon. Cette observation montre la convergence technologique à l'intérieur du groupe des nations hautement développées.

Basés sur leur recherche préalable et plus que Furman *et al* (2002) ne l'avaient fait,

Porter et Stern (2002) ont appliqué le modèle de capacité innovatrice nationale à un plus grand nombre de pays (75 au total). La principale différence entre ce modèle et celui de Furman *et al* (2002), en plus de la dimension de l'échantillon et de l'ensemble de données utilisées, réside dans le fait qu'il utilise les résultats empiriques pour ordonner les nations analysées. L'ordonnement des nations est calculé de cette façon: pour chacun des quatre sous indices dénommés «proportion de chercheurs et ingénieurs», «politique d'innovation», «environnement de grappes d'innovation», et «liaisons» a été établie une valeur numérique d'analyse de régression (Porter et Stern, 2002). La somme non pondérée des valeurs de ces quatre sous indices et on a alors obtenu l'indice global de capacité innovatrice nationale.

La méthode qu'on vient d'évoquer et qui concerne la capacité innovatrice nationale, vient aussi de l'analyse des SNI. À l'intérieur de celle-ci, des ouvrages critiques se concentrent actuellement sur la mesure du « dégagement » ou développement des systèmes globaux (ou du moins, dans certains de ses blocs constituants). Alors que quelques auteurs contribuent à ce sujet de forme générale (pour établir les bases et postérieurement procéder aux recherches empiriques), d'autres ont montré comment ces idées sur la mesure de performance des systèmes peuvent être appliquées empiriquement. Par exemple, Niosi (2002) utilise les expressions «x-inefficiency» et «x-effectiveness» quand il opère avec des potentialités innovatrices des SNI. Niosi souligne que l'apprentissage, spécialement l'apprentissage interactif, a été le principal motif des SNI, depuis le début. Les SNI sont des systèmes d'apprentissage des économies nationales (Lundvall, 1988, 1992, 1996). Il dit également que, depuis les écrits de Leibenstein (1976), nous savons que les entreprises sont «x-efficaces», mais que leur niveau d'efficacité est variable, dépendant en cela de leur organisation interne et de la connaissance accumulée. Pendant ce temps, l'économie évolutionniste et la gestion de la science ont montré que les agents ayant des frontières raisonnables, ne maximisent pas, mais «satisfont», normalement au-dessous d'un certain niveau excellent d'efficacité. Nous avons conscience que les organisations peuvent apprendre ou non. Par conséquent, tels que les entreprises, les SNI sont alors x-efficaces.

Niosi (2002) définit le «x-inefficiency» comme étant «le hiatus entre la performance observée et la meilleure performance existante (le output maximum observé en organisations équivalentes). Ce n'est pas le hiatus entre le dégagement/développement observé et l'excellence». L'auteur note qu'il est possible de soutenir que les SNI et ses institutions sont «x-efficaces». Ainsi, il définit le «x-effectiveness» comme un niveau où les institutions atteignent leurs missions organisationnelles. À cet égard, il se réfère à des exemples de missions typiques, comme les universités qui produisent un capital humain (diplômés). Certains organes dans les individus peuvent avoir une meilleure performance que les autres. Certaines institutions peuvent avoir aussi une meilleure action que les autres: quelques universités sont meilleures à produire de nouvelles connaissances ou des diplômés. Alors, l'efficacité institutionnelle surgit comme une variable quand des institutions semblables sont comparées les unes aux autres, prenant comme référence des missions similaires, et non de trop grandes différences, c'est-à-dire quand une institution est comparée à une autre, excellente. La pratique consistant à comparer l'efficacité et l'action des entreprises est déjà bien cimentée dans la gestion (cela s'appelle «benchmarking»). Il note dans son étude que, contrairement à ce que l'économie

néoclassique soutient, les institutions ne sont pas neutres et des caisses noires excellentes, mais si des organisations efficaces. Pour lui, les sources d'inefficacité institutionnelles incluent du moins quatre types: inertie organisationnelle ; contrats mal conçus ; asymétries d'information ; absence de routines d'apprentissage adéquates⁷. Il observe également que les économistes néoclassiques confondent efficace et efficacité, admettant que toutes les institutions ont un comportement identique (maximisation du profit). Toutefois, nous savons que les organisations formelles, même les entreprises, ont différents objectifs. Quelques entreprises prétendent maximiser le profit dans un court délai, alors que d'autres tendent à augmenter la part de marché au détriment des profits de court délai.

La principale mission des institutions d'enseignement supérieur polytechnique est celle de produire des diplômés, au lieu de brevets ou un nombre élevé de publications, qui sont la principale mission des universités de recherche. Les institutions atteignent leurs missions sous diverses formes. Les sources d'inefficacité pour Niosi, englobent l'absence de ressources internes adéquates consacrées à l'obtention de la mission et le manque d'un système de ressources adéquates lié à la mission. Il note encore que les inefficacités peuvent affecter globalement le SNI et les institutions⁸. Un système d'inefficacité de ce type inclut divers facteurs négatifs: règles du système inadéquates, absence ou nombre limité d'institutions clef, faible coordination entre les unités, manque de flux d'information.⁹

Bien que Niosi n'abandonne pas la présentation de quelques indicateurs d'innovation (comme, par exemple, la proportion de publications scientifiques par pays par rapport au pourcentage de population, ou le nombre de brevets d'un pays), les analyses de benchmarking esquissées laissent beaucoup d'espace pour les analyses empiriques dans les temps proches. En outre, on a besoin de faire plus d'efforts pour formaliser et spécifier une méthode de benchmarking pour les systèmes d'innovation globaux. Un pas fondamental dans cette direction est la spécification d'indicateurs utiles et fiables ou variables proches (proxy) de l'action innovatrice. Par conséquent, Niosi indique une liste de mesures possibles de performance pour les systèmes innovateurs. Il conclut que «la connaissance définitive de x-*efficiency* des institutions des SNI, et l'adaptation du benchmarking comme instrument peuvent aider à aller plus loin dans la direction d'une politique et d'une gestion orientées par le concept évolutionniste des SNI».

Carlsson *et al*, (2002) discutent aussi le thème de la mesure de l'action des systèmes d'innovation. Ils considèrent qu'il est très difficile d'évaluer la performance des systèmes globaux en raison de leur dimension et complexité. Comme possible solution pour le problème, les auteurs suggèrent qu'on se restreigne à l'analyse, c'est ce qu'ils font, en étudiant les systèmes technologiques. Ainsi, le système technologique a un certain nombre de divers acteurs: entreprises, organisations, corps politiques, et autant d'autres.

⁷ Cf. Niosi (2002, p. 295).

⁸ OCDE (1997) nous indique défauts du système pour remplacer la terminologie néoclassique.

⁹ Voir Niosi (2002, p. 296).

Évaluer la performance du système signifie alors évaluer chacun de ces acteurs/agents, non pas nécessairement de manière individuelle mais associés dans le système global. Ainsi, toutes les parties doivent avoir une certaine dimension et qualité pour que le système fonctionne bien. C'est pourquoi nous nous sommes intéressés à la performance d'un SI et à l'évaluation de l'action individuelle de chaque partie du système (par exemple, les entreprises, le système éducationnel et le marché de capitaux), bien que le centre principal soit dans le système global. Le choix exact de la mesure de la performance est compliqué et dépend du niveau d'analyse effectué, ainsi que de la maturité du système. De cette façon, pour Carlsson *et al* (2002), «mesurer la performance du système semble un sujet facile, si le niveau de l'analyse est le produit, une industrie ou un groupe d'industries». Si on adopte le produit ou l'industrie comme unité d'analyse, on peut, comme cela a été fait dans des études antérieures (Carlsson, 1997), utiliser les brevets pour calculer l'avantage technologique comparatif révélé, par exemple dans l'électronique, comme un indicateur de création/production de connaissance et indicateur de «dégagement» conventionnel d'utilisation de la technologie, comme par exemple, les parts de marché et les exportations. Ainsi, on ébauche quelques mesures possibles qui peuvent être combinées pour une évaluation de l'efficacité (voir Tableau 4.3).

Tableau 4.3 Exemples de mesures de performance appliquées à un système technologique émergent

Indicateurs de Génération de Connaissance	Indicateurs de Diffusion de Connaissance	Indicateurs d'Utilisation de Connaissance
Nombre de Brevets	Timing / Stage de Développement	Emploi
Nombre d'Ingénieurs ou Scientifiques	Acceptation Régulatrice	Turnover
Mobilité des Professionnels	Nombre de Partenaires / Nombre de Licences de Distribution	Croissance
Diversité Technologique		Actifs Financiers

Source: Rickne (2001)

On souligne, toutefois, qu'aucune de ces mesures ne peut décrire la performance, mais si elles sont combinées, elles peuvent fournir une évaluation plus complète au sujet de l'action d'un système émergent.

Les indicateurs conçus par Rickne (2001) ont permis d'analyser les entreprises actives dans un ensemble de nouvelles technologies et technologies basées sur la science, surtout les biomatériaux qui sont un sous ensemble du domaine de la biomédecine. Carlsson *et al* (2002) concluent que mesurer la performance d'un système technologique n'est pas facile et requiert une analyse soignée du niveau d'analyse et du degré de maturité du système technologique étudié. Alors, divers indicateurs sont préférables au lieu d'un seulement, en particulier quand on prétend évaluer la performance d'un système technologique émergent. Les suggestions faites par Liu et White (2001) divergent de celles présentées par Carlsson *et al* (2002). Au lieu d'examiner les éléments individuels des SNI, Liu et White (2001) soutiennent qu'il est préférable de

se centrer sur l'analyse au niveau des caractéristiques du système, tels que l'organisation et la distribution d'activités dans le processus d'innovation, les mécanismes de contrôle et de coordination, et les flux d'information, qui affectent la performance du SI. Liu et White critiquent «les questions centrées sur les acteurs» qui sont communes à beaucoup de recherches antérieures sur les SNI et revendiquent qu'il vaut mieux centrer le foyer au «niveau des caractéristiques du système» pour analyser certains aspects, comme le développement structurel ou l'efficacité des SNI. Par conséquent, les facteurs créent un cadre conceptuel pour décrire la structure, la dynamique et le «dégagement» des processus d'innovation. Cette armature se fonde sur cinq activités différentes des processus d'innovation: recherche, production (désignée par «implantation (manufacture)»), «end-use» (clients de produit ou outputs de processus), système de liaison (associé à une connaissance complémentaire) et «éducation». Dans cet article, Liu et White appliquent ce cadre au SNI de la Chine. Ils effectuent une comparaison inter temporelle entre les différents stades de développement (ou régimes) du SNI de la Chine. Ils ont analysé les différences au début de la négociation, dans l'organisation, la dynamique, ainsi que la performance de l'ancien SNI de la Chine (planifié centralement), tout comme le SNI actuel de la Chine (démocratiquement organisée).

4.7. La version d'Aalborg du concept de SNI

Comme on le sait, une des principales contributions de Schumpeter pour la compréhension des processus d'innovation, est l'interprétation de l'innovation comme étant une *nouvelle combinaison*. Ce concept est important, parce qu'il souligne deux aspects contradictoires, mais importants, sur l'innovation: sa continuité et le changement radical.

Nous continuons avec le travail de Lundvall *et al* (2002). Ainsi, la version d'Aalborg du concept de SNI peut être envisagée comme la combinaison de quatre éléments: la réintégration néo-schumpétérienne des systèmes nationaux de production, la théorie concernant l'importance du marché domestique dans le commerce international, l'approche microéconomique de l'innovation comme un processus interactif inspiré par la recherche du SPRU (Science Policy Research Unit), et, *in fine*, la reconnaissance du rôle des institutions dans la configuration des activités innovatrices.¹⁰ Cette combinaison indique que le concept a été développé pour obtenir une meilleure compréhension de la connaissance économique et de la spécialisation dans le commerce des petites économies ouvertes caractérisées par le rendement élevé per capita, mais avec une petite représentation des entreprises appuyées sur les découvertes scientifiques.

L'étude DISKO a été menée à large échelle sur le Système d'Innovation Danois dans une perspective comparée. Elle a été effectuée, surtout, dans la période de 1996 – 1999. Une perspective générique de cette étude se trouve chez Lundvall (2001). On présente maintenant quelques résultats de cette étude:

¹⁰ Nous envisageons la problématique dans le cadre de Lundvall *et al* (2002), et Freeman et Lundvall (1988).

Leçon n° 1 - *Sur la compatibilité d'égalité et de la croissance* – L'économie danoise est une des plus égalitaires du monde en termes de distribution du produit. C'est aussi une de celles qui possèdent le PNB le plus élevé per capita. Alors qu'aux USA, le succès de la croissance a été accompagné d'une plus grande inégalité, l'expérience danoise démontre qu'il n'existe pas de liaison entre une forte croissance et une croissante inégalité.

Leçon n° 2 - *Au sujet de la compatibilité de la flexibilité et sécurité sur le marché de travail* - Les organisations internationales, telles que l'OCDE, ont proposé une plus grande flexibilité dans les marchés de travail. À leur tour, les centrales syndicales s'opposent et soulignent la nécessité de sécurité. Les données relatives au Danemark permettent de voir que les formes de flexibilités les plus adéquates pour l'économie de l'apprentissage sont compatibles avec la sécurité pour les salariés. La mobilité élevée entre les employés n'a pas amené plus d'insécurité parmi eux, parce que la provision de sécurité sociale a été raisonnable. Au Danemark, l'introduction de la flexibilité fonctionnelle au sein des entreprises a tendance à réduire la flexibilité numérique.

Leçon n° 3 – *Sur l'importance de l'innovation dans les secteurs de basse technologie* – La santé relative du système danois a été construite en fonction de la spécialisation dans les secteurs de basse technologie et la plus grande partie des innovations dans ces secteurs se basent sur l'expérience au lieu d'être radicales et fondées dans la science. L'appui à l'innovation dans les domaines de basse technologie continue à être une importante priorité de la politique industrielle. Ainsi, à la lumière du discours des «nouvelles économies», on ne peut courir le risque d'oublier la rénovation de compétences dans les secteurs traditionnels, y compris le secteur des services.

Leçon n° 4 – *Les personnes et leurs modèles de carrière sont importants pour la formation d'interactions* – L'économie danoise est caractérisée par une forte interaction entre les entreprises. À son tour, l'interaction entre les entreprises et les universités est peu développée. Ceci reflète la composition de la force du travail dans les entreprises et l'absence de personnel académique dans beaucoup d'entreprises de petite et moyenne dimension. Ainsi, on peut conclure que la formation de réseaux et l'établissement de nouveaux systèmes de liaisons peut être mieux établi, en changeant les modèles de carrière et les systèmes de stimulation dans les entreprises et les universités.

Leçon n° 5 – *Ce qui est plus important, c'est de savoir apprendre et les organisations qui apprennent* – Le taux rapide de changement entame les compétences établies et requiert le perfectionnement continu de nouvelles compétences. Les entreprises qui deviennent des organisations qui apprennent, sont plus innovatrices et plus productives. Elles créent de plus en plus d'emplois stables. Les plus grandes résistances à ceci se situent à l'intérieur de l'organisation et au-delà. La promotion du changement organisationnel est en train de devenir un élément clef de la politique d'innovation. Les institutions de l'éducation et de formation nécessitent de centrer leur attention sur la façon dont apprennent les étudiants.

Leçon n° 6 – *Le capital social est important pour la croissance et pour la nécessité d'un «nouvel ordre»* - L'unique façon d'expliquer le fort «dégagement» économique du Danemark et des autres petites économies avec une faible spécialisation en produits de

haute technologie est de considérer le capital social qui facilite l'apprentissage, la collaboration et le commerce. La plus grande menace concernant ce moyen de production et d'innovation est la croissante polarisation et exclusion de celles qui ne s'adaptent pas à l'économie de l'apprentissage. Conférer à celles-ci une forte capacité d'apprentissage et d'accès aux chaînes où l'apprentissage s'effectue, est fondamentale pour le soutien de l'économie de l'apprentissage.

Quant au troisième élément, les présupposés micro, sous-jacents au concept des SNI obtiennent leurs racines théoriques dans la théorie évolutionniste de Nelson et Winter au sujet des entreprises et des marchés. Une autre importante source d'inspiration vient des découvertes empiriques effectuées au XXe siècle, pendant les années 70 et 80, par les chercheurs liés au SPRU et par Chris Freeman. L'étude Sappho poursuivie par Freeman et ses collègues dans le SPRU, au début des années 80, a donné un fort appui à l'idée que le succès dans l'innovation est associé aux rapports de long délai avec l'interaction proche avec les agents extérieurs à la firme. La présentation du modèle de «liaisons en chaîne» de Kline et Rosenberg a été également importante, dans la mesure où elle a éloigné le modèle linéaire qui avait assumé la nouvelle technologie comme résultante des efforts scientifiques ; en suivant cette voie, on a obtenu de nouveaux produits propices au commerce. Tout ceci a constitué un pas important en direction de l'idée d'un SNI, en même temps que cela a indiqué un possible fondement micro pour ce concept.

Un deuxième moment a été celui de comprendre clairement que les rapports et les interactions entre les agents doivent englober des rapports non mercantiles.

Un troisième pas a été celui de comprendre que les contextes nationaux différents offrent des possibilités distinctes pour établir des marchés organisés et un processus d'apprentissage interactif.

Le quatrième élément évoque l'importance du rôle des institutions organisées dans la détermination du taux et de la trajectoire des activités innovatrices. Cela advient du fait que l'on se centre sur le foyer de l'apprentissage interactif et sur les frontières nationales. Les institutions saisies comme modèles, habitudes et règles sont fortement enracinées dans la société et dégagent un rôle fondamental dans la détermination de la façon dont les personnes établissent des relations entre elles et comment elles apprennent à utiliser leur connaissance (Johnson, 1992).

Freeman (1995a) a posé la question de la manière suivante: est-ce l'évolution de la structure de production qui détermine l'évolution de l'arrangement institutionnel ou le contraire ? Et comment la compatibilité ou incompatibilité entre les deux affectent les modèles de croissance?

La compréhension du processus d'innovation, qui n'est pas totalement automatique, comme dans la théorie de l'innovation l'indique, est complètement délibérée comme dans les théories de gestion de R&D. Le processus d'innovation reflète l'initiative et la créativité humaine, mais il est profondément influencé par les activités de production et la charpente institutionnelle. L'institution hautement développée, la spécialisation cognitive et fonctionnelle et le changement rapide, ont posé la nécessité d'établir un système de relations, en rapport avec l'innovation, entre les parties constituantes du système. La

partie clef de ce système de liaisons tend à être organisée dans une base nationale en raison des restrictions de langage et de distance dans la coordination nécessaire des décisions et dans l'importance du processus d'apprentissage interactif. Comparé aux autres concepts du SI, le concept d'Aalborg a clairement un rôle complémentaire. En plus, le concept implique que les SNI sont plus importants dans des secteurs de production où la confiance et la connaissance tacite dégagent un rôle principal dans le processus d'innovation; c'est le cas des innovations de produit effectuées par des utilisateurs professionnels et par les fournisseurs spécialisés. La comparaison avec d'autres concepts de SI montre, toutefois, une forte limitation du concept d'Aalborg des SNI. Le concept est trop ample, pour qu'il soit transféré dans les manuels d'études des SNI concrets, et n'est pas, jusqu'à aujourd'hui, inter lié dans n'importe quel discours théorique. Le caractère pragmatique et flexible du concept peut être envisagé comme un grand avantage, étant donné qu'il devient utile et a des finalités pratiques.

4.7.1. Quels conséquences pour l'analyse du SNI portugais

On a présenté, synthétiquement l'étude DISKO menée à large échelle sur le système d'innovation danoise. On a fait ça parce que les résultats de ce travail sont, à notre avis, beaucoup importants pour l'appréciation du cas portugais. En effet, la Danemark c'est un petit pays comme le Portugal et qui a des bonnes pratiques à suivre. On peut faire quelques commentaires sur le projet DISKO pour le Portugal. En ce qui concerne la première leçon, au contraire du Danemark, l'économie portugaise est beaucoup moins égalitaire en termes de distribution du produit, par rapport à l'UE des quinze. L'économie portugaise a aussi un des plus faibles PNB per capita de l'UE. Et cette leçon devient importante pour le Portugal lorsque la Danemark a eu beaucoup de succès à la croissance, mais ça n'a pas été suivi d'une plus grande inégalité.

La deuxième leçon montre que les formes de flexibilité les plus adéquates pour l'économie de l'apprentissage sont compatibles avec la sécurité pour les salariés. Cela contrarie les proposés de large flexibilité dans le marché de travail. L'expérience de mobilité des travailleurs au Danemark n'a pas amené plus d'insécurité, parce que ce pays a une très raisonnable provision de sécurité sociale. Malheureusement, ce n'est pas le cas du Portugal. Au Portugal la mobilité n'est pas significatif par différentes raisons, à savoir : l'inexistence d'un large marché de location, et par le faible niveau de qualification, entre autres facteurs. Au Portugal, au contraire du Danemark, on vérifie que la plus grande exigence de flexibilité fonctionnelle a tendance à accroître la flexibilité numérique.

La troisième leçon montre que le système danois, basé sur la spécialisation dans les secteurs de basse technologie, est de « bonne santé ». Les innovations dans ce pays sont aussi construites en secteurs basés sur l'expérience et ne sont pas fondés dans la science. Ces aspects sont similaires à ce qui se passe au Portugal. Ainsi, tel comme pour la Danemark, une importante priorité de politique d'innovation, pour le Portugal, c'est l'appui à l'innovation dans le domaine de la basse technologie. On peut aussi souligner, qu'il ne faut pas oublier, pour le Portugal, la rénovation de la compétence dans les secteurs traditionnels.

Concernant à la quatrième leçon, il n'existe pas au Portugal une forte interaction

entre les entreprises comme dans l'économie danoise. À son tour, l'interaction entre les entreprises et les universités sont peu développées tant au Danemark qu'au Portugal. Il y a aussi de similarité entre les deux pays en ce qui concerne le personnel académique, qui est très réduite dans presque toutes les entreprises de petite et moyenne dimension. De cette façon, il est important d'établir des nouveaux et meilleurs systèmes de liaison, aussi bien que changer les modèles de carrières et les systèmes de stimulation dans les entreprises et dans l'universités.

La cinquième leçon révèle qu'en période de changement rapide est nécessaire perfectionner et acquérir continuellement des nouvelles compétences. Ainsi, tel comme dans la Danemark, au Portugal la promotion du changement organisationnelle est en train de devenir un élément clef de la politique d'innovation. Il est aussi important pour la Danemark que pour le Portugal que les institutions d'éducation mettent l'accent sur la façon dont apprennent les étudiants.

La dernière leçon, à son tour, considère que c'est le capital social que permet expliquer le fort « dégagement » du Danemark, un petit pays avec faible spécialisation en produits d'haute technologie. Cette leçon s'applique aussi au Portugal. Tel que pour la Danemark, la plus grande menace concernant à ce moyen de production et d'innovation c'est l'exclusion de tous ceux qui ne s'adaptent pas à l'économie de l'apprentissage. Pour le soutien de cette économie est crucial permettre l'accès des inadaptés aux chaînes ou l'apprentissage se fait et conférer à ces gens une forte capacité d'apprentissage. De tout cela, on peut s'apercevoir de l'importance des ressources humaines qualifiées et des institutions qui font leur formation.

4.8. Le projet de l'OCDE sur les SNI

L'analyse des pratiques et des politiques centrées sur l'innovation et ses sources est devenu le thème principal pour les agences nationales et internationales. Par exemple l'OCDE a produit des rapports sur l'innovation, et a souligné, au moyen d'études, l'importance de la diffusion et de l'innovation pour la croissance économique (Freeman, 1995b). Le projet de l' OCDE sur les SNI « met l'accent sur la nécessité des politiques nationales de régler leurs objectifs et instruments au nouveau paradigme de l'innovation technologique, basé sur la plus systématique et intensive exploitation des bases de connaissance disponibles et stratégies de recombinaison et d'intégration pour la création de la nouveauté et identifie beaucoup de domaines pour la libéralisation économique internationale potentielle qui servira à fortifier les SNI respectifs» (OCDE, 1994). Ce type d'efforts vise essentiellement à cataloguer et à analyser l'innovation, telle qu'elle apparaît à l'intérieur des systèmes nationaux, à identifier les meilleures pratiques et à proposer des politiques pour les pays membres et les grandes communautés internationales.

Le projet de l'OCDE sur les SNI a évolué au long de deux axes: i) analyse générale englobant tous les pays; et ii) analyse plus profonde d'aspects spécifiques au sein de groupes spécialisés. L'analyse générale comprend:

- la comparaison des SNI basée sur un ensemble modèle d'indicateurs quantitatifs et une information sur les profils institutionnels des pays ;
- la production de rapports, par pays, sur les modèles nationaux des fluxes de connaissance en rapport avec les processus d'innovation.

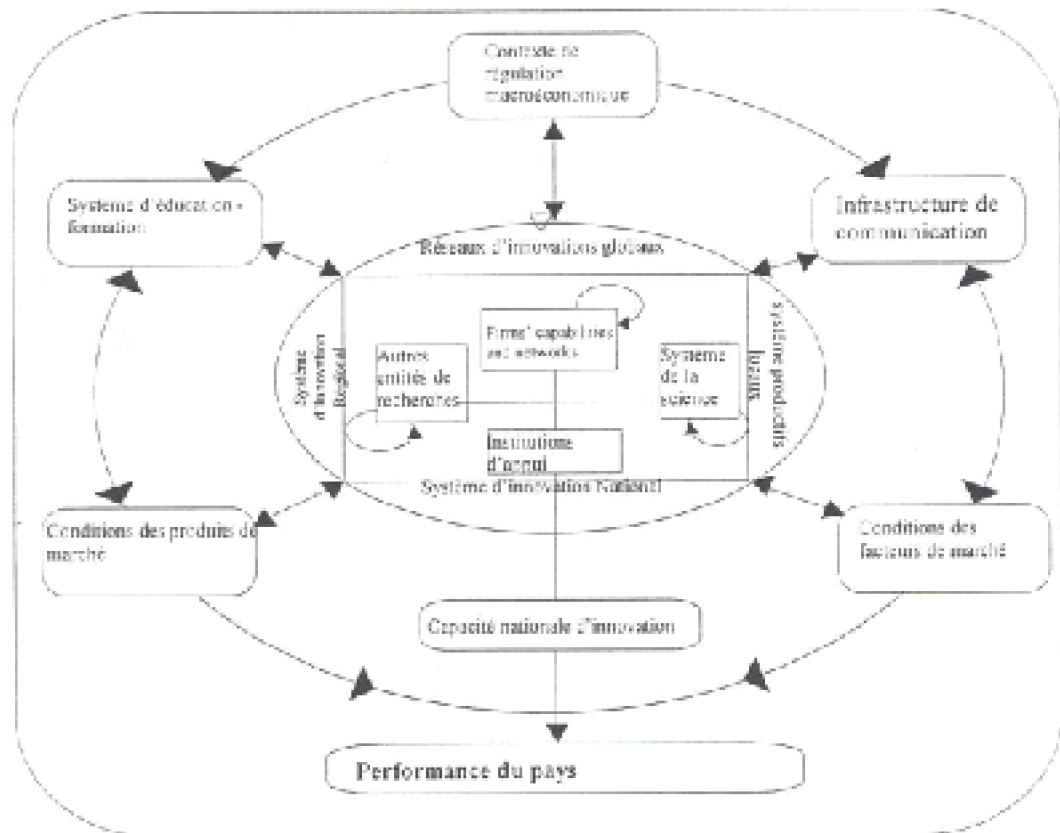
Le travail à l'intérieur des groupes spécialisés englobe les pays avec des méthodologies avancées, un ensemble de données, ou des intérêts spéciaux politiques ou de la recherche coopérant dans les six domaines suivants:

- Entreprises innovatrices
- Chaînes d'entreprises innovatrices*
- Clusters*
- Mobilité des ressources humaines*
- Cartographie organisationnelle*
- Économies en processus d'approche (catching-up)

Selon l'OCDE, les institutions du SNI, définies strictement, peuvent être divisées en cinq catégories principales:

- Gouvernements (local, régional, national et international, avec différents poids par pays) qui dégagent un rôle clef dans la fixation d'amples directives politiques;
- Institutions de liaison, tels que les Conseils de Recherche et les Associations de Recherche, qui agissent comme intermédiaires entre les gouvernements et les exécutants de la recherche;
- Entreprises privées et les instituts de recherche qu'elles financent;
- Universités et institutions en rapport, qui fournissent de la connaissance et des compétences clef;
- Autres institutions publiques et privées qui dégagent un rôle dans le SNI (laboratoires publics, organisations de transfert de technologie, instituts de recherche commun, cabinets de brevets, organisations de formations et ainsi de suite) (OCDE, 1999).

La définition ample de SNI englobe, en plus des composantes relevant de la définition stricte, toutes les institutions économiques, politiques et autres qui affectent l'apprentissage, la recherche et les activités d'exploitation. La définition stricte est incorporée à l'intérieur de la conception ample, telle qu'elle est décrite dans le diagramme de l'OCDE. (Figure4.1).



Source: OECD, *Managing National Innovation System*, OECD Paris 1999, p. 23

Figure 4.1 Les acteurs et leurs relations dans un système national d'innovation

Le rapport de l'OCDE de 2002 vise un triple objectif:

- Faire la synthèse des principales conclusions du projet SNI de l'OCDE, en particulier celles qui émanent des groupes spécialisés ;
- Contribuer à une meilleure compréhension du rôle des pouvoirs publics dans une économie basée sur l'innovation ;
- Fournir aux décideurs publics des orientations sur la façon d'appliquer le concept des SNI pour perfectionner la politique technologique et celle de l'innovation.

4.9. Benchmarking dans le contexte des SNI

Pour Niosi (2002), le benchmarking est l'observation systématique des routines organisationnelles et la comparaison de performances avec des unités supérieures au niveau de l'utilisation des ressources avec efficacité et efficace (inputs et outputs). Le benchmarking des entreprises – le développement des indicateurs de «dégagement» comparatif – a commencé à la fin des années 70 et au début des années 80 avec Xerox Corporation comme méthode pour guider le comportement des concurrents et adopter les meilleures pratiques des entreprises leaders. Les premières études du SNI ont souligné le rôle des facteurs spécifiques de la Nation en stimulant le changement technique et les modèles d'innovation spécifiques de la Nation résultant des développements historiques, politiques et culturels. Au contraire, les tendances récentes dans la littérature ont permis de voir que les comparaisons internationales sont maintenant au centre des attentions. Celles-ci sont nommées «études de benchmarking» et ont pour objectif d'identifier les politiques de «meilleure pratique» et/ou «la meilleure pratique de comportement» pour arriver à implanter des mesures de politique. La principale raison pour tout cela est que la politique se préoccupe de plus en plus de la promotion de l'innovation, ayant en vue la stimulation économique (Kleinknecht, 2000).

Balzat (2003) note que les études de benchmarking dans le contexte des SI, diffèrent, en divers aspects, des exercices de benchmarking des entreprises. En effet, les études de benchmarking, dans la sphère du SNI, ne se centrent pas toujours sur l'efficacité, parce que la relation entre les inputs et les outputs est très complexe dans le cas des SNI.

En outre, comme les résultats récents de la recherche l'ont montré, le concept de mesure d'efficacité a également été introduit dans l'approche des SNI, malgré l'existence de beaucoup de définitions d'efficacité différentes. La définition la plus vulgaire met en rapport des proxies d'output d'innovation avec des variables proxy d'input innovateur. Paasi (1998), s'éloignant de ceci, soutient que c'est la performance économique qui compte au lieu du dégagement technologique, quand on mesure le développement d'un système innovateur. Toutefois, cette définition d'efficacité est problématique dans l'esprit de Balzat (2003) pour diverses raisons: les plus importants chercheurs dans ce domaine ont éclairé le concept de SNI en affirmant qu'il ne se référait pas à l'impact des innovations dans la croissance économique, mais si aux facteurs déterminants de l'action innovatrice et aux avancements technologiques dans un pays donné. On est encore loin de comprendre ou de mesurer facilement la relation entre les dépenses en R&D et le succès des entreprises. Il semble ainsi qu'on soit loin d'établir un rapport direct entre l'input innovateur et la performance économique réel. Si on prétend que l'efficacité du SNI soit une expression avec de la signification, elle doit révéler un rapport entre les efforts innovateurs et le succès innovateur. D'un autre côté, une mesure d'efficacité des systèmes innovateurs peut montrer l'adaptation entre les secteurs technologiques et industriels d'une économie donnée et la charpente institutionnelle, ou les rapports entre les blocs constitutifs d'un système d'innovation, tels que ceux qui existent dans la recherche scientifique et le secteur privé d'entreprises.

4.9.1. L'objectif du benchmarking des SNI

Balzat (2003) souligne que le benchmarking des SNI ne doit pas être saisi comme un concept normatif. Cela découle des fondements de l'approche des SNI, en particulier les arrangements institutionnels spécifiques des nations. Par conséquent, le concept de benchmarking des SNI a besoin d'être compris comme un instrument d'information qui peut aussi bien être utilisé par les chercheurs de ce domaine que par les décideurs politiques. Il s'agit d'une fonction clef de benchmarking dans le cadre des SNI. Malgré les problèmes concernant le concept de «meilleure pratique», évoqués plus loin, les résultats obtenus dans les études de benchmarking peuvent être utilisés pour orienter l'apprentissage politique et comme input dans les discussions entre les décideurs politiques. Cela veut dire que les résultats des études empiriques peuvent aider les décideurs politiques dans la préparation et la conception de mesures pour perfectionner les SI. De cette façon, l'utilité de benchmarking systémique consiste principalement à révéler les potentialités et les faiblesses des systèmes analysés, comme conséquence des comparaisons internationales. Une condition est nécessaire pour identifier ces potentialités et ces faiblesses : il faut disposer de données importantes et fiables. En raison d'obstacles qui peuvent surgir dans cette première phase, les chercheurs ont besoin de filtrer les données comparables, harmoniser les données existantes ou, encore, de recueillir de nouvelles données empiriques. Toutes ces tâches ont des effets positifs sur le benchmarking des SNI. De cette façon, le benchmarking approfondit l'analyse des données existantes et contribue à une meilleure compréhension des processus d'innovation (Balzat, 2003).

De manière à obtenir des résultats significatifs, il est important d'utiliser divers indicateurs au lieu d'un. Cet aspect a une énorme influence sur la qualité des exercices de benchmarking. En outre, on doit faire très attention à la sélection de l'ensemble d'indicateurs, parce que cela a une importance très significative dans la valeur explicite de l'étude.

Le benchmarking des SNI, puisqu'il permet d'identifier les forces et les faiblesses du système, est une manière d'établir les processus d'apprentissage par comparaison. Lundvall et Tomlinson (2002) ont défini ce concept dans le cadre des SI, y compris la comparaison internationale des indicateurs, l'utilisation de techniques statistiques simples pour cartographier les causes et les comparaisons qualitatives des systèmes. Étant donné ce contexte, le benchmarking a le pouvoir de perfectionner avec intensité et efficacité des institutions au sein des SNI, au moyen de la création d'une ambiance d'apprentissage mutuelle.

Les études empiriques récentes se centrent sur le stock de la connaissance existante, ainsi que sur la création d'une connaissance nouvelle à travers des processus d'apprentissage, parce que tous les deux sont des inputs essentiels pour un SNI. Balzat (2003) indique notamment l'exemple d'un cas où la connaissance est changée à l'intérieur d'un élément du système : ce sont les collaborations inter entreprises. Les rapports industrie – science décrivent le cas où la connaissance est changée entre deux blocs du SI.

Comme on le sait, dans n'importe quel événement, l'échantillon des pays doit être composé très attentivement. Ceci parce qu'il est très difficile d'étudier les processus d'innovation, quand ceux-ci sont organisés de manière distincte dans les divers pays, et

quand il est encore plus difficile d'obtenir des mesures de politique technologique dans ces circonstances. Par conséquent, la valeur des exercices de benchmarking des SNI tend à augmenter quand l'échantillon des pays est, en quelque extension homogène, par exemple, en rapport aux valeurs sociales, aux objectifs politiques et au niveau de développement économique.

Par conséquent, selon Balzat (2003), le benchmarking constitue un instrument d'apprentissage en deux autres aspects qui font partie des processus d'apprentissage par comparaison : l'ouverture aux opportunités pour apprendre avec l'expérience personnelle et l'expérience des autres.

4.9.2. Dangers potentiels du benchmarking des SNI

Certains des arguments favorables à l'utilité du benchmarking des SNI nécessitent de remplir certaines contraintes au sujet de la qualité des critères relatifs aux présupposés de l'étude et à l'interprétation des résultats empiriques obtenus. Pour Balzat (2003), l'idée d'effectuer des comparaisons des SNI entre les pays (cross-country) peut être mise en cause. Il s'appuie sur certains arguments, les plus importants étant évoqués ci-dessous. Tout d'abord, l'étude de l'activité innovatrice de "per se" peut être critiquée, comme étant chargée de problèmes fondamentaux. Ceux-ci viennent, essentiellement, du pouvoir explicatif limité de beaucoup d'indicateurs d'activité innovatrice qui sont vulgairement utilisés.

La valeur explicative réduite de ces indicateurs peut être due à trois aspects. Premièrement, on doit être conscient du fait que ces indicateurs peuvent n'être que des proxies d'action innovatrice. Deuxièmement, Smith (2001) a souligné qu'il peut exister de grandes variations dans la qualité et l'utilité des séries de données au long des pays. Troisièmement, même si les recommandations qui ont été données antérieurement sont suivies, la sélection des indicateurs peut seulement être perfectionnée, mais ne peut pas être parfaite. Ceci, parce qu'on ne peut pas avoir comme acquis «que chaque pays donne une même priorité aux différents indicateurs de performance» (Lundvall et Tomlinson, 2002).

Outre ces inconvénients possibles résultant de la disponibilité et de la qualité des données, la technique même de mesure est en discussion. En effet, quelques études de benchmarking se basent sur des inputs et/ou outputs, soit, les facteurs déterminants et/ou les résultats de l'activité innovatrice même.

Les découvertes de ces études empiriques fournissent certainement une information valide ; cependant, ni les inputs ni les outputs innovateurs peuvent être appris exclusivement, parce qu'il existe des interdépendances dans tous les stades d'activité innovatrice. De même, il est également difficile de tenir compte des institutions des pays, de considérer ou même mesurer les différences internationales dans des environnements internationaux dans les études de benchmarking des SNI.

Par ailleurs, le benchmarking des SNI a été intensément critiqué, à cause de l'idée essentielle de découverte de la meilleure pratique. On a soutenu que le concept de meilleure pratique est inconsistant compte tenu de l'hétérogénéité des SNI, qui a été

observée dans des études antérieures. L'idée de base sous-jacente à cette critique est que les grandes différences des SI ont peu d'importance, que ce soit la relation aux structures institutionnelles ou aux structures organisationnelles et l'identification de benchmarks (référentiels).

Une critique finale exposée par Balzat (2003) concerne la mise en place des recommandations politiques. Ceci résulte des racines théoriques des approches systémiques de l'innovation, surtout l'interprétation évolutionniste du changement économique. Selon cette perspective, les économies changent en permanence ; elles ne sont jamais en repos. Donc, elles n'atteignent pas un point d'équilibre statique, où toutes les variables économiques atteignent un niveau excellent (voir Metcalfe, 2001). Comme les structures économiques sont vouées aux changements, il devient incertain que les mesures de politique choisies puissent montrer leur véritable efficacité.

4.10. Perspectives futures au sujet du développement des SNI

Malgré les progrès atteints ces dernières années, il y a encore beaucoup de marge pour de nouveaux perfectionnements concernant les SNI. Cela s'applique principalement aux études comparatives qui évaluent les potentialités et faiblesses d'un SI. Bien qu'il y ait beaucoup de chercheurs dans ce domaine à utiliser de plus en plus le terme «benchmarking» (voir analyse effectuée sur ce sujet), ils n'arrivent pas à aller au-delà de la forme descriptive d'analyse des systèmes. A part l'analyse de Furman *et al* (2002) qui s'appuie en partie sur le concept de SNI, aucun autre processus de mesure modèle n'a été développé depuis, à notre connaissance. Mais il est impérieux de comparer les systèmes, parce que sans cela, il n'est pas possible de savoir si la performance de ceux-ci est bonne ou mauvais ; il est donc important de développer des méthodes rigoureuses qui permettent les comparaisons de performance dans les SNI.

Pour Balzat (2002), les comparaisons entre les SI ne doivent pas être uniquement fondée sur des indicateurs numériques. Elles doivent être considérées dans un contexte ample et englober des aspects qualitatifs et structurels typiques des pays à analyser.

4.11. Convergence, divergence et systèmes nationaux d'innovation

Ces dernières années, on a pu constater une augmentation des multinationales et de la collaboration internationale entre les entreprises. De cette façon, selon ces auteurs, (Niosi *et al*, 1993) si cette tendance persiste, elle peut limiter l'utilité du concept de SNI et le rendre dépourvu de sens. En d'autres termes plus généraux, cela aboutira à une convergence des pratiques sur le plan mondial. De toute façon, la convergence et la

divergence ont toujours été présentes au sein du système mondial, et c'est à partir de cette tension que les systèmes d'innovation sont nés. Les tendances pour la convergence ont été, par exemple, la chute de la proportion de travailleurs employés dans le secteur de l'agriculture survenue avec l'industrialisation, celle-ci ayant été accompagnée par une augmentation des revenus per capita. Cependant, tout récemment, les dépenses de R&D en pourcentage du PNB ont augmenté (tout au moins jusqu'au début des années 80) au fur et à mesure que le revenu per capita des pays augmentait. De la même façon, la proportion des dépenses en R&D au sein de la balance des paiements technologiques a augmenté avec le revenu per capita.

Malgré ces tendances convergentes, banales en ce qui concerne la majeure partie des pays, un certain nombre de caractéristiques sont spécifiques à chaque pays, comme par exemple, le fait que certains soient forts en technologie et dans le commerce. Cette spécificité ne peut pas être expliquée par l'attribution de facteurs, mais il est raisonnable de penser qu'elle est causée par la configuration institutionnelle spécifique du pays, et le caractère particulier de connaissances que ces institutions possèdent. Pour les auteurs, le concept de SNI continuera à avoir un sens si, en même temps que les tendances convergentes (par exemple la globalisation internationale), on continuera à vérifier des tendances divergentes qui continuent à maintenir l'hétérogénéité et les asymétries locales et nationales. Ainsi, il est souhaitable de rappeler que les SNI ont commencé par être très différents en ce qui concerne leurs structures institutionnelles, et qu'ils interprètent de façon différente les mêmes tendances croissantes qui sont observées à l'échelle mondiale. Par conséquent, bien que les tendances convergentes puissent continuer, on peut toujours s'attendre à ce que les disparités entre les différents SNI subsistent par rapport aux tendances actuelles d'internationalisation.

Dans un autre travail, Niosi et Bellon (1994), en partant de la définition de Niosi *et al* (1993), s'intéressent à l'ouverture des SNI mais aussi à leur degré d'interaction. Ainsi, ces deux éléments – interaction et ouverture – indiquent un certain degré de convergence entre les SNI. Par le biais de l'adoption de routines extérieures et de technologie étrangère, les SNI convergent partiellement de façon asymptotique.

Pour ces auteurs, la convergence sociale et scientifique renvoie aux dimensions spécifiques du processus de rattrapage, à travers lequel les nouvelles nations industrialisées se rapprochent des plus évoluées. Cependant, l'ouverture est accompagnée d'un accroissement au niveau de la coopération internationale et de la concurrence entre les entreprises des différents gouvernements nationaux, ce qui a pour conséquence d'accélérer le changement technologique et d'augmenter le risque d'exclusion des flux internationaux de technologie des pays qui ne participeront pas au processus. En outre, elle facilite une croissance en ce qui concerne la spécialisation. Alors, nous pouvons argumenter que le degré d'ouverture des économies détermine l'imitation scientifique et technologique, ainsi que la convergence susceptible de survenir dans les systèmes les plus ouverts, et, en même temps, le processus de divergence et d'exclusion dans les systèmes les plus fermés. Comme le soulignent les auteurs, la convergence ne signifie pas uniformité et elle coexiste avec une relative diversité et avec l'exclusion.

Il y a de plus en plus d'auteurs qui affirment que la connaissance technologique et

scientifique a tendance à devenir globale. Ceci implique que, par le biais des laboratoires de R&D des multinationales, la technologie est facilement produite et divulguée, indifférente aux frontières nationales. De la sorte, les SNI deviendraient moins importants. Toutefois, la technologie peut être créée et divulguée par d'autres mécanismes, en plus de ceux qui sont inclus dans la théorie de la globalisation. C'est le cas, par exemple, des alliances techniques internationales qui créent une technologie nouvelle et perfectionnée à travers des projets de recherche conçus et exécutés au-delà des frontières nationales. Le transfert international de technologie, parmi les pays développés, a augmenté (depuis les années 70, du XXe siècle), ce qui se traduit par une plus grande convergence. De plus, le commerce international de biens et services de haute technologie a augmenté de façon marquée. Quant à la connaissance scientifique de base, celle-ci a fortement augmenté ces dernières décennies à cause du déplacement de scientifiques et d'étudiants de pays en pays. Pareillement, la recherche scientifique est produite de forme globale et divulguée à la même échelle. De ce fait, les théories de la globalisation assument quelques unes des hypothèses : tendance vers des biens et des services plus homogènes; déplacement massif de l'industrie; dérèglement total de la production ; marchés à capitaux parfaits; acquisition de toute la technologie par les corporations multinationales.

Si ces arguments se confirment, les SNI tendront à disparaître ou bien leurs frontières seront de plus en plus discréditées au fur et à mesure que les fluxes des unités innovatrices internationales deviendront plus importants que ceux des unités nationales.

Lundvall (2000) a abordé cette question. Il se demande: est-ce qu'il est utile d'étudier les SNI dans un monde où l'autonomie des États/Nation est en train d'être minée par les processus de globalisation?

Il discute trois dimensions au sujet de la façon dont les systèmes nationaux peuvent converger ou diverger. La première se rapporte au PNB per capita, la deuxième avec le degré de spécialisation et la troisième avec l'arrangement institutionnel. Spécialement en ce qui concerne la troisième dimension, l'auteur travaille avec la définition ample de SNI. Une des principales raisons des différences des SNI, réside, dans son esprit, dans les personnes et la compétence constructive. La façon dont les personnes sont formées, détermine comment elles vont agir dans le développement de nouvelles idées, et la dynamique spécifique nationale des marchés de travail déterminera le mode de diffusion et d'utilisation de la connaissance par les entreprises, localisées dans une nation donnée. Aujourd'hui, on peut affirmer que, contrairement à la part scientifique des SNI qui est devenue croissante, «globalisée», les systèmes d'éducation et les marchés de travail restent plus fermés et spécifiques à la nation. Il existe diverses préoccupations politiques associées à la convergence et à la divergence des SNI :

- les différences dans les niveaux de rendement per capita entre les pays peuvent être vues comme un problème de dissemblance ou d'opportunités inégales ;
- les différences dans la spécialisation internationale sont généralement envisagées comme positives et l'engagement dans le développement de la spécialisation est envisagé comme une source de croissance globale de bien-être. C'est pourquoi la convergence des modèles de spécialisation où les pays pauvres prétendent imiter les

riches peut être envisagée comme un prés-requis pour le «catching-up» (Archibugi et Michie, 1998; Fagerberg, Guerreri et Verspagen, 1999) ;

- les différences institutionnelles entre les pays peuvent être visualisées comme un facteur positif qui aide l'innovation et contribue à la stabilité dans une période de changements rapides. Ainsi, d'un côté, on peut aboutir à des économies d'échelle en créant un espace homogène ample et, d'un autre côté, la diversité institutionnelle peut inciter à l'apprentissage et à l'innovation.

Un aspect politique spécial résultant de la diversité institutionnelle, est l'idée qu'il existe un unique chemin avec une «bonne pratique» de faire certaines choses (organisations des transports, éduquer les personnes, régulariser les industries,). Cette idée est en contradiction avec la notion de système, elle tend à nier le fait que le contexte systémique ait un effet important sur ce qui fonctionne et ne fonctionne pas.

On doit souligner que la plupart des modèles de croissance des nations, à l'exception de ceux inspirés par Schumpeter, fonctionnent avec des données agrégées au niveau national et laissent peu d'espace pour l'impact de la dispersion et de la diversité. Généralement, ces modèles renvoient à une économie fermée, et comme telle, ils négligent l'importance pour la croissance économique des relations avec le reste du monde. Donc, les modèles de catching-up (rapprochement) de croissance économique ont été plus conduits par l'observation empirique que par des inspirations théoriques. Dans cette analyse de rapprochement (catching-up), on retient que les différences de productivité et de déséquilibre sont des facteurs de croissance économique. Les différences de productivité à l'intérieur des secteurs et entre ceux-ci peuvent être envisagées comme des sources potentielles pour la croissance économique. Le développement capitaliste a créé, de par sa nature (à travers l'innovation) et alimente (au moyen de l'imitation) ces différences. C'est en se basant sur cette perspective de déséquilibre que Schumpeter soutient que le capitalisme ne peut exister sans innovation (Lundvall, 1997). Alors que la diversité est traitée comme une chose peu commode dans les modèles néoclassiques, elle est vue comme un élément clef quand on prétend expliquer de nouvelles combinaisons et l'innovation dans la tradition économique évolutionniste. Dans cette perspective, les frontières nationales peuvent être envisagées comme une catégorie spéciale de barrières à convergence. Ces barrières peuvent être vues selon deux perspectives différentes. Pour le courant économique principal, le point central se base sur le fait que les flux de marchandises, capital, travail et connaissance circulent mieux à l'intérieur qu'à travers les frontières nationales. L'autre perspective considère que ces barrières reflètent les interdépendances systémiques entre les variables et que les interactions à l'intérieur du système peuvent stimuler la capacité d'innover (Lundvall, 2000).

Le rapprochement, qui semble se produire seulement pour un certain nombre de pays et dans une période donnée, indique qu'il n'existe pas une cause simple et automatique dans les processus de croissance. La capacité d'absorption (Abramovitz, 1994) sociale a été utilisée comme terme de rapprochement global de la capacité nationale pour observer de nouvelles technologies et de meilleures techniques de gestion pratiques. Ce concept englobe la qualité des ressources humaines envisagées comme un

facteur clef, mais aussi y compris d'autres facteurs, comme le degré d'ouverture au reste du monde et des infrastructures, comme les institutions et règles qui appuient le changement et la construction de compétences.

Pour Abramovitz (1994), il existe plusieurs raisons possibles pour qu'un pays avec une basse productivité puisse atteindre un pays avec une productivité élevée. Les raisons sont celles-ci:

- un pays en retard peut avoir de plus grands développements, à travers la substitution d'un équipement plus moderne ;
- les stimulations à l'investissement sont plus grandes dans les pays en retard, (l'intensité du capital est plus faible) ;
- comme les pays plus en retard possèdent une plus grande proportion de travail dans le domaine de la basse productivité, il existe plus d'opportunités pour une ré-affectation du travail qui conduit à la croissance de productivité agrégée ;
- ces facteurs peuvent se combiner de manière à dilater l'output et les marchés, ce qui, postérieurement, se traduira en profits de productivité. Sans empêchements, ces facteurs peuvent conduire à une tendance à la convergence. Cependant, des facteurs existent, historiques et institutionnels, qui conduisent, en premier lieu, au retard de certains pays par rapport à d'autres.

Abramovitz classe ces restrictions en deux types de groupes «limitations de convergence technologique» et «capacité sociale». La première est mise en rapport avec le fait que la technologie n'a pas un impact homogène sur des contextes différents. La deuxième se préoccupe de la définition de capacité sociale, telle qu'elle a été formulée par Ohkawa et Rosovsk (1973). Celle-ci comprend les caractéristiques générales des systèmes nationaux, tels que le niveau de l'éducation, le capital social, l'infrastructure financière et les institutions économiques et politiques qui rendent possible la croissance économique.

Un autre facteur déterminant du rapprochement (catch-up) est la nature externe (flux d'entrée de capitaux provenant des autres pays). C'est par exemple le cas de l'Irlande dont les taux de croissance relativement élevés seraient difficilement concevables sans l'investissement dans les industries de haute technologie de capital externe, principalement les États-Unis.

Les dépenses nationales en R&D de l'Irlande se situent en bas de la moyenne communautaire, mais sont en train de croître rapidement ; à leur tour, les flux d'entrée d'investissement direct ont été plus élevés que la moyenne communautaire. Ainsi, la façon dont les systèmes nationaux interagissent avec le reste du monde, devient de plus en plus importante. Les croissantes «externalités» (spillovers) sont globales au lieu de nationales, ce qui fait que la capacité d'absorption nationale est plus importante, surtout pour les pays en retard. Cette discussion nous conduit à des considérations sur les sources de rapprochement (catching-up). Dowrick (1994) suggère que les effets d'externalités sont des sources importantes de croissance pour les pays de moyen et élevée production, mais ne le sont pas pour les pays de basse production. Cela est dû à l'absence d'infrastructures de «convergence technologique» et «capacité sociale» dans

ces derniers pays pour faire un usage d'effectif de ce qui devrait être un bien public. D'autres sujets peuvent devenir obsolètes dans la littérature économique. C'est le cas par exemple des explications au sujet du «change d'inégalité» et de l'«impérialisme». Les «externalités» sont généralement vues comme quelque chose de mauvais dans les «nouvelles théories de la croissance», étant donné qu'elles peuvent baisser le montant de R&D exécuté par les entreprises en raison de quelques connaissances que celles-ci obtiennent pour être atteintes librement, réduisant de manière significative les stimulations pour que celles-ci investissent. Dans ces théories, la R&D augmente la connaissance et, ainsi de suite, l'innovation technologique, laquelle à son tour stimule la croissance. Cependant, il existe un manque d'attention relativement à d'autres facteurs, comme les institutions, les facteurs organisationnels, les conditions locales, etc., qui peuvent être aussi des facteurs importants pour la croissance. Les nouvelles théories de croissance confient trop dans la nature endogène du changement technologique pour l'élimination d'importantes «externalités».

Le travail sur ces paradigmes technico-économiques et les vagues longues de Freeman et Perez est aussi intéressant, parce qu'il montre que le type de capacité d'absorption sociale peut être différent dans des périodes historiques distinctes, reflétant en cela les caractéristiques du paradigme technico-économique prédominant (Perez, 1998). Par exemple, Freeman soutient que la diffusion du nouveau paradigme technico-économique est vulgairement caractérisée par la divergence au lieu de la convergence, aussi bien en termes d'élargissement de la dissemblance du rendement que de l'élargissement des hiatus de rendement entre les systèmes nationaux (Freeman, 2000).

Des travaux récents de l'OCDE sur la nouvelle économie soulignent également des tendances de croissance divergente entre ces pays, comme le modèle dominant dans les années 90 (OCDE, 2000b; OCDE 2000c). La période de rapprochement de 1950 à 1970 semble avoir été un processus unique, aussi bien en termes locaux (à l'intérieur de l'OCDE), qu'historiquement.

Le travail de Fagerberg *et al* (1994) ajoute une dimension intéressante à l'analyse de rapprochement. Cela indique qu'en moyenne, dans la dernière décennie, il y a eu une convergence entre les nations européennes ; pour les régions européennes, l'histoire est différente. Ici la connaissance de base des régions est importante pour expliquer pourquoi les différences de rendement restent constantes ou s'amplifient (Cappelen, Fagerberg et Vespagen, 1999).

Convergence et divergence en termes de spécialisation de la production, commerce extérieur et des connaissances.

Sous-jacente à la définition élargie de SNI, on observe une inter dépendance entre la spécialisation de la production, du commerce extérieur, et la spécialisation dans la production de la connaissance. Une analyse récente des tendances et impacts de la spécialisation pour la période de 1980-92 met en évidence une certaine tendance à la convergence dans les modèles de spécialisation. Dans ce sens, il existe des rendements

décroissants de spécialisation (Begg *et al*, 1999).

Une dimension de la spécialisation, analysée dans les dernières décennies, a été le poids relatif des marchandises intensives en R&D, dans la production et dans le commerce extérieur. On considère en général que la spécialisation dans les industries «Hi-Tech» a un impact positif dans la dynamique globale de l'économie. On doit cependant observer que les plus petits pays de l'OCDE qui ont un bon niveau en termes de croissance et de bien-être ne sont pas spécialisés en produits de haute technologie (Freeman et Lundvall 1988). D'un autre côté, ces pays sont des utilisateurs très intensifs de technologies d'information et de communication (TIC) dans la production et dans la consommation (Dalum *et al* 1999). Cela suggère qu'il existe une nécessité de changer le niveau de spécialisation dans l'offre de haute technologie.

Une faiblesse, dans la plus grande partie des études sur la spécialisation, est celle qui concerne le manque de données relatives aux services, ce qui incite l'analyse à se centrer fortement sur l'industrie. Aujourd'hui, les services sont très importants, non seulement parce qu'ils emploient beaucoup de personnes dans la production, mais aussi parce qu'il y a de plus en plus de données prouvant que certains services tendent à devenir des actifs stratégiques. Ainsi, les services intensifs en connaissances sont de plus en plus des facteurs de croissance et de compétitivité dans les systèmes nationaux, bien que ceci ne se reflète pas encore dans les statistiques du commerce.

Récemment, quelques travaux se proposent de mesurer l'impact des services dans les différents contextes nationaux ; et ils montrent des différences nationales importantes, aussi bien dans le développement historique que dans les conséquences macroéconomiques (Tomlinson, 2000). La spécialisation dans ces services basés sur la connaissance sera fondamentale pour la croissance future, surtout dans le domaine des TIC et des services d'ordinateur.

Selon Lundvall et Tomlinson (2000), le processus de globalisation a un impact contradictoire quant au niveau et forme de la spécialisation. Le fait que les entreprises multinationales ont une plus grande liberté pour localiser les activités où celles-ci sont menées avec plus d'efficacité tendra sans doute à renforcer les modèles de spécialisation existants.

En même temps, la spécialisation devient encore plus directement liée à la base de connaissance. Pour cela, on devra s'atteindre à une corrélation plus étroite entre la spécialisation dans la production et la spécialisation dans la connaissance. Ces mécanismes opèrent dans le sens de la divergence en termes de spécialisation.

Les arrangements institutionnels : convergence et divergence

Il s'agit là d'une question difficile. Ceci parce qu'il est possible de trouver des bons indicateurs pour le PNB per capita et pour les modèles d'évaluation, et, qu'il est impossible de faire la même chose quand nous sommes en présence de caractéristiques institutionnelles. Décider les caractéristiques qui doivent être sélectionnées comme les plus importantes est un travail en soi-même complexe et révèle des prémisses fragiles et des présupposés théoriques plus ou moins implicites. Lundvall et Tomlinson (2000),

proposent que l'analyse se centre sur trois catégories de facteurs, chacune d'elles expliquée par cinq facteurs. Dans le travail de Lundvall et Borras (1998), ces trois catégories sont inter liées à des domaines politiques.

Lundvall et Tomlinson (2000) proposent une logique semblable pour grouper les facteurs institutionnels dans les SNI et la construction de blocs:

A – Pression en faveur du changement

- Exposition à la concurrence internationale
- Type de concurrence nationale
- Règles macroéconomiques en faveur de la stabilité
- Régimes gouvernementales – centre d'intérêt et horizon temporel des décideurs
- Droits de propriété intellectuelle

B – Capacité à innover et à construire de la compétence

- Institutions scientifiques et technologiques – leur autonomie et leur potentiel d'intégration
- Éducation des ingénieurs et du travail qualifié
- Dynamique du marché de travail, formation du marché de travail et apprentissage (house learning)
- Relations industrielles – conflit et coopération dans les processus de changement social
- Inter relation – entre les entreprises et les producteurs de connaissance

C – Facteurs culturels et principes de répartition

- Rôle de la connaissance codifié par rapport à la connaissance tacite dans le processus d'innovation.
- Confiance et capital social comme base pour l'apprentissage interactif
- Principes dominants pour la répartition des coûts et des bénéfices de changement
- Idéologies (individualisme, étatisme et action collective)
- Capacité à entreprendre

Le premier ensemble de facteurs est beaucoup plus politisé et à cause de cela, tend à se centrer sur les négociations internationales et les forums internationaux de pensée.

Le deuxième ensemble de facteurs est plus profondément institutionnalisé et socialement incorporé. Les tentatives pour « forcer politiquement » la convergence génèrent une plus grande résistance. Par exemple, les institutions du marché de travail et en particulier les systèmes d'éducation tendent à rester profondément nationaux.

Le troisième ensemble de facteurs désigne ceux qui sont plus fortement enracinés dans l'histoire et dans la culture. Ils reflètent non seulement les expériences historiques nationales, mais aussi les différences ethniques et religieuses des pays et des régions. Le

mouvement des personnes à travers les frontières nationales contribue aussi à la convergence culturelle entre les systèmes nationaux et à la croissante diversité à l'intérieur de ces mêmes systèmes.

L'absence de convergence pour toutes les dimensions crée de nouvelles tensions relativement à la migration internationale des travailleurs hautement qualifiés. Par exemple, les spécialistes d'ordinateurs de l'Inde constituent une large et croissante proportion du marché de travail dans la Silicon Valley. Deux pouvoirs existent alors, qui reflètent la convergence et la divergence dans les arrangements institutionnels. L'un, c'est le processus politique et l'autre, le processus de globalisation économique.

La résistance actuelle face à la globalisation montre que le changement institutionnel est si grand qu'il défie les valeurs fondamentales de manière si radicale que les personnes ont des difficultés à l'accepter. Des tendances génériques quant aux processus de globalisation affectent tous les systèmes nationaux. Une des principales tendances est celle de la rapidité du changement. Cela implique que le principal défi est celui d'apprendre à faire face aux nouveaux problèmes. Mais il n'existe pas un unique type d'arrangement institutionnel qui permet de faire face avec succès à cette espèce de défis. Selon l'OCDE, les économies ayant le plus de succès, outre les États-Unis, dans la «nouvelle économie», sont les petites économies homogènes avec un fort système de production (Welfare State), (OCDE 2000b, 2000c).

4.12. Quelques conclusions

Lundvall *et al* (2002) considèrent quatre grands défis pour le concept de SNI. Le premier concerne la clarification et l'approfondissement du concept du SNI. Le deuxième est celui de fonder le concept d'une manière plus robuste quant au processus d'apprentissage et de construction de compétences. Le troisième défi est en rapport avec le besoin d'améliorer l'analyse du développement et d'étudier les formes de production de connaissance. Le dernier défi consiste à appliquer le concept du SNI à la politique d'innovation et à la coordination politique.

Balzat et Hanusch (2003) proposent d'autres trajectoires de développement possibles pour le concept des SNI. Ainsi, il semble clair que les approches systémiques d'innovation continueront à construire le cadre pour les études empiriques de l'innovation, (principalement pour les économies développées et les nouveaux pays industrialisés). Ces auteurs identifient trois domaines pour développer cette approche.

Premièrement – Il manque une claire et explicite combinaison du concept de SNI avec la croissance économique. Au-delà de la relation entre le changement technique et la croissance économique, il y a déjà longtemps que ce changement est étudié à travers différents modèles de croissance économique et grâce à des approches modernes de l'innovation, comme celui des SNI. Ils n'ont pas été jusqu'à présent mis en rapport de manière analytique avec la croissance économique (voir Porter et Stern, p. 12; Balzat et Hanusch, 2003).

- *Deuxièmement* – L'effet réciproque entre le SI d'un pays et les autres sous-systèmes économiques (par exemple, les marchés de travail et le système financier) est loin d'être étudié en détail. Cette restriction est encore plus surprenante, dans la mesure où les SI ont été définis comme étant des systèmes ouverts ; il est amplement reconnu que la force d'un SI dépend des liaisons avec les autres sous segments d'une économie.
- *Troisièmement* – Ce domaine est en rapport avec notre connaissance au sujet des propriétés dynamiques des SNI qui continuent à être limitées, spécialement en ce qui concerne leur stabilité et leur évolution structurelle ¹¹. En étudiant ces aspects du concept de SNI, on serait plus en accord avec les fondements de la théorie des systèmes et de l'économie évolutionniste. On considère comme élément de base de cette ligne de théorisation économique les mutations qualitatives, qui impliquent que les processus dynamiques soient au centre. Ainsi lorsqu'on prétend mener avec sérieux les fondements théoriques de la notion de SI, on doit avoir une compréhension plus subtile du nécessaire évolution des systèmes.

Balzat et Hanusch (2003) ne tiennent pas pour acquise l'approche des SNI. Au lieu de cela, ils pensent que le point important de l'analyse se déplace de la perspective nationale vers la perspective sectorielle ou régionale, y compris la théorie des clusters (grappes). Ces changements d'analyse seront pertinents si les attaches intersectoriels internationaux continuent à s'intensifier et les attaches nationaux à perdre de l'importance, et, si le cadre institutionnel national s'effrite en détriment du cadre des institutions régionales et sectorielles.

D'autre côté, il est préférable d'utiliser plutôt des concepts de SI que le concept de SNI, si on prétend étudier les secteurs ou les régions avec un peu plus de détails. Cela parce que le concept de SNI met l'accent sur les différences nationales dans les relations entre l'arrangement institutionnel et le développement technique sur les divergences nationales dans les structures économiques. L'utilité des frontières nationales des SI peut, selon Balzat et Hanusch (2003), être réduite également par l'intégration économique internationale (voir le contexte de l'Union Européenne, par exemple).

Les travaux sur les SNI ont donné peu d'attention au sous-système associé avec le développement des ressources humaines ¹². Ça inclut l'éducation formelle et la formation, la dynamique du marché de travail, l'organisation de création de la connaissance et d'apprentissage dans les entreprises et dans les réseaux. Tel comme Lundvall (2001), nous considérons que ce sous-système serait confronté avec très forte nécessité d'invention sociale dans le prochaine futur en toutes les systèmes nationaux et que presque toutes les spécificités de ces systèmes sont enracinés dans ce sous-systèmes.

Les ressources humaines qualifiés dans les SNI sont, pour nous, fondamentales. Dans le prochaine chapitre on prétend démontrer l'importance de ces ressources dans la formation des réseaux, et les liaisons entre celles-ci et les entreprises pour accroître la

¹¹ Carlsson et al (2002).

¹² Une des exceptions, c'est l'étude d'Amable, Barré et Boyer (1997) où le marché de travail et les systèmes de formation ont été intégrés dans l'analyse des « systèmes sociales d'innovation ».

croissance économique.

Comme on a déjà souligné, dans un monde en mutation rapide les organisations qui apprennent sont plus innovatrices et productives. En conséquence, il faut perfectionner et améliorer la formation et la qualification des ressources humaines. Ainsi, les institutions d'éducation et de formation ont besoin de se concentrer sur la façon dont apprennent les étudiants. On a aussi emphasized le capital sociale nécessaire pour faciliter l'apprentissage et éviter l'exclusion. À ce sujet, il est essentielle conférer aux individus une forte capacité d'apprentissage, ce qui devient de plus en plus important dans l'économie du savoir.

De tout ça, on peut soutenir qu'il faut étudier, analyser et mieux comprendre le rôle des systèmes d'éducation et de formation dans les SNI. Ceci est objet d'analyse dans les chapitres suivants.

5. Le capital humain et l'économie de la connaissance

5.1. Qu'est-ce que le capital humain?

Les modifications dans les ressources humaines (par exemple, la capacité humaine intellectuelle) a depuis longtemps été reconnue (Becker, 1962; Kendrick, 1976; Schultz, 1961, 1971) comme un important facteur de croissance économique et un élément essentiel du processus de production. En raison de sa complémentarité avec l'investissement dans le capital physique, et, à cause de son importance comme facteur de production, la notion de ressources humaines est généralement évoquée dans la littérature spécialisée par l'expression «capital humain». Le capital humain peut être défini comme une connaissance que les individus acquièrent, pendant leur vie et qui l'utilisent pour produire des biens et services ou idées en circonstances de marché ou de non marché. En termes économiques simples, le capital humain est tout ce qui n'est pas capital physique, c'est-à-dire usines et équipement, ou capital financier. Tout au long du dernier siècle, la proportion de capital physique dans le PNB a fortement diminué dans les économies modernes. À son tour, la part du capital humain a fortement augmenté conduisant au concept de l'«Economie de la Connaissance». Toutes les formes de capital étaient traditionnellement envisagées comme inputs dans le processus de production de

biens et services, mais le rôle du capital humain comme simple input est maintenant vu d'une manière beaucoup plus complexe. Depuis quelques temps, il est l'objet de débats dans la littérature économique. La théorie moderne soutient que le capital humain a la capacité intrinsèque de se développer de façon autonome et aussi de modifier d'autres inputs, et que c'est cette propriété qui conduit à une économie en constant dynamisme. En effet, le capital humain est l'unique facteur de production qui est capable de créer des biens nouveaux et des processus de production perfectionnés et, en plus, de promouvoir leur diffusion à travers l'économie.

L'OCDE (2001) définit le capital humain comme «la connaissance, la capacité, compétences et attributs incorporés dans les individus qui facilitent la création de bien-être économique et social». De cette façon, la composition du capital humain est maintenant vue d'une manière large, contrairement à ce qui arrivait dans la vision traditionnelle où était elle seulement envisagée en fonction des capacités et des connaissances humaines. Ce qui est maintenant le plus important c'est la façon dont les individus travaillent en équipe et en chaîne pour intégrer leurs capacités et leurs connaissances, de manière à atteindre des résultats. On considère le capital humain comme différent, quoiqu'il soit associé au capital social et au capital politique. L'OCDE définit le capital social comme des «relations, en rapport avec les normes et valeurs partagées, qui facilitent la coopération parmi les groupes». Le capital politique se réfère au cadre institutionnel et à la sphère du gouvernementalisme. Il devient plus que le capital humain et le capital social se renforcent mutuellement. Le capital humain est un concept, qui revêt de multiples facettes et qui accapare divers types d'investissement dans les ressources humaines.

La santé et l'alimentation sont des aspects importants pour cet investissement, notamment dans les pays en voie de développement (PVD), dans lesquels les insuffisances sont susceptibles de restreindre sévèrement la capacité de la population pour s'engager dans des activités productives. Le travail de De La Fuente et Ciccone (2002) se réfère à l'aspect clef du capital humain comme étant les compétences et la connaissance possédées par l'individu et accumulées au cours de la scolarité, de la formation et des expériences, et qui sont nécessaires et utiles pour la production de biens, de services et de connaissances nouvelles.

Pour valoriser cette définition, il peut être utile de distinguer les trois composantes du capital humain :

1. les compétences génériques relatives à l'alphabétisation et au calcul de base et, de façon plus large, à la capacité de traiter l'information et de l'utiliser pour la résolution de problèmes et l'apprentissage ;
2. les compétences spécifiques – ce sont celles qui sont associées au fonctionnement des technologies ou de processus de production particulières ;
3. les connaissances techniques et scientifiques, qui correspondent à un grand ensemble de connaissances et de techniques analytiques spécifiques qui peuvent être importantes pour la production ou le progrès technologique.

David (2003) a développé une taxonomie simple mais utile qui met en évidence que le

capital humain est constitué par certaines composantes ou «capacités». Il identifie deux formes principales de capital humain: tangible et intangible. Les formes tangibles englobent la longévité, les conditions psychologiques et la santé. Ces formes ne seront pas analysées ici, bien qu'elles soient utiles du point de vue de la construction d'un système d'innovation globale. Quant aux formes intangibles de capital humain, celles-ci sont subdivisées par David en trois groupes principaux d'attributs :

Habiletés psychomotrices (comment savoir, "know-how" et le pouvoir faire, "can-do"). 1.

Capacités de procédé: 2.

- pouvoir de création, faculté innovatrice ;
- capacités sociales, telles que la diligence, la loyauté, la faculté de coopération, la confiance (savoir comment, "know-how", savoir qui, "know-who") ;
- flexibilité, formation continue ;
- résolution de problèmes, position de leader, gestion de tâches complexes.

Capacités cognitives (savoir pourquoi –"know-why" et savoir quoi –"know-what"). 1.

Une autre distinction importante pour la compréhension des liaisons entre le capital humain, l'innovation et la croissance, est celle qui est faite entre les capacités tacites et les capacités explicites ou codifiées. La connaissance codifiée est celle qui est externe à la personne qui l'a créée et qui peut être changée et utilisée par d'autres ; c'est celle qui est contenue dans les publications, projets, et autres. La connaissance tacite est «incorporée» dans l'individu lui-même (ou groupe) et est transmise au moyen de l'insertion de l'individu ou à travers la mobilité.

Nous retrouvons d'autres caractéristiques du capital humain abordées dans la littérature :

- le développement du capital humain est cumulatif, c'est-à-dire que chaque nouvelle capacité s'appuie sur une capacité antérieure. Ce processus d'accumulation tend aussi à se déplacer incrémentalement au lieu de procéder-par «sauts»;
- la nature synergique de la nouvelle formation du capital humain qui est, parfois, en contradiction avec la notion d'accumulation incrémentale. Au lieu du groupement d'une nouvelle habileté à une autre, elles sont capables d'inter- agir de manière à ce que la résultante soit plus performante que la somme des parties.

5.2. La contribution du capital humain à la croissance, ce que dit la théorie économique

On peut soutenir que l'apparition des modèles de croissance endogène, dans la

deuxième moitié des années 1980, a redonné un rôle clef au capital humain. Cependant, l'importance du capital humain, envisagé comme facteur critique pour le développement économique, n'est pas une nouveauté. En effet, déjà dans les années 1960, Schultz (1961), Becker (1962), Mincer (1969) et Nelson et Phelps (1966) soulignaient la grande importance de l'«investissement dans les personnes». Les nouveaux modèles de croissance endogène, nés des contributions pionnières de Romer (1986) et Lucas (1988), en surmontant les restrictions du progrès technologique, implicites dans le modèle de Solow, mettent l'accent sur l'accumulation du capital humain comme source déterminante de la croissance économique.

D'après les contributions de Becker (1962) et les développements de Lucas (1988), à propos de la théorie de la croissance endogène, le capital humain est envisagé comme un input productif, comme que le capital physique et le travail. La croissance économique résulte des contributions de cet input, et les différents taux de croissance entre les pays s'expliquent, fondamentalement, par les différences au rythme de l'accumulation du capital humain. Une autre face du capital humain, initialement citée par Nelson et Phelps (1966) et, postérieurement, reformulée par les nouvelles théories de croissance, se réfère à l'impact positif qu'il a sur la capacité d'innover de l'économie. L'éducation, comme élément du capital humain, surgit de cette façon, comme intimement associée au processus d'innovation. En effet, une population avec un niveau de scolarité élevé, en plus d'augmenter la probabilité d'occurrence d'innovations, tend à absorber avec une plus grande facilité les innovations technologiques. Ceci, à son tour, fait apparaître une accélération du processus de diffusion technologique, à l'intérieur de l'économie, qui se traduit par une augmentation de la croissance économique.

L'éducation formelle (ou niveau de la scolarité) est habituellement considérée comme la composante la plus significative du capital humain (Schultz, 1961, 1963, 1993 ; Becker, 1962). Pour cela, beaucoup d'études utilisent ces deux concepts indistinctement. Il existe déjà certaine évidence empirique montrant que c'est, essentiellement, à travers l'impact sur la capacité d'innovation et de diffusion technologique que le capital humain (plus concrètement l'éducation) influence le taux de croissance des économies (voir par exemple, Benhabib et Spiegel, 1994).

Ainsi on considère l'importance de l'interaction du capital humain au niveau de la capacité d'innovation et pas tellement comme simple facteur de production (perspective ancienne de Nelson et Phelps, 1996).

Les relations éducation/croissance sont fondées sur trois hypothèses :

1. La croissance de productivité (total des facteurs), ou le taux d'innovation, tend à croître avec le niveau de scolarité Ceci est consistant avec les modèles théoriques de Schumpeter, (1951) et Romer (1990). ;
2. La productivité marginale du capital humain, (soit, les surcroîts relatifs de rendement atteint par chaque augmentation additionnelle du niveau de scolarité) est une fonction croissante de taux de progrès technologique Rosenzweig (1996) souligne particulièrement cet aspect. ;
3. Le capital humain permet un plus grand potentiel d'apprentissage technologique des

pays moins évolués par rapport aux nations plus développées. Par conséquent, les premiers obtiennent un taux de croissance de productivité plus élevée, quand ils sont activement insérés dans des activités d'innovation ou de diffusion technologique. «Ainsi, quelques auteurs comme, par exemple, Zon et Muysken (1996) montrent que l'accumulation de capital humain tend à être une « arme » contre le chômage, dans la mesure où ce dernier tend à être plus commun et permanent dans les groupes d'individus avec des niveaux de formation plus bas. Dans cette perspective, une politique d'éducation généraliste (c'est-à-dire dont l'objectif consiste dans l'augmentation du niveau moyen du stock de capital humain de l'économie), en permettant un incrément dans la mobilité du facteur travail, est susceptible de réduire l'inégalité dans les rendements. » (Aghion et Howitt, 1998, cf. Aurora Teixeira, 1997, p. 30).

De ce qui est exposé en 1 et 2, on peut déduire qu'entre le capital humain et le progrès technologique, il existe une interaction réciproque.¹³

La troisième prédiction souligne un aspect essentiel dans l'analyse des questions du capital humain, notamment sa complémentarité avec les activités de R&D et le capital physique. Elle suggère que les politiques macroéconomiques qui ont affecté les taux d'innovation et l'investissement (en capital physique) tendent à influencer la recherche relative des travailleurs en fonction de leur niveau de qualification. De cette façon, les gouvernements pourront augmenter le niveau moyen de scolarité de leurs populations, non seulement au moyen des politiques éducatives mais, de manière indirecte et complémentaire, grâce à l'appui des activités de R&D. De façon additionnelle, les subventions publiques à l'éducation, en contribuant à l'augmentation de la rentabilité des activités de R&D, pourront accélérer le progrès technologique¹⁴. Bertel et Lichtenberg (1987) présentent des observations concordantes avec la première prévision; ils constatent que la recherche relative des travailleurs qualifiés diminue au fur et à mesure que le stock de capital physique vieillit, quand on est dans un processus de « dégénération technologique » et/ou faible innovation. D'un autre côté, le travail de Benhabib et Spiegel (1994) soutient empiriquement la troisième prévision.

5.3. Éducation et croissance

On suivra ici le travail de Temple (2000) relatif aux effets de l'éducation et du capital social

¹³ « Hirshleifer (1996) élargit le cadre de cette fonction de capital humain en avançant que celui-ci sera critique, dans la mesure où augmente la capacité de réaction des personnes, non seulement envers les situations de constants changements technologiques, mais aussi face à des situations de grand doute, notamment des crises économiques non-prévues. » (cf. Aurora Teixeira, 1997, p. 31).

¹⁴ « Scherer et Huh (1992) mettent en évidence l'existence d'une corrélation positive, significative d'un point de vue statistique, entre le niveau de qualification (technique) des gérants/entrepreneurs et les dépenses des entreprises en R&D. (cf. Aurora Teixeira, 1997, p. 31)

sur la croissance dans les pays de l'OCDE. On n'aborde pas toutefois la formation professionnelle. Celle-ci, de par sa nature, varie assez d'un pays à l'autre et, dans le cas du secteur industriel, elle est étroitement liée aux stratégies de production. Les comparaisons internationales sont pour cela plus difficiles. Quand on pense à l'éducation, aussi bien les économistes théoriques qu'empiriques ont généralement adopté une vision chez stricte des bénéfices de celle-ci. Cette vision est intégrée dans un contexte plus élargi, ce qui est important pour formuler des options de politique globale.

Comme on le sait, l'éducation contribue fortement aux performances des individus comme au développement global des sociétés. Quand on pense en termes politiques, on doit avoir dans l'esprit que l'éducation a des bénéfices significatifs sur le bien-être qui ne sont pas mis en évidence par les modèles et par les données. Ces profits peuvent inclure des effets sur la santé publique, l'environnement et la participation politique de la communauté (voir OECD, 1998; Behrman et Stacey 1997 et Wolfe et Haverman 2000).

Même les bénéfices de l'éducation qui sont directement appropriés par les individus (bénéfices privés) ne sont pas toujours bien saisis par la théorie économique et par l'analyse empirique. Il est probable que l'éducation ait autant un bénéfice immédiat dans la consommation qu'un effet à long terme dans la satisfaction avec la vie, tout le reste étant constant (*ceteris paribus*). Le problème réside ici dans le fait d'avoir beaucoup plus de difficultés à mesurer le bien être (concept subjectif) d'une manière significative, que la production de biens et services.

Dans un travail innovateur, Blanchflower et Oswald (2000) ont estimé des coefficients avec des «équations de bien-être» qu'ils ont mis en rapport avec les caractéristiques des individus. Ils ont découvert que la connaissance éducationnelle est associée à un plus grand bien-être, même quand on contrôle les rendements de la famille. De telles découvertes ont des implications significatives pour la politique éducative. Par exemple, il est possible qu'un élargissement de l'éducation d'un individu ait un effet sur le bien-être des autres. Dans ce cas, les individus tendent à sous investir dans l'éducation du point de vue de la société. D'un autre côté, l'éducation peut affecter le « bien-être » parce qu'elle influence les perceptions du statut d'un individu par rapport aux autres. Dans ce cas, les résultats peuvent sous estimer l'effet de bien-être d'une expansion de l'éducation. Étant donné que l'on sait peu de choses sur ces effets, on suivra la littérature spécialisée qui analyse les conséquences de l'éducation sur la productivité. Un point de départ naturel est celui du bénéfice direct, c'est-à-dire la différence que l'éducation d'un travailleur crée en termes de productivité. Considérant quelques présupposés, examinés plus loin, on peut estimer l'influence de l'éducation sur la productivité en utilisant des différentiels de salaire entre travailleurs, lesquels varient selon les niveaux éducationnels. Quand on compare avec d'autres mesures, le produit par heure travaillée est habituellement le meilleur guide pour le bien être. D'autre part, le bénéfice d'un surcroît de productivité horaire peut inciter les individus à travailler moins d'heures.

Il est difficile de capter les externalités dues à l'éducation en utilisant des données micro. Toutefois on a fait des progrès significatifs, et cela sera vu plus loin. Les externalités sont également une motivation importante pour visualiser la relation entre l'éducation et la croissance, au niveau des pays. On fera une analyse synthétique des travaux théoriques au sujet des relations entre l'éducation et la croissance. (Pour une

synthèse plus détaillée et rigoureuse, voir l'étude de Aghion et Howitt, 1998). On prétend maintenant savoir si les modèles classiques fortifient l'idée que l'éducation dégage, généralement, un rôle fondamental dans la croissance. On se pose, à ce sujet, certaines questions: peut-on conférer à l'éducation un fondement théorique solide du point de vue économique? Dans quelle mesure les hypothèses nécessaires sont-elles plausibles? Est-ce que les modèles permettent de capter les effets de l'éducation ?

Une des contributions les plus proéminentes et influentes fût le travail de Lucas (1988), qui s'appuie sur les travaux plus anciens de Uzawa (1965). Dans ces modèles, le niveau de production dépend du stock de capital humain. À long terme, une croissance soutenue est possible si le capital humain peut croître sans limites. Ceci complique l'interprétation de la conception de capital humain de Uzawa – Lucas en termes de variables qui sont généralement utilisées pour mesurer les connaissances éducationnelles, comme les années de scolarité. Pour ces auteurs, la notion de «capital humain» semble être plus intimement liée aux connaissances qu'aux habilités (savoir-faire) acquises au moyen de l'éducation. Une manière de mettre en rapport le modèle de Uzawa-Lucas avec les données est de suggérer que la qualité de l'éducation peut s'accumuler au long du temps (Bils et Klenow, (2000). Ainsi, les connaissances transmises aux enfants d'aujourd'hui sont supérieures à celles qui existaient en 1950 ou 1900, ce qui approfondira les contours de la productivité pour chacune de ces générations. De cette façon, même si les connaissances éducationnelles sont constantes au long des années, le stock de capital humain pourra augmenter de manière à induire les niveaux croissants de production. Cette argumentation conduit encore à des difficultés au niveau de l'éducation universitaire. Certains secteurs peuvent exister dans lesquels les connaissances acquises ont aujourd'hui un plus grand effet sur la productivité qu'avant (médecine, informatique et peut-être l'économie), mais dans d'autres où les diplômes sont moins professionnalisés, cet argument est moins convaincant. Dans le cas de l'enseignement primaire et secondaire, où les savoirs de base sont mis en avant, il devient encore plus difficile de soutenir l'idée qu'une amélioration dans la qualité des études crée une croissance durable. Finalement, ces modèles n'indiquent pas, en général, comment on peut perfectionner la qualité des études. Les individus peuvent augmenter le stock de capital humain, ou de connaissances, en affectant certain de leur temps à cette activité.

Une classe alternative de modèles souligne plus les stimulations dont les entreprises disposent pour créer de nouvelles idées. Les modèles de croissance endogène, soutenues par l'étude de la R&D, conduisent au résultat que, le taux de croissance dépend, en partie, du niveau de capital humain. Le présupposé est que le capital humain est un facteur clef dans la production de nouvelles idées.

Par contraste avec le modèle de Uzawa-Lucas, celui de Romer (1990) montre qu'il est possible qu'un surcroît ponctuel du stock de capital provoque une accélération indéfinie du taux de croissance. Effectivement, dans beaucoup de modèles de croissance endogène, le capital humain doit dépasser un certain seuil pour que l'innovation survienne.

Dans la plupart des modèles de croissance avec R&D, le stock de capital humain est considéré comme étant a priori exogène. Des travaux plus récents, comme ceux

d'Acemoglu (1997) et Redding (1996), relâchent ce présupposé et analysent ce qui arrive quand les personnes peuvent choisir et investir dans leur éducation ou dans la formation pendant que les entreprises investissent en R&D. Pour certaines valeurs des paramètres, il est possible de rencontrer des équilibres multiples, étant donné que les motivations des travailleurs pour investir dans le capital humain, et celles des entreprises pour investir en R&D, sont interdépendantes. Ces modèles suggèrent qu'à un niveau acquis, des augmentations d'investissements en éducation ou en formation peuvent induire une augmentation dans les dépenses de R&D et vice-versa.

Un autre aspect intéressant des modèles de croissance récentes consiste à suggérer que les individus peuvent sous investir dans leur formation. Rustichini et Schmitz (1991) analysent cet argument en détails. Ils présentent un modèle dans lequel les individus répartissent leur temps entre la production, la recherche originale et l'acquisition des connaissances. Chaque individu sait que, s'il acquiert des connaissances à travers les études, il peut augmenter sa productivité dans les recherches suivantes, mais étant donné qu'il n'a pas la perception claire des avantages de la recherche, il tend à lui consacrer peu de temps, par rapport au résultat socialement bon. Rustichini et Schmitz calibrent un modèle simple, et découvrent que, bien que l'intervention politique ait un effet peu décisif sur le temps dédié aux études, elle peut avoir un effet appréciable sur les taux de croissance.

Récemment, Romer (2000) a observé que les modèles de croissance tirée par la R&D, pourraient éclairer les responsables de la politique de l'éducation. Il a remarqué que, dans les modèles référés antérieurement, la croissance est déterminée par la quantité de moyens dédiés à R&D et pas seulement par les personnes qui leur sont affectées. Dans un modèle plus général et plus réaliste, l'augmentation des dépenses en R&D se traduira, d'une certaine façon, par la totalité des moyens consacrés à la recherche, et ainsi de suite, en fonction de la croissance.

En guise de synthèse on reprendra l'analyse de Temple (2000). Ces modèles sont significatifs pour plusieurs raisons:

Le capital humain est une ressource importante pour la création de nouvelles idées et 1. ceci justifie la thèse selon laquelle l'éducation est une déterminante essentielle des taux de croissance, même à long terme.

Parfois, ces modèles admettent le résultat suivant : les conséquences du «laissez 2. faire» conduisent à une croissance plus réduite de ce qui est socialement bon.

Ces modèles suggèrent que les responsables politiques ont des options diverses 3. pour augmenter le niveau de production: non seulement des subventions pour la R&D qui sont difficiles de mettre en pratique, mais aussi des subventions pour certains types d'éducation. Globalement, ces modèles suggèrent que la politique éducative est une des premières à considérer, quand on prétend saisir les facteurs déterminants de la croissance.

5.3.1. Éducation et croissance – analyses empiriques

Comme nous l'avons déjà noté antérieurement, les modèles théoriques plus récents

est protégé en vertu de la loi du droit d'auteur.

suggèrent que la connaissance est potentiellement le support de la croissance. Maintenant, et continuant à suivre Temple (2000), on analysera les tentatives des économistes pour quantifier cet effet. Le principal objectif sera de mesurer les bénéfices de l'éducation sur la productivité en utilisant la variation dans la connaissance éducationnelle et les taux de croissance dans les différents pays. Beaucoup d'arguments comme quoi l'éducation peut affecter la croissance dépendent, fondamentalement, de la relation entre l'éducation des individus et leur niveau de productivité. La preuve de ceci, ira clairement fortifier le cas global, de manière à ce que l'on puisse considérer l'éducation comme un déterminant de la croissance. En outre, une compréhension des faiblesses et des potentialités trouvées dans le marché du travail aide à placer dans leur contexte les observations macroéconomiques. Ayant cela à l'esprit, on va se référer aux démonstrations relevant de l'Économie du Travail, à la comptabilité de la croissance, aux données des analyses internationales des régressions, aux travaux récents sur les externalités du capital humain. On fera *in fine*, une synthèse de ces aspects.

5.3.2. Évidence résultante de l'économie du travail

Les chercheurs dans ce domaine étudient les relations entre l'éducation et la productivité en utilisant les données obtenues dans des enquêtes sur le rendement du travail et les caractéristiques d'un grand nombre de personnes. Les techniques utilisées pour analyser les données sont de plus en plus sophistiquées. On fournit ainsi des mesures des rendements privés de l'éducation de plus en plus précises. Il y a, cependant, beaucoup de divergences, entre les économistes de ce domaine au sujet de la façon dont on identifie le rendement social de l'éducation. Ainsi, les diplômes peuvent avoir une valeur dans le marché du travail, parce qu'ils indiquent une aptitude. En conséquence, le rendement privé des études peut être élevé, même si l'éducation n'a pas un effet certain sur la productivité.

Quand on effectue l'analyse du rendement privé, la méthode empirique habituellement utilisée consiste à expliquer la variation des rendements du travail entre les individus, en faisant une analyse de la régression dans laquelle les variables explicatives comprennent le nombre d'années d'études, l'âge ou une variable simple qui indique l'expérience professionnelle, aussi bien que d'autres caractéristiques. Les spécifications les plus courantes s'inspirent assez des travaux de Mincer, et d'autres auteurs plus anciens, au sujet des fonctions qui mettent en relation les rendements du travail et le capital humain.

Certains problèmes économétriques relatifs à ces spécifications ont été étudiés par Temple (2000) et ne feront pas ici l'objet de considérations. Toutefois, on peut affirmer que les données qui indiquent une corrélation positive entre les rendements du travail et les travaux sont fiables et incontestables; la difficulté consiste à donner une interprétation de cause à effet pour cette corrélation. Les travaux dédiés à l'éducation cherchent actuellement à analyser les causalités. Un travail ayant beaucoup d'influence, à ce sujet, fût celui de Angrist et Krueger (1991). Ces auteurs observent que, puisqu'il existe l'obligation de rester à l'école jusqu'à un certain âge, les personnes nées avant l'année civile atteignent l'âge minimum de sortie du système scolaire dans un stade plus précoce

de leurs études. Ces auteurs constatent, ce qui est peut être un peu surprenant, que les estimatives des rendements des études, calculées sous la forme de variable, sont identiques aux estimatives classiques et sont assez précises.

Une autre expérience instrumentale étudiée, est celle relative aux vrais jumeaux qui ont des niveaux de scolarité différents. Considérant que ces jumeaux ont les mêmes gènes et partagent le même milieu familial, alors la différence de salaires entre eux avec un nombre d'années d'études différent pourrait fournir des informations utiles sur les effets de l'éducation dans la productivité.

Card (1999), par exemple, étudie les relations entre l'approximation géographique des établissements d'enseignement supérieur et le choix des études des personnes. Les recherches de ce type ont renforcé la thèse des effets de l'éducation sur la productivité, mais beaucoup de lacunes continuent à exister. Cela fait longtemps que l'on pense que le rendement privé de l'éducation peut être un indicateur faible du rendement social. Les études théoriques de Spencer (1973) mettent en évidence que les employés peuvent valoriser fortement le niveau des études, fondamentalement parce que celui-ci marque une attitude inadéquat et non parce qu'il a un effet sur la productivité.

Les modèles de signal notent que les personnes ont des particularités que les employeurs apprécient, mais qui ne sont pas observées adéquatement à l'occasion du recrutement (aptitude, motivation, etc.). S'il existe une corrélation systémique entre ces caractéristiques et les coûts et bénéfices de l'éducation, ceci peut conduire à un équilibre dans lequel les personnes douées de grandes aptitudes continuent leurs études plus longtemps, parce que cette décision identifie leurs aptitudes devant les employeurs.

Cet argument donne une raison plausible à l'existence d'une corrélation entre les aptitudes et les années d'étude et suggère que la production peuvent être mis en corrélation avec les années d'étude ; de même, la scolarité peut ne pas avoir un certain effet sur la productivité. Peu de doutes existent quant à la signalisation qui explique, en partie, les différences de salaires relatifs à l'éducation, mais leur importance globale continue d'être controversée. Weiss (1995) et Quiggin (1999) ont des perspectives très différentes sur la généralité théorique et la validité empirique des modèles de signal.

Le rendement des particuliers et le rendement social peuvent se distinguer d'autres façons. Dans certains pays, spécialement les plus pauvres, le secteur public est le principal employeur de personnes avec des qualifications élevées. Comme Pritchett (1996) le souligne, le présupposé qui consiste à affirmer que les salaires différentiels se reflètent en des différences de produits marginaux est difficile à soutenir dans ce contexte. Si les diplômes servent à déterminer l'accès à un nombre restreint d'emplois bien rémunérés dans le secteur public, les fonctions de rendement du travail peuvent révéler un effet d'éducation, même si son effet sur la productivité est réduit ou même nul.

Le problème général est que les estimations des fonctions de rendement du travail captent mieux les rendements privés de l'éducation, alors que les responsables publiques s'intéressent surtout aux rendements pour la collectivité. Ces deux types de rendement peuvent diverger pour un certain nombre de raisons. Les arguments évoqués plus haut impliquent que le rendement social de l'éducation est inférieur au rendement privé. Il est même difficile d'établir une limite inférieure pour les rendements sociaux.

Il existe aussi des raisons pour penser que le rendement social de l'éducation pourrait être supérieur au rendement des particuliers. Il est probable que les individus ne s'approprient pas, si non partiellement, des bénéfices pour la société, provenant de leurs études. Un autre argument important nous fait dire que les services d'éducation peuvent dégager un rôle utile en permettant une meilleure adéquation entre les travailleurs et les emplois (Arrow, 1973; Stiglitz, 1975). En d'autres mots, même si l'éducation sert seulement comme facteur de signal, nous ne devons pas conclure qu'elle est un facteur de gaspillage pour la communauté.

En somme, il y a un ensemble significatif d'observations qui soutiennent que le rendement des études pour les particuliers est très élevé. D'après les conclusions de Card (1999), il est peu probable que le rendement marginal moyen soit très inférieur aux estimations des minima des fonctions de rendement. L'idée selon laquelle ce rendement des particuliers provient d'un véritable effet sur la productivité est loin d'être universellement accepté.

5.3.3. La comptabilité de la croissance

Comme nous l'avons vu, les ouvrages des économistes de travail fournissent assez d'enseignements au sujet des rendements des individus dans le domaine de l'éducation. Toutefois, ces études ne fournissent pas d'information sur les autres facteurs de la croissance globale. La comptabilité de la croissance partage fondamentalement les surplus de productivité en deux composantes, l'une qui peut être expliqué par l'augmentation des moyens mis en pratique et l'autre, le «résidu», qui capte les mutations d'efficacité, reflétant partiellement les changements dans la technologie. Pour expliquer l'évolution de la production, le changement dans la quantité de chaque input est pondéré par son produit marginal qui est représenté par sa rémunération dans le marché. Ainsi, pour analyser la contribution de l'évolution du niveau de formation, le chercheur sépare la main d'œuvre des niveaux de scolarité et fréquemment d'autres caractéristiques disponibles, comme l'âge et le sexe. Les modifications du nombre d'employés à chaque niveau de scolarité sont alors pondérées par leurs produits marginaux et évalués par le rendement moyen associé à chaque niveau d'études, ce qui fournit l'évolution globale en forme d'indice de main d'œuvre «efficace» ou ajustée en fonction de la qualité. Cette méthode permet, en dernière analyse, de quantifier la proportion de la croissance de production qui peut être directement attribuée au surcroît de connaissances éducationnelles.

Griliches (1997) a fait une synthèse de la littérature spécialisée et a mis en évidence deux principaux présupposés. Premièrement, on assume que les différences de rémunération observées dans le marché correspondent raisonnablement aux différences de produit marginal. Deuxièmement, on admet dans les calculs que les différences dans les rendements de marché en accord avec le niveau de scolarité, sont imputables aux études et non à d'autres facteurs, telles que les capacités innées ou l'environnement familiale qui peuvent être mises en corrélation avec les études.

Les exercices de comptabilité de la croissance varient amplement quant à la variété avec laquelle ils séparent les facteurs liés à la main d'œuvre. Les études dans lesquelles

on a procédé à une séparation détaillée par niveau de scolarité se limitent presque toutes au cas des États-Unis. Un exemple important à ce niveau est l'étude de Gollop et Fraumeni (1987). Ils constatent que, pour la période de 1948-79, le facteur main d'œuvre contribue à peu près 1/3 à l'augmentation de la valeur globale, que mesure de ce facteur considère aussi bien les heures travaillées que la qualification de la main d'œuvre. Les changements dans l'indice global de qualité de la main d'œuvre sont basées sur une évolution de la composition du nombre total d'heures travaillées par âge, sexe, niveau d'instruction, catégorie professionnelle et profession. Ces auteurs observent également qu'une modification favorable dans la qualité de main d'œuvre est responsable, pour à peu près 1/10, de l'augmentation de la valeur ajoutée, ou pour à peu près 1/5 du résidu de productivité qui subsiste après la comptabilisation de la contribution à la croissance du capital physique.

Le niveau d'analyse de la population active a connu aussi des changements importants dans les autres pays de l'UE au cours des derniers cinquante ans. Englander et Gurney (1994) observent que l'enseignement supérieur en particulier s'est développé rapidement dans de nombreux pays, membres depuis 1960. D'autres travaux ont besoin de confirmer ces tendances (OCDE, 1998; et OCDE 2000a, 2000b). Les études plus connues et qui saisissent l'évolution de la situation dans les dernières années dans un certain nombre de pays, sont celles de Maddison (1987, 1991). Celui-ci soutient qu'au XXe siècle, le niveau de formation a eu des améliorations régulières dans six pays qu'il a analysés (États-Unis, France, Japon, Pays-Bas, République Fédérale d'Allemagne et Royaume-Uni). Une implication sous-tend qu'il est peu probable que les changements de tendance dans les connaissances éducationnelles fournissent une explication satisfaisante pour la transition de l'Europe d'une situation de croissance rapide pendant l'«âge d'or» (1950-73) vers une décroissance de la productivité après 1973. Parmi les études les plus récentes, figure celle de Jorgenson et Yip (1999) qui ont procédé il y a peu de temps à un exercice de comptabilité de croissance détaillée pour les pays du G-7, et ont présenté des estimations d'amélioration de la qualité de main-d'œuvre pour 1960-95. La séparation de ces auteurs est plus fine que celle adoptée par Maddison, et il est alors plus difficile de mesurer le rôle de l'éducation dans l'évolution d'indice global de la qualité de la main-d'œuvre. On peut alors se demander, dans quelle mesure, les différences de niveaux de formation expliquent la variation du PIB par habitant, dans les divers pays membres de OCDE. Les recherches empiriques autour de ces théories de ce type commencent à apparaître. Woessman (2000) analyse cette stratégie en détail. En partant de l'hypothèse que le rendement privé des études capte un effet véritable d'éducation sur la productivité, l'analyse de cet auteur conduit malgré tout à penser que les niveaux de formation représentent un élément fondamental de la variation de production dans les pays membres de l'OCDE.

5.3.4. Démonstration à partir des analyses économétriques de la croissance

Le but principal des analyses économétriques de la croissance est de fournir une méthode pour tester directement les effets de l'éducation sur la productivité. Par exemple,

est protégé en vertu de la loi du droit d'auteur.

Arrow (1973) a observé que l'utilisation de données macroéconomiques serait une manière de tester les arguments de la théorie du signal, bien qu'il ait révélé un certain scepticisme sur la fiabilité de ce type d'approche empirique. Les travaux actuels permettent de mieux comprendre à quel moment et dans quelles domaines ce pessimisme se justifie. Ici, on passe en revue les problèmes les plus importants relatifs à la mesure des effets de la croissance de l'éducation au niveau macroéconomique.

Divers ouvrages très connus dans ce domaine adoptent des positions très diverses sur l'importance de l'éducation. Une des contributions les plus connues et influentes dans la littérature empirique sur la croissance est celle de Mankiw, Romer et Weil (1992) ou MRW. Les estimations pour un pays de l'OCDE, peuvent être utilisés pour montrer l'importance potentielle de l'éducation. Prises à la lettre, ces estimations impliquent que si l'investissement en capital humain (en % du PIB) augmente d'un dixième, la production par travailleur augment de 6%; si l'investissement en capital humain double, le produit par travailleur pourra augmenter de près de 50%.

Comme l'a souligné Temple (1999a), des résultats de ce type semblent assez suspects, dans la mesure où toutes les analyses économétriques de la croissance ont en commun un nombre déterminé de problèmes statistiques importants. Dans le contexte présent, un des inconvénients de la plupart des études de régression est que ceux-ci se concentrent sur un grand échantillon qui inclut les pays moins développés, ainsi que les pays de l'OCDE. Ainsi, on doit faire attention quand on retire des conclusions pour la politique de l'OCDE basée sur des échantillons qui sont généralement constitués par des pays en développement.

Les chercheurs ont généralement utilisé des deux spécifications principales dans la modélisation de la croissance et de l'éducation. Dans la première, qui est aussi la plus générale, le chercheur calcule une relation de croissance à partir de variables de contrôle et du niveau initial d'une mesure d'éducation, comme le taux de scolarisation dans l'enseignement secondaire ou (de préférence) le nombre moyen d'années de scolarité. L'idée sous-jacente est que le stock de capital humain peut influencer la croissance dans une variété de modes, notamment en affectant la capacité du pays à adapter la technologie provenant de l'extérieur. Dans la seconde formulation, on utilise l'évolution du niveau de scolarité atteint, et non son niveau absolu pour expliquer l'accroissement dans la population.

Nous retrouvons typiquement un effet de la scolarité qui est grande et estimé de forme précise, du moins quand le produit initial par travailleur est aussi inclus comme variable explicative (Barro, 1991). Il n'est pas encore toute à fait clair que ces résultats soient applicables aux pays de l'OCDE.

Dans un travail intéressant, Englander et Gurney (1994) estiment des équations de croissance, mais avec une limitation de l'échantillon aux pays de l'OCDE. Dans les quatre séries de régressions, trois comprennent des variables représentatives du capital humain, en règle général, les taux de scolarité restreints à l'école primaire et au secondaire. Ces variables dénotent un «ajustement» relativement bon, mais sont encore loin d'être fiables.

Une autre étude intéressante qui présente des résultats pour un échantillon de pays de l'OCDE est celle de Germmell (1996). Cette étude souligne les problèmes d'utilisation

des taux de scolarisation et établit d'autres indicateurs alternatifs de capital humain basés sur les résultats obtenus dans l'enseignement primaire, secondaire et supérieur. Pour un échantillon de 21 pays de l'OCDE, il constate une corrélation entre le nombre de personnes ayant un diplôme de l'enseignement supérieur et la croissance subséquente. Il obtient aussi des preuves que l'investissement humain, dans les pays de l'OCDE, est positivement lié au pourcentage de la population active avec un enseignement secondaire.

Un des inconvénients de la plupart des études internationales est l'existence de différences significatives dans la nature et la qualité des études dans divers pays, ce qui peut compromettre l'utilité des comparaisons internationales. Même les paramètres, tels que la durée d'une année scolaire, peuvent varier de manière surprenante d'un pays à l'autre. Un ensemble de données alternatives qui permettraient de dépasser ces problèmes, dans une certaine mesure, ont été introduits par Hanushek et Kimbo (2000). Ils proposent de mesurer la connaissance éducationnelle, en utilisant les résultats des tests internationaux d'évaluation de compétences cognitives en mathématiques et en sciences. Les résultats montrent que l'éducation a un effet significatif sur la croissance, même si l'échantillon qu'ils utilisent inclut des pays moins développés. Les possibilités d'application aux pays de l'OCDE ne sont donc pas encore tout à fait claires.

L'approche théorique de la littérature macroéconomique consacrée à l'éducation et à la croissance a suscité un certain nombre de critiques, émises notamment par des économistes du travail. Un argument utilisé par Topel (1999) est celui que l'effet mesuré du niveau initial de capital humain est trop important pour être crédible. Une dernière critique concerne le présupposé que les fonctions de rendement traditionnelles captent globalement les rendements sociaux de l'éducation, qui peuvent devenir trop étroits à la vision des bénéfices potentiels de la croissance.

Commençant par Pritchett (1996), les chercheurs observent les implications des fonctions classiques de rendement de travail pour les analyses internationales. Si la formation d'un individu contribue directement à sa productivité, telle qu'elle est postulée par les économistes du travail, alors nous devrions espérer observer une corrélation entre l'évolution de la production par travailleur et le niveau moyen des études atteintes. En plus, il devrait être possible de détecter cet effet, bien que le niveau initial de formation puisse déterminer ou non la croissance.

Cet argument a déplacé le centre de la recherche pour les régressions qui mettent en rapport la croissance avec l'évolution de degré d'études atteint, au lieu de son niveau absolu. Diverses études bien connues ont estimé que cette corrélation était, de façon surprenante, faible. Cela a été le cas de Benhabib et Spiegel (1994) et Pritchett (1996) qui sont arrivés à cette conclusion pour un grand échantillon de pays. Benhabib et Spiegel trouvent des corrélations statistiquement significatives entre le niveau de formation et la croissance pour le meilleur 1/3 d'échantillon, mais ne trouvent pas de liaison entre ces deux variables pour un échantillon plus grand. Une des raisons est peut-être l'effet de valeurs aberrantes, comme on peut le voir chez Temple (1999b, 2000). Krueger et Lindahl (1999) soutiennent que les erreurs de mesure suscitent un autre problème important. La difficulté réside dans le fait que la spécification basée sur la fonction de production (comme c'est le cas chez Benhabib et Spiegel) cherche, en général, à expliquer la

croissance au moyen de l'évolution du niveau de formation, mais un test des différences premières applicables à la variable éducation amplifiera les effets de chaque erreur de mesure des données. Pour soutenir cet argument, Krueger et Lindahl analysent la corrélation existante entre deux indicateurs différents de l'évolution du nombre d'années d'études, qui ont été utilisés dans la littérature sur ce thème. La corrélation est assez faible pour suggérer que l'évolution moyenne du niveau de formation n'apporte pas n'importe quelle information. En conséquence, les régressions quant à l'évolution de l'éducation pour expliquer la croissance, auront tendance à sous évaluer son importance.

La raison pour envisager l'erreur de mesure comme une indication importante de tous ces exercices a été assez renforcée par les travaux détaillés de Fuente et Domenech (2000). Leur travail concerne seulement les pays de l'OCDE. S'inspirant de sources nationales et de valeurs plus récentes réunies par l'OCDE, Fuente et Domenech établissent un ensemble de données nouvelles et plus fiables pour le nombre d'années d'études dans les pays de l'OCDE. Dans leurs travaux empiriques, ils observent une corrélation positive entre l'évolution de la production et le niveau d'études, d'après des estimatives et des tableaux avec des effets constants par pays et dans le temps. Cela corrobore l'idée que l'absence d'effets observés dans les recherches antérieures est due à des erreurs de mesure.

Plus récemment, Bassanini et Scarpeta (2001) ont rendu plus opérationnelle la base de données établie par De la Fuente et Domenech et ont fait des estimations de l'effet éducation pour la période 1971-1998 pour 21 pays membres de l'OCDE, utilisant à cet effet l'estimateur de moyenne. Basé sur cet estimateur, l'estimation obtenue fournit une «élasticité» de 0.6 pour la production per capita observée due à une variation du nombre d'années d'études. Pour une durée moyenne d'études d'à peu près 10 ans, qui constitue la moyenne de l'échantillon, une année d'études additionnelle ferait monter la production per capita de 6%.

Engelbrecht (1997) obtient aussi des effets importants de l'éducation sur la croissance dans les pays membres de l'OCDE. Son modèle empirique tient compte des effets des dépenses de R&D et est évalué à partir des statistiques sur l'enseignement de Barro et Lee (1993) pour la population âgée de 25 ans ou plus. Les résultats incitent à penser que la croissance de la productivité est associée au nombre moyen d'années d'études.

Dans un ensemble différent d'estimations, Engelbrecht confirme l'idée que le niveau de formation produit un certain rôle dans le rattrapage technologique; il constate que la productivité croît plus rapidement dans les pays où le niveau moyen d'études est beaucoup plus élevé.

Globalement, ces études indiquent qu'il existe une corrélation entre l'évolution de l'éducation et la croissance, corrélation du même type que la plupart des économistes du travail espéraient observer. Cette constatation est rassurante, mais laisse en suspens un certain nombre de questions.

L'une d'entre elles concerne l'interprétation des résultats passés qui relie la croissance au niveau des connaissances initiales, au lieu du changement dans les connaissances. Il n'existe pas d'études de la croissance relative aux pays de l'OCDE

dans lesquelles ces deux hypothèses pourraient agir ensemble. Cette omission est peut-être inévitable, étant donné la petite dimension de l'échantillon, mais elle ne doit pas nous amener à sous estimer ce que le capital humain peut produire du rattrapage technologique ou contribuer à la création d'idées nouvelles ; dans un cas comme dans un autre, on peut vérifier une relation entre le niveau d'éducation et la croissance.

L'effet du niveau d'éducation initial continue à avoir de l'intérêt pour une autre raison. L'étude des relations entre le changement dans la production et le changement dans l'éducation continue à être quelque peu incertaine, étant donné que la relation de cause à effet va de la production (ou de la production anticipée) à l'éducation, et non le contraire. Dans une large mesure, le niveau moyen d'éducation à long terme est créé par l'action des pouvoirs publics. Il semble donc plausible, qu'au fur et à mesure que la production et les recettes fiscales grandissent, les gouvernements affectent les ressources pour l'éducation, de manière à ce que le niveau de connaissances grandisse.

Les estimations macroéconomiques, ont un autre avantage, celui d'analyser les effets indirects de l'éducation, surtout ceux qui s'expriment par des investissements. Ces effets surgissent dans le modèle adopté par Mankiw, Romer et Weil (1992) et peuvent avoir une plus grande importance. Les méthodes de croissance endogènes bi sectorielles, comme celles qui ont été examinées par Barro et Sala-i-Martin (1995), présentent, en général, une situation stable dans laquelle la relation capital humain/capital physique est en équilibre. Une conséquence immédiate de ceci est que la montée du niveau d'éducation aura, éventuellement, une augmentation correspondante dans le stock du capital physique.

En ce moment, il est important de savoir que les analyses économétriques et de comptabilité de croissance, en utilisant l'investissement en capital comme une des variables déterminantes, peuvent sous estimer l'incidence totale d'une montée du niveau d'éducation sur la production par travailleur. L'amplitude probable de cet effet et de ses répercussions sur le bien-être continuent à être incertaine.

5.4. Externalités du capital humain

Une importante motivation pour observer les données macro est l'éventuelle existence d'externalités du capital humain. Ce fut Lucas (1988, 1990) qui a souligné l'intérêt pour les externalités du capital humain. Un de ces arguments consiste à dire, qu'en l'absence d'externalités, il est difficile de concilier les pressions observées en faveur d'un mouvement migratoire des pays pauvres vers les pays riches avec une inexistence de flux massifs de capitaux dans l'autre direction. S'appuyant également sur les travaux de Jacobs (1969), il soutient que de telles externalités sont aussi une explication naturelle pour l'existence des villes (ou agglomérations). Dans des travaux plus récents, Acemoglu (1996) a donné une justification élaborée pour l'existence d'externalités. Sa théorie se situe dans une optique macroéconomique. Dans son modèle, les entreprises et les travailleurs investissent aussi bien dans le capital physique que dans le capital humain. La production exige une collaboration entre l'entreprise et les travailleurs, mais à partir du moment où chacun d'eux effectuent les respectifs investissements, ils n'arrivent plus à

identifier leur partenaire futur. La principale hypothèse de cette méthode est que les entreprises et les travailleurs sont alors ensemble, dans la séquence d'un processus imparfait d'appariement (imparfait parce que la recherche de partenaires implique un coût). Acemoglu montre comment la structure du modèle conduit à un résultat important: une augmentation au niveau moyen du capital humain peut avoir un effet positif sur le rendement privé de ce capital, du moins dans certaines régions. Des travaux de ce type contribuent à inciter des recherches récentes sur les externalités, à partir de données d'enquêtes qui incluent les individus qui vivent dans différentes villes ou régions. L'idée est celle d'estimer les fonctions du rendement de travail, basées sur le capital humain, mais aussi une nouvelle variable: le niveau moyen de scolarité de chaque individu, dans la ville ou région. L'idée centrale est que le capital humain a des externalités significatives ; les personnes devraient gagner plus quand elles travaillent dans ces villes où le niveau de scolarité est plus grand. Bien qu'il ne considère pas les externalités à un niveau national, notamment à travers les structures et les institutions sociales, cet exercice présente un énorme intérêt.

Diverses études basées sur cette idée ont été faites pour les USA. Les premiers résultats de Rauch (1993) semblent intéressants. Considérez deux personnes identiques qui vivent dans deux villes différentes, la population de la deuxième ville ayant, en moyenne, un an de plus en scolarité. En accord avec les estimations de cet auteur, un individu vivant dans la deuxième ville peut espérer bénéficier d'une récompense de salaire de près de 3%. Un effet suffisamment ample pour justifier une étude plus approfondie. Malheureusement, comme Ciccone *et al* (1999) le soulignent, il y a une raison fondamentale qui empêche de considérer que l'avantage de salaire est dû seulement à des facteurs externes. Les différences dans les années moyennes de scolarité d'une ville à une autre sont probablement associées à l'offre relative de main-d'oeuvre qualifiée et non qualifiée. Ces effets d'offre relative peuvent faire apparaître une récompense au niveau du salaire, due à la durée moyenne de scolarité, même en l'absence des externalités. Des travaux empiriques appuient cette proposition.

5.5. Certaines considérations sur les observations empiriques

Nous pouvons maintenant questionner les leçons que nous pouvons dégager en termes politiques. Le plus utile est, peut-être, de combiner les diverses catégories de données et de vérifier si elles constituent un ensemble cohérent, malgré les problèmes inhérents à chacun d'eux. Les spécialistes de l'économie du travail sont d'accord pour affirmer que le taux de rendement particulier d'un an de plus en scolarité se situe généralement entre 5% et 15%. Partant de présupposés semblables, les « comptables » de la croissance constatent que l'augmentation du niveau d'éducation explique peut-être un cinquième du surcroît de la productivité par travailleur. Ces deux approches sont déjà anciennes et leurs avantages et inconvénients sont déjà bien étudiés. Il est possible que ces deux approches surestiment les bénéfices sociaux de l'éducation à cause des corrélations entre

l'éducation et les caractéristiques non observables. Orientés dans un autre sens, les estimations obtenues dans le cadre de la présente recherche peuvent sous évaluer le rôle de l'éducation, parce que rarement elles permettent la mesure d'externalités, ou qualifient l'importance, pour la productivité, d'une amélioration dans l'adéquation entre les travailleurs et les emplois.

Le grand pouvoir de la littérature macroéconomique nouvelle est, du moins, en principe, qu'il permet de tester directement les bénéfices de la productivité. Cependant, ce domaine révèle de difficultés. En somme, les données récentes optent pour l'existence d'effets d'éducation sur la productivité, tout aussi importants que ceux qui ont été identifiés par les économistes du travail. Cela doit nous tranquilliser quant au fait que la plupart des pays ne sont pas en train de « surproduire » des activités d'enseignement, surtout quand les différences de salaire résultantes de l'éducation ont montré une faiblesse tendance à diminuer au long du temps.

5.6. L'économie de la connaissance

5.6.1. Généralités

L'idée que la production et la distribution de connaissance ont des caractéristiques spéciales, non compatibles avec les schémas théoriques prédominants dans l'économie traditionnelle, n'est pas nouvelle. En effet, divers auteurs avaient déjà attiré l'attention sur cela ; parmi eux il y a Arrow (1962), qui a démontré les limites de l'économie standard et des institutions qui la soutiennent. L'idée n'est pas originale, dans la mesure où la connaissance a un rôle important dans l'économie, comme l'ont souligné A. Smith et F. List . L'idée schumpétérienne d'innovation s'est par ailleurs en effet amplement diffusée au début des années soixante.

Quelle est alors la raison pour qu'actuellement on en revienne à ce thème et on lui attribue autant d'importance ?

Il y a diverses raisons, aussi bien théoriques qu'historiques et politiques. Nous en évoquons quelques-unes. Comme l'a suggéré Dosi (1996), les principes fondamentaux d'analyse économique ne sont pas facilement applicables à la création et à la distribution de connaissances.

D'un autre côté, on a enregistré dans les dernières années des changements essentiels dans le mode de production et de diffusion de la connaissance. Ceci est attesté par la nouvelle dynamique existante entre la formation de la connaissance tacite en rapport avec la connaissance codifiée, par l'accroissement de l'importance relative de la connaissance et encore par une accélération du processus d'apprentissage. Tout cela affecte l'économie globale et demande une nouvelle redéfinition des institutions existantes dans notre société. Par ailleurs, les thèmes politiques importants de la période, comme la globalisation de l'économie, le sous développement des pays pauvres, la polarisation

croissante dans les pays riches et la défense de l'environnement, ne peuvent pas être banalisés et compris sans une remise en question de l'économie où l'aspect principal est mis dans la connaissance et dans l'apprentissage.

L'économie de la connaissance est passible de deux interprétations. D'un côté, on peut affirmer que les compétences et les qualités humaines sont au cœur du développement de n'importe quelle société et, comme tel, l'accent doit être mis sur l'apprentissage et sur la connaissance dans n'importe quelle formation socio-économique. L'autre perspective réfère une nouvelle ère historique – l'économie basée sur la connaissance, l'économie d'apprentissage ou la société d'information – où l'économie se trouve plus fortement et directement enracinée dans la production, dans la distribution et l'usage de la connaissance, que dans une autre période de temps antérieure. Les deux perspectives sont importantes. L'économie de la connaissance, à son tour, peut être aussi vue de deux façons, d'ailleurs non exclusives. Elles peuvent être trouvées de manière plus ou moins «pures» dans la littérature sur les systèmes d'innovation et dans la société d'information. Ces deux visions se reflètent, également, dans l'importance relative de la connaissance dans l'économie et encore dans des modèles théoriques, tels que les modèles de croissance économique. D'un autre côté, nous pouvons considérer un secteur à part chargé de la production de la nouvelle connaissance ou de la conservation et de la distribution d'information. Ce secteur peut englober le système éducatif, les universités, les instituts de recherche et les politiques gouvernementales de la science et de la technologie, ainsi que les fonctions de R&D dans les entreprises. Un autre prisme d'analyse est celui qui envisage la création et la diffusion de la connaissance comme étant incrustées et émanant de la routine de la vie économique et assumant des manières d'apprendre - en faisant (learning-by-doing), apprendre – en utilisant (learning-by-using), et apprendre – interagissant (learning-by-interacting). Dans cette perspective, l'organisation globale de la société et de l'entreprise devient importante. Aucun des théoriciens de cette matière ne souscrit entièrement une de ces optiques, quoiqu'on peut affirmer que l'analyse de Nelson et Rosenberg (1993), au sujet du système national d'innovation (SNI), se situe plus près de la première contribution et que l'étude de Freeman et Lundvall (1992) est plus proche de la seconde formulation (OCDE, 1996).

5.6.2. La révolution des technologies de l'information et de la communication et l'économie basée sur la connaissance

Diverses caractéristiques de l'économie basée sur la connaissance, déjà évoquées antérieurement, reposent sur l'usage croissant des technologies d'information et de la communication (TIC). En effet, les deux phénomènes sont fortement inter liés. Ainsi, le système des TIC confère à l'économie basée sur la connaissance une nouvelle et différente base technologique, laquelle altère d'une manière radicale les conditions pour la production et l'utilisation de la connaissance, tout comme sa relation avec le système productif. Il convient, cependant, de différencier les impacts à moyen terme des impacts à court terme de la diffusion des TIC. Les effets à long terme des TIC sont en rapport avec la réalisation d'un nouveau potentiel pour l'obtention de gains de productivité dans le

processus de création, distribution et exploitation de la connaissance. Cette évolution peut être vue comme suivant trois trajectoires (OCDE, 1996):

- La vitesse/rapidité croissante et le coût de plus en plus grand quand on effectue des tâches et on développe des instruments pour la recherche fondamentale et l'R&D (prototypes, techniques de simulation, etc.);
- La capacité croissante de concevoir des options technologiques;
- Le pouvoir toujours plus grand des logiciels informatiques comme instrument de recherche.

En ce qui concerne la première trajectoire, les TIC augmentent l'innovation sous la forme de nouveaux produits et de nouveaux processus. En conséquence, les produits et les processus deviennent plus différenciés et se renouvellent plus rapidement en accélérant la rapidité du cycle du produit et le taux d'obsolescence technologique. Quant à la deuxième trajectoire, les nouvelles méthodes de R&D permettent une vaste gamme de variantes technologiques qui peuvent être exploitées sans sacrifier les bénéfices provenant des économies d'«échelle», de l'apprentissage intensif au sujet d'une option technique donnée ou des externalités de chaîne. En ce qui concerne la troisième trajectoire, les développements en cours dans les TIC amplifient le pouvoir des serveurs informatiques comme instrument de recherche et permettent un échange d'information et de connaissance qui s'étend au-delà des limites du laboratoire de recherche.

À moyen terme, toutefois, les implications des TIC sont plus contrastées. Les individus qui d'abord se confrontèrent aux ordinateurs et aux entreprises en utilisant les technologies d'automation, peuvent oublier les vieux processus de faire les choses, apprendre de nouvelles habitudes et implanter de nouvelles formes d'organisation. Cela demande une accélération et une amplification du processus d'apprentissage à divers niveaux de la société, englobant entreprises, systèmes d'éducation et de formation et autres institutions formelles. On attend que le potentiel de productivité de ces nouvelles technologies soit intégralement réalisé après une longue période d'apprentissage institutionnelle et des mutations organisationnelles.

5.6.3. Caractéristiques de l'économie basée sur la connaissance

Aujourd'hui les économies développées dépendent de plus en plus de la création et de la circulation de la connaissance. La connaissance est en train de devenir le recours stratégique pour le développement économique mondial. De toute façon, la caractérisation de l'impact économique de la connaissance devient difficile, puisqu'il n'existe pas encore d'instruments analytiques qui permettent de quantifier cet impact. En effet, l'instrumentation théorique existant se réfère aux économies traditionnellement édifiées dans la production de biens matériels. Or, comme on le sait, la connaissance n'est pas un facteur productif traditionnel, comme le capital et le travail, ce qui rend difficile son insertion dans les classiques fonctions de production. De toute façon, on a caractérisé son importance en se basant sur des «proxies», c'est-à-dire la croissante incorporation de la connaissance en produits physiques, l'augmentation de la valeur

associée au software par rapport à l'hardware et les services de plus en plus importants. Par exemple, Wyckoff (1996) remarque qu'une automobile, aujourd'hui, a plus de software incorporé que le premier module lunaire Apollo, symbole de la technologie des années 70. Selon le même auteur, la décennie 1970 était associée au hardware (près de 80% de la valeur d'un PC de chez IBM). De même, l'importance de plus en plus grande des services dans les économies, reflète la croissante «immatérialité» de ceux-ci. Pour illustrer ces observations, nous avons établi un tableau (Tableau 5.1):

Tableau 5.1 Évolution de la distribution de l'emploi

Type d'Économie / Année	Agriculture (%)	Production Manufacturière (%)	Services (%)
1870	49	27	24
1950	25	36	39
1995	5	30	64
Rendement Moyen 1995	30	28	42
Rendement Bas 1995	62	15	23

Source : World Bank, (1995).

Wilson (1993), et Conceição et Heitor (1998) mettent en évidence que l'économie des services est fortement tributaire de facteurs intangibles, ou de la connaissance. Un autre facteur qui permet de montrer l'importance croissante de la connaissance dans les économies développées est celui qui concerne le type d'investissements effectués. Ceci peut être attesté par l'augmentation du raisonnement entre les investissements intangibles et les investissements dans le capital physique (Tableau 5.2).

Tableau 5.2 Part total des actifs intangibles sur les actifs tangibles

	1929	1973	1984	1990
Actifs Intangibles / Actifs Tangibles	0.535	0.731	0.992	1.15
Dépense en Education, formation et R&D/PIB (%)	3.2	3,88	4.53	5.667
Dépense en Education, formation et R&D/Capital Total (%)	0.29	0.36	0.42	0.45

Source : Kendrick, (1994).

Ces éléments, quoique de forme succincte, permettent de soutenir l'idée que la création et la diffusion de la connaissance sont essentielles pour inciter à la croissance économique. Comme on le sait, la croissance économique était traditionnellement expliquée en se basant sur les variations du facteur travail, du capital et du changement technologique. Or, les faits démontrent que l'augmentation quantitative de chacun de ces facteurs ne suffit pas. Ainsi, en ce qui concerne le facteur travail, il n'est pas suffisant que la production augmente, étant donné que les économies développées produisent beaucoup plus de facteurs intangibles. De cette façon, ce qui intéresse, c'est qu'il y ait croissance qualitative du facteur travail, c'est-à-dire des qualifications. Par conséquent, dans l'économie de la connaissance, l'élément important est le développement du facteur

humain à travers l'éducation. On a vu également que l'importance relative des facteurs intangibles face au capital physique tend à augmenter. De cette façon, l'importance de la connaissance ne traduit pas seulement des mutations technologiques, ce qui conduit à une remise en question des modèles traditionnels de l'explication de la croissance économique.

5.6.4. Clarification conceptuelle

Les nouvelles théories de la croissance économique, bien qu'elles suscitent quelques réserves (Romer et Nelson, 1996), ont servi à systématiser l'impact économique de la connaissance. L'analyse de l'importance économique de la connaissance a été faite dans diverses disciplines et avec des perspectives distinctes (Dosi, 1996). Ici, et selon Conceição *et al*, (1998), on se réfère à une approche récente qui a suscité une attention de plus en plus grande, aussi bien dans les milieux académiques que dans le domaine des politiques publiques.

Pour cela, on commence par définir la connaissance et établir une typologie au sujet des divers types de connaissance. Pour Nelson et Romer (1996), n'est pas de la connaissance tout ce qui n'est pas humain. Maintenant on va établir une taxonomie pour la connaissance. Il convient de souligner que la taxonomie utilisée par les nouvelles théories de la croissance est à peine l'une de celles qui apparaît dans la littérature spécialisée. En accord avec cette taxonomie, on distingue deux espèces de connaissances:

- *Idées* – connaissance codifiée et gardée en dehors du cerveau humain, comme par exemple, les livres, les CD, les ordinateurs, les disques ; on nomme ce type de connaissance «software».
- *Capacités* – connaissance emmagasinée dans le cerveau de chacun, y compris les convictions, les compétences, les talents, ce que, techniquement, on appelle «wetware».

En synthèse, dans cette taxonomie, la connaissance se décompose en deux sphères: la sphère des idées codifiées et la sphère des capacités non codifiées. Cette clarification conceptuelle a de l'importance pour pouvoir analyser la croissance économique. Comme nous l'avons vu, pour la théorie économique traditionnelle, la croissance se base sur l'accumulation des facteurs travail et capital, ainsi que sur le changement technologique. Ce dernier facteur introduit par Solow (1956) s'est révélé fondamental pour l'explication empirique des niveaux de croissance. Il arrive que la technologie apparaisse comme une composante seulement exogène.

Pour les nouvelles théories de la croissance, la perspective est complètement différente. Effectivement, l'accumulation de capital continue à être importante, mais l'unique source de production basée sur la croissance est la connaissance. Pour Romer (1993b), le père des nouvelles théories de la croissance, l'accroissement de la connaissance permet des gains de productivité et d'efficacité qui incitent à la croissance économique. Ainsi, pour les nouvelles théories de la croissance, la connaissance ne se

limite pas à la technologie et, de plus, elle n'est pas exogène et correspond en cela à de nouvelles idées et capacités, relatives à plusieurs domaines, comme le technologique, le social, la dimension légale, le politique et l'administratif, entre autres (Figure 5.1).

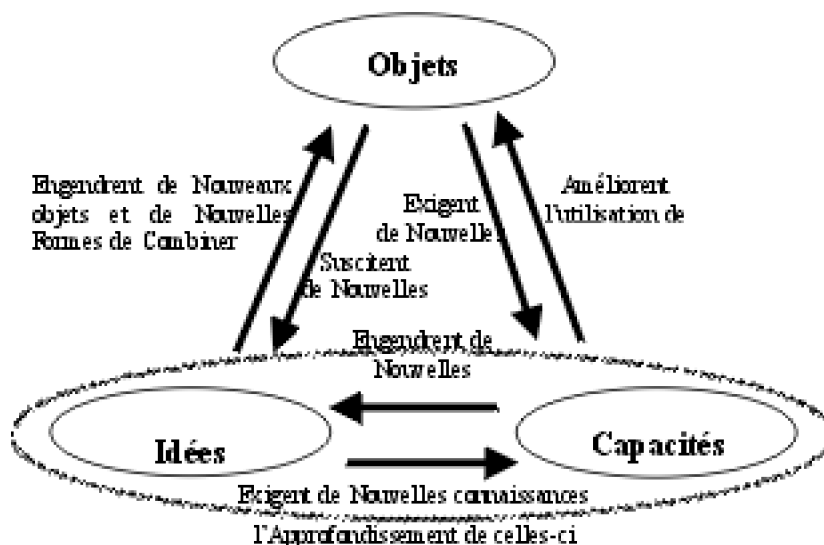


Figure 5.1 Interactions entre la connaissance (idées, capacités) et les objets, considérées dans le contexte des nouvelles théories de la croissance économique

Source : Conceição, Diamantino, et al, 1998, p. 147.

Il est donc établi que c'est l'accumulation de connaissance qui est le facteur le plus important pour la croissance. Il est intéressant d'examiner maintenant comment se déroule cette accumulation. L'accumulation de la connaissance signifie apprendre dans un contexte large d'apprentissage organisationnel, national et régional.

5.6.5. Utilisation, diffusion et production d'idées et de capacités

5.6.5.1. L'utilisation de la connaissance dans le système d'innovation

Nous allons commencer par étudier comment les idées et les capacités peuvent être utilisées. Les idées possèdent la propriété de pouvoir être utilisées en même temps par un grand nombre d'utilisateurs. Par exemple, le fait que quelqu'un soit en train de lire le roman: «Exhortation aux crocodiles», d'António Lobo Antunes n'empêche pas que d'autres y aient accès en même temps. Cela signifie que les idées du roman et le bénéfice de son utilisation peuvent être partagés simultanément. À leur tour, les capacités peuvent uniquement être utilisées par celui qui les possède. Cela veut dire que les capacités sont associées aux individus qui les détiennent. Seul l'individu peut les utiliser, au moment où il trouvera que c'est le plus adéquat.

Il y a une certaine analogie entre cette classification et celle que l'économie publique utilise pour cataloguer les biens. Ainsi, pour l'économie publique, un bien se dit rival s'il peut seulement être utilisé par une personne à la fois. C'est ce qui arrive avec une grande majorité des biens utilisés dans le quotidien. Par exemple, Romer (1994) a donné l'exemple: «mon ordinateur personnel peut uniquement être utilisé par moi-même,

est protégé en vertu de la loi du droit d'auteur.

cependant le software de cet ordinateur peut être utilisé par des millions de personnes, c'est le cas du Windows 98». Continuant à analyser les biens en termes de typologie de l'économie publique, nous pouvons englober encore le niveau d'exclusion qu'ils présentent. Le niveau d'exclusion est lié aux mécanismes institutionnels existants dans les économies de marché et auxquels on attribue des droits de propriété sur les biens. Un bien a un grand niveau d'exclusion si le détenteur du bien peut en exclure d'autres, par des mécanismes légaux, de l'utiliser sans permission.

On peut appliquer le même procédé aux idées, par le biais de la protection de la propriété intellectuelle, à travers divers mécanismes qui font augmenter les droits d'auteur et les brevets. À leur tour, les biens privés sont ceux qui possèdent des niveaux élevés de rivalité et d'exclusivité. Cela veut dire qu'il existe des stimulations pour sa production, étant donné que les producteurs de ces biens peuvent s'approprier de tous les bénéfices résultants de la vente de ces biens ou services. Quant aux biens publics, ceux-ci assument des indices élevés de non rivalité (les agents économiques n'entrent pas en concurrence pour les obtenir) et de non exclusivité (c'est-à-dire que l'agent qui effectue la provision du bien n'a pas la capacité d'exclure qui est intéressé par sa consommation). Le coût de l'exclusion est insupportable (Barbosa, A.P., 1997).

Un des plus importantes contributions des nouvelles théories de croissance économique est celle qui considère que les idées ne sont pas nécessairement des biens publics et, comme tels, ils peuvent être produits au moyen de stimulations privées, toutes les fois qu'il est possible d'augmenter leur niveau d'exclusion à travers notamment la définition de droits de propriété.

5.6.5.2. La distribution de la connaissance

La distribution de la connaissance, en ce qui concerne les idées est, généralement, facile et pas chère. En effet, la facilité, la rapidité et le coût réduit sont des caractéristiques de presque toute la connaissance codifiée. À son tour, la transmission de capacités est compliquée, onéreuse et lente. Ceci parce que les capacités résultent d'un ensemble de facteurs, comme le fait d'être, en large mesure, innées, de résulter d'expériences individuelles et de l'éducation formelle que l'on reçoit. Le Tableau 5.3 synthétise les grandes différences entre les idées et les capacités :

Tableau 5.3 Différences dans l'utilisation et la diffusion des idées

	Idées	Capacités
UTILISATION	Non -Rivale	Rivale
DISTRIBUTION	Facile et Pas Chère	Complexe et Chère

Source : Conceição, Diamantino, et al, 1998, p. 148.

Ce que l'on verra ensuite sont les implications économiques de ces différences, qui se reflètent fortement dans les modes de production de la connaissance.

5.6.5.3. La production de la connaissance

Les objets et les capacités sont des biens rares, restrictifs par la quantité de recours matériels et énergétiques dans le premier cas et de personnes dans le deuxième cas. Par ailleurs, on peut attribuer, aussi bien aux capacités qu'aux objets, des droits de propriété, avec l'exception relative aux objets en ce qui concerne les facteurs écologiques et de l'environnement. Ces deux propriétés (facilité d'attribuer des droits de propriété et manque) signifient que le marché est un moyen efficace pour la production d'objets et de capacités. Le marché proportionne les stimulations nécessaires et suffisantes pour la production. En effet, avec ce type de biens, le producteur peut avoir l'usufruit de tous les bénéfices économiques résultant de la production des biens. Cela veut dire qu'il existe une stimulation pour réaliser un investissement visant à incrémenter le capital humain, étant donné qu'il y a expectation de, à l'avenir, recevoir les rendements du capital humain accumulé.

Dans le cadre des nouvelles théories de croissance, qui, comme nous l'avons vu, mettent un accent spécial sur la connaissance, cette vision a besoin d'être reformulée. On se propose maintenant de comparer les stimulations pour la production de capacités, avec celles qui sont demandées pour produire des idées. La non rivalité des idées et leur faible coût de diffusion signifient qu'il est très complexe d'attribuer et de défendre des droits de propriété. En outre, on observe une production d'idées appropriée. En effet, apparemment les idées tendent à être abondantes, toutefois l'«économie de la connaissance» se rapporte à la nécessité de processus d'apprentissage continu, englobant non seulement la connaissance codifiée, mais également les capacités adéquates pour utiliser cette connaissance.

De cette façon, le marché n'a pas les mécanismes suffisants pour la production d'idées (David, 1993). D'autres mécanismes institutionnels sont requis. Ceci veut dire que l'effort pour arriver à une idée peut ne pas être suffisamment récompensé. De plus, les coûts de production d'une nouvelle idée sont, en général, élevés, surtout quand on les compare aux coûts de sa diffusion et, d'un autre côté, la production d'idées est très aléatoire et a des résultats incertains. Ce fut ceci que Nelson (1996) a expliqué pour la première fois en évoquant les implications économiques de l'incertitude qui se rapportent à la production de nouvelles idées et les difficultés du créateur à assurer les bénéfices d'une nouvelle idée. Nelson a étudié l'effort de la création d'idées au moyen de la dépense en R&D effectuée par les entreprises. Ainsi, même si une entreprise a du succès dans son effort de R&D, selon Nelson, les bénéfices d'une nouvelle idée seraient disséminés dans toute la société. Ceci peut être démontré empiriquement par les taux de rendements privés et sociaux de l'investissement en R&D aux USA. (voir Tableau 5.4).

Tableau 5.4 Taux de rendements privés et sociaux de l'investissement privé en R&D aux USA

Étude	Taux de Rendement %	
	Privé	Social
Nadiri (1993)	20-30	50
Mansfield (1977)	25	56
Terleckyj (1974)	29	48-78
Sveikauskas (1981)	7-25	50
Goto et Suzuki (1989)	26	80
Bernstein et Nadiri (1988)	10-27	11-111
Scherer (1982, 1984)	29-43	64-147
Bernstein et Nadiri (1991)	15-28	20-110

Source: Council of Economics Advisers of the US President (1996)

Comme on peut observer, les bénéfices privés se situent autour de 20 – 25%. À leur tour, les bénéfices pour la société s'approchent des 50%. Ces résultats confirment la présomption de Nelson: les bénéfices sociaux de la création d'idées sont très supérieurs (presque le double) des avantages accordés aux entités privées qui mettent en pratique cet effort. Ce phénomène est, normalement, interprété comme résultant d'externalités positives liées à la réalisation de R&D. Or, comme on le sait, les externalités sont des «failles de marché» ; cela signifie que dans cette situation les marchés ne sont pas capables de stimuler avec efficacité la production d'idées.

Dans le contexte des nouvelles théories de croissance, nous pouvons analyser à nouveau ce phénomène comme étant le résultat de la non rivalité. Ainsi, quelles sont les stimulations pour la production d'idées ?

David (1993) et David et Dasgupta (1994), indiquent deux alternatives. La première consiste à dire que c'est l'État lui-même qui produit les idées (c'est le cas, par exemple, des laboratoires de recherche contrôlés par l'État) ou grâce à des subventions à la production (comme cela arrive dans le cas du financement de R&D universitaire). La deuxième option consisterait à concéder des droits de propriété par la création d'idées, à travers des règles de propriété intellectuelle (dont les instruments spécifiques incluent des brevets, marques registrées et droits de propriété) comme moyen de permettre l'exclusion dans l'usage d'idées.

Le Tableau 5.5 indique les caractéristiques de ces deux alternatives :

Tableau 5.5 Deux alternatives pour stimuler la production d' idées

	Intervention de l'État	Droits de Propriété
Possession d'Idées	Publique	Privée
Rendement Espéré	Réputation, Prestige	Profits Monopoliste
Avantage	Libre Accès	Stimulation Privée
Désavantages	Position arbitraire, Inefficacité	Limite à la Diffusion

Source : Conceição, Diamantino, et al, 1998, p. 150.

Comme on peut le voir, les deux alternatives ont des points forts et des points faibles.

Alors que l'intervention directe de l'État permet la rapide diffusion et l'accès ample aux nouvelles idées, la conception de droits de propriété limite cette diffusion, ce qui peut avoir un effet pernicieux dans la vitesse à laquelle on traite la distribution des idées.

Pour illustrer cela, Romer et Nelson (1996) s'appuient sur l'exemple de la feuille de calcul. Pensez à ce qui arriverait si ce concept de feuille de calcul avait été protégé légalement, ne permettant pas que les entreprises comme Microsoft et Borland concourent avec Lotus. Certainement, le taux de progrès dans le perfectionnement de la feuille calcul aurait été substantiellement réduit.

5.6.5.3.1. Processus d'apprentissage et d'accumulation de connaissance: l'interaction entre idées et capacités

Les nouvelles théories de croissance suivent la formalisation du processus de développement économique originalement proposé par Arrow (1962). Contrairement à ce qui arrivait à l'époque, Arrow, au lieu d'attribuer la partie de croissance non explicable par l'accumulation des facteurs traditionnels, travail et capital, au changement technologique, a soutenu que l'expérience dans l'utilisation du capital ¹⁵ faisait apparaître une augmentation de connaissance utilisée dans la production. Il a formalisé l'idée que les travailleurs d'une entreprise apprenaient avec l'utilisation des moyens de production et, de cette forme, augmentaient la productivité de l'entreprise. Ainsi, l'apprentissage, c'est-à-dire l'accumulation de connaissance, surgit comme le facteur fondamental des augmentations de l'efficacité qui conduisent à la croissance économique.

La contribution des nouvelles théories de croissance a développé ce raisonnement à d'autres types d'apprentissage, à partir du moment où Romer (1986) a démontré la généralité des arguments d'Arrow. Deux autres types de nouvelles théories ont mis l'accent sur les mécanismes formels institutionnels qui existent dans notre société pour développer le processus d'apprentissage, comme l'éducation et la recherche.

Les modèles qui ont souligné le rôle de l'éducation suivent le travail de fond de Lucas (1988). À leur tour, Romer (1990), et Grossman et Helpman (1991), sont les références fondamentales soulignant comme sources de la croissance endogène la recherche et l'innovation. La Figure 5.2 établit la relation entre l'apprentissage, la croissance et les facteurs relatifs à l'enseignement, en même temps qu'elle indique les références fondamentales associées à chacune des perspectives.

¹⁵ « Learning by doing ».

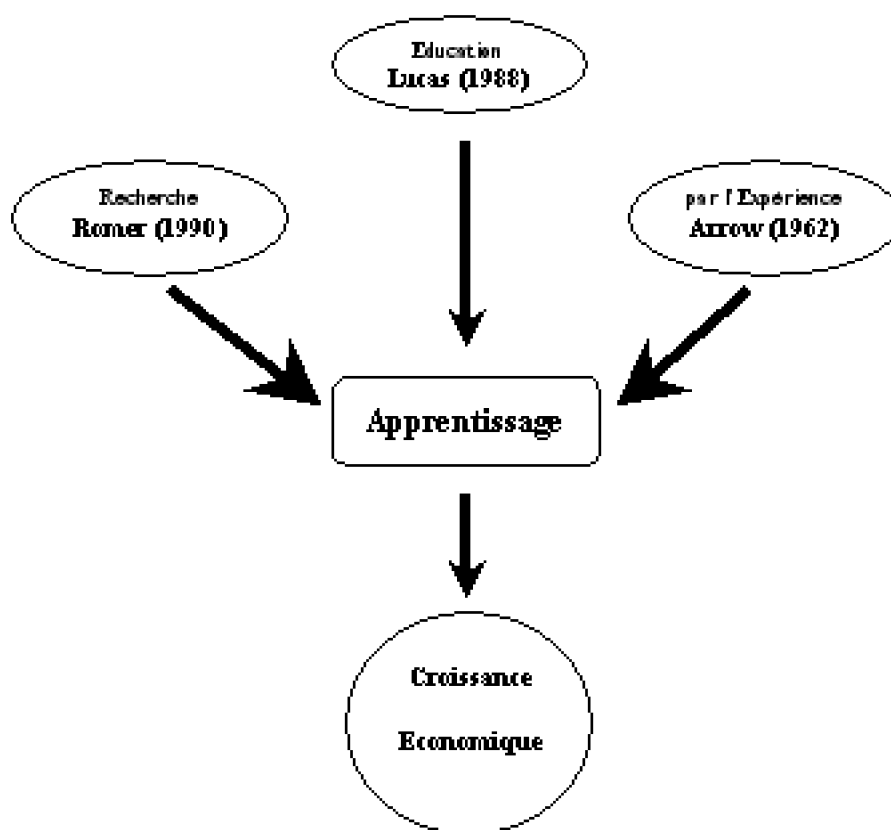


Figure 5.2 Les nouvelles théories de croissance économique

Source : Le Bas (2004).

Cette analyse révèle qu'un groupe d'auteurs connus pour leurs travaux sur les nouvelles théories de croissance économique ont étudié l'accumulation de connaissance sous la forme de capacités (Lucas, 1988), l'éducation apparaissant comme moyen formel d'apprentissage. D'autres ont perfectionné des modèles où l'accumulation d'idées résulte d'un effort de recherche.

Le Tableau 5.6 synthétise la façon dont les contributions des auteurs déjà notés se situent en croisant l'accumulation de connaissance avec plusieurs types d'apprentissage. Comme on peut observer, il y a encore quelques aspects vides. D'un autre côté, on vérifie qu'au début de la décennie 90, l'accent a été mis sur l'analyse de l'accumulation d'idées à travers la R&D. Ce versant s'accroît dans des études récentes (Romer 1993a, 1993b, 1994). Les raisons pour cela résident dans le fait que les processus d'apprentissage informels sont plus compliqués, difficiles à analyser et moins capables d'être l'objet d'observation empirique, ce qui laisse comme terrain d'étude l'accumulation d'idées au travers de la R&D. La recherche du rôle de l'éducation, a longtemps été étudiée (voir le rôle des théories du capital humain qui datent des années 60).

Tableau 5.6 Accumulation de connaissance et processus d'apprentissage: les nouvelles théories de la croissance

Accumulation de :	Apprentissage par Processus			
	Formelles		Informelles	
	Education	R&D	Expérience	Interaction
Idées		Romer (1990) Grossman et Helpman (1991)		
Capacités	Lucas (1988)		Arrow (1962) Romer (1986)	Lundvall (1992)

Source: LeBas (2004).

Un autre aspect à souligner est celui de l'intérêt qu'il y a à examiner l'impact économique des processus d'apprentissage résultant des interactions, spécifiquement dans le domaine de ce que l'on appelle la «société de l'information». Cela a des implications profondes sur le rôle de l'université, laquelle doit passer de l'enseignement magistral à un processus d'apprentissage plus participé, intimement associé à la formation continue (au long de la vie).

5.6.6. Le capital humain dans l'économie basée sur la connaissance

On retient de la littérature sur le sujet, un large consensus autour de l'idée que le capital humain est un facteur important de la productivité et d'autres résultats économiques, et que son rôle est partiellement important dans l'économie d'aujourd'hui basée sur la connaissance. Les considérations succinctes sur ce thème se basent sur le rapport final rédigé par Angel de la Fuente et Ciccone (2002), qui analyse les raisons qui conduisent à mettre l'investissement en capital humain au premier plan des politiques destinées à promouvoir la croissance économique et la cohésion sociale, comme cela a été défini au Sommet de Lisbonne et qui visent à inciter l'UE à avoir une économie basée sur une connaissance plus dynamique et plus compétitive du monde.

Sur le plan macroéconomique, les travaux récents suggèrent qu'une année additionnelle de scolarité augmente la productivité de 6,5% en Europe et jusqu'à 9% dans les États membres qui possèdent des marchés de travail plus flexibles, dans lesquels l'échelle des salaires est supposée refléter plus adéquatement la productivité. Il existe aussi une relation forte entre les salaires individuels et la formation dans le poste de travail. En effet, une année de formation additionnelle peut augmenter la rémunération jusqu'à 5%.

Les études plus récentes suggèrent également que la qualité de l'éducation peut être aussi importante pour la productivité, que sa « quantité », bien que les études effectuées aient besoin de plus d'approfondissement. Les modèles théoriques relatifs au capital humain et à la croissance indiquent que la main d'oeuvre plus qualifiée va engendrer des «externalités» et que celles-ci expliquent les subsides à l'éducation et autres politiques qui visent à augmenter l'investissement dans le capital humain en plus de sa «valeur de marché». Selon De La Fuente et Ciccone (2002), les sources plus probables de ces externalités sont la relation entre le capital humain et le taux d'évolution technologique et

l'effet indirect de l'éducation sur la productivité et l'emploi lié à la qualité des établissements.

La littérature existante, selon De La Fuente et Ciccone (2002), est entachée de deux limitations importantes:

- Elle n'offre pas d'estimations quantitatives précises sinon pour certains bénéfices extraits du capital humain; 1.
- Elle se base, presque exclusivement, sur des mesures quantitatives de scolarité. 2.

Il est, cependant, amplement reconnu que le niveau de scolarité sera une variable de substitution imparfaite pour exprimer le véritable stock de capital humain. Ceci crée un problème d'erreur de mesure qui fait que les résultats statistiques minimisent l'importance de la relation entre le capital humain et les salaires ou la productivité.

5.6.7. Capital humain, croissance et disparités dans les pays industriels

De La Fuente et Ciccone (2002) ont estimé que, dans le cas d'un «pays moyen» de l'OCDE, le capital humain représente 22% de la croissance de la productivité observée dans la période de 1960 à 1990, et 45% du différentiel de la productivité, considérant la moyenne de l'échantillon de 1990. Près de 2/3 de chacune de ces valeurs traduisent l'influence directe ou immédiate de la scolarité sur le niveau de productivité. Le tiers restant concerne la contribution du capital humain technique pour le progrès technologique.

5.6.8. Le taux de rendement de l'éducation et de ses implications politiques

De La Fuente et Ciccone (2002) ont calculé les taux de rendement privé et social de l'investissement dans l'éducation pour l'UE et les ont comparé les uns aux autres, ainsi que les taux de rendement des autres activités. Ils ont fait ceci avec le but d'obtenir des conclusions pour la formulation de politiques. Les résultats obtenus doivent être interprétés avec prudence. En effet, il existe une grande incertitude quant aux valeurs des paramètres, du rendement relatif aux autres activités et à la grandeur des rendements de l'éducation qui ne sont pas pris en considération par les estimations empiriques existantes.

Les résultats de ces auteurs semblent converger vers deux conclusions, à un pays « moyen » de l'UE (autrement ils ne sont valables qu'en moyenne) :

- Augmenter modérément l'investissement en capital humain semble être une bonne idée. Ainsi, les rendements économiques directs de l'investissement dans la scolarité, obtenus dans les travaux macroéconomiques, sont presque comparables avec ceux de l'investissement en capital physique. Si l'on considère, les rendements non 1.

marchands de l'éducation et ses avantages en termes de cohésion sociale, alors le capital humain devient une option assez attractive dans l'optique de la société.

Non, il est peut-être nécessaire d'augmenter, à tous les niveaux, les subventions pour l'éducation formelle en plus de la scolarité obligatoire. Cela peut paraître surprenant, puisqu'on souligne déjà assez l'importance des externalités du capital humain, mais on doit avoir à l'esprit que l'éducation est déjà fortement subventionnée dans l'UE et que les législations relatives à la scolarité obligatoire vont dans le sens de la compensation de ces externalités. Un autre facteur contribue à réduire le hiatus entre les rendements privé et social de l'éducation. Il s'agit en fait des particuliers et des entreprises, qui, contrairement aux États qui ont un accès limité, aux facteurs complémentaires dont l'utilisation va augmenter le rendement de l'investissement dans le capital humain. Ces facteurs contribuent à expliquer que, malgré l'existence d'externalités importantes, le taux de rendement privé correspondant aux décisions individuelles par rapport à la scolarité est presque identique au taux de rendement social de l'éducation.

La combinaison de dépenses plus élevées, avec la scolarité, avec un programme d'emprunts, bien conçu, ou une augmentation des bourses attribuées, d'après les ressources familiales, peuvent être un moyen efficace pour obtenir des rendements additionnels qui permettent d'augmenter la qualité de l'éducation post-secondaire.

De cette façon, pour ces chercheurs, la priorité doit être attribuée aux objectifs suivants:

1. Diffuser les compétences technologiques sur une grande partie de la population, accroître la contribution du personnel technique et scientifique nécessaire au développement et à l'adoption de nouvelles technologies.
2. Appuyer la formation au long de la vie pour compenser l'accélération de l'obsolescence technologique en période de rapide mutation technologique.
3. Améliorer les conditions d'accumulation du capital humain relatives à la technologie.
4. Se concentrer sur une amélioration des compétences de personnes provenant de milieux défavorables.
5. Les résultats dont l'on dispose sur les liaisons étroites entre la qualité du capital humain et la productivité nous amènent à penser qu'une contribution importante à la croissance peut résulter des politiques qui visent à élever le niveau atteint par les élèves.

En somme, les mesures qui ont pour objectif d'augmenter la quantité et la qualité du capital humain doivent représenter une part importante de l'ensemble de mesures destinées à développer la croissance.

6. Les ressources humaines dans la recherche et le développement technique

6.1. Considérations générales

En 1995, fut publié le "Livre Vert Sur l'Innovation", dont l'objectif a été de lancer un ample débat sur les questions de l'innovation, auprès des agents locaux, dans les régions et dans les États- membres. Dans cette publication, on disait que: " l'objectif du Livre Vert est celui d'identifier les différents éléments, positifs ou négatifs, dont dépend l'innovation en Europe, et formuler des suggestions qui permettent d'augmenter la capacité de l'innovation de l'Union Européenne." Là on affirmait qu'en vertu de la globalisation des marchés, l'augmentation des alliances stratégiques et le surgissement des nouveaux pays concurrents dans le plan technologique, l'internationalisation des entreprises et des activités de R&D, l'interpénétration des sciences et des technologies, l'augmentation des coûts de l'investigation, la montée de chômage et les facteurs sociaux comme l'ambiance, sont des phénomènes qui sont venus altérer et compliquer les conditions de la production et de la diffusion des innovations, ainsi que les raisons inhérentes à l'intervention des

pouvoirs publics dans ce domaine.

L'Europe doit se mobiliser rapidement dans un court délai et avoir une perspective à moyen et long terme en matière d'innovation. Cette mobilisation est d'autant plus urgente que l'Europe souffre d'un paradoxe. Comparés à ses principaux concurrents, les résultats scientifiques de l'Union Européenne sont très bons, mais pendant les quinze dernières années ses résultats technologiques se sont détériorés ; il existe, de cette façon, une importance stratégique pour transformer le potentiel scientifique et technologique en innovations rentables.

Un des principaux défauts de l'Europe est sa relative incapacité à transformer les résultats de recherche et de la compétence technologique en innovations et avantages concurrentiels.

Relativement aux ressources humaines, le diagnostic est synthétiquement le suivant:

- Systèmes d'éducation et de formation bien qu'inadéquats ;
- Mobilité excessivement fragile (Voir Livre Vert, 1995, p. 37 - 43).

Au Sommet de Lisbonne, fut établi un objectif nouveau stratégique à long terme: « un objectif nouveau stratégique doit être défini pour les dix prochaines années, faire de l'Union Européenne, à l'échelle mondiale l'espace économique basé sur l'innovation et la connaissance plus dynamique et compétitive, capable d'élever les niveaux de la croissance économique, avec plus et de meilleurs emplois, et plus de cohésion sociale ».

Au Sommet de Barcelone, en 2002, on a recommandé: "que la dépense globale en R&D et l'innovation dans l'Union Européenne (UE) devait être augmentée avec l'objectif d'atteindre 3% du Produit National Brut (PNB). Deux tiers de ce nouveau investissement devraient provenir du secteur privé".

Avec les déclarations de Lisbonne et Barcelone, l'UE s'est donné l'objectif de devenir la plus compétitive et dynamique économie du monde, basée sur la connaissance. Dans ce contexte, les ressources humaines acquièrent un rôle très important. Comme nous l'avons déjà observé, le capital humain spécialement dans la science et la technologie est de plus en plus important pour la croissance économique. Dans la nouvelle économie, où la connaissance est la source de la création du bien-être, le capital humain devient aussi essentiel que le capital physique.

Les ressources humaines pour la science et la technologie sont distinguées pour des raisons diverses:

- L'investissement dans le capital humain est crucial pour l'innovation et la croissance. Les bénéfices publics, en termes d'externalités, engendrés par le capital humain, sont le principal motif pour que les gouvernements investissent dans l'éducation publique et dans la formation pour la recherche;
- La proportion des travailleurs de la science et technologie dans les entreprises a un impact dans l'introduction de nouveaux processus et produits;
- La mobilité des ressources humaines dans la science et technologie entre les petites,

moyennes et grandes entreprises, l'extérieur étant un véhicule important pour le changement de la technologie;

- Des décalages dans la recherche et dans l'offre des ressources humaines en science et technologie peuvent avoir des effets sur l'économie globale. Des carences de personnel peuvent contribuer au chômage et à la fuite des cerveaux internationaux (brain drain);
- Les ressources humaines dans la science et la technologie sont également importantes, parce que, normalement, elles donnent suite à un grand nombre d'entrepreneurs.

Or, comme nous le savons, l'Union Européenne se débat aujourd'hui avec un manque de ressources humaines, dans divers domaines de R&D. En outre, l'expansion de l'économie s'appuie de plus en plus sur la connaissance et tend à aggraver ce besoin. On pourrait concevoir une solution du problème qui passerait par exporter les tâches qui ne pourraient pas être faites internement, ou importer plus de ressources humaines pour résoudre ces tâches. Toutefois, aucune de ces alternatives ne sont compatible avec l'objectif que l'Union Européenne s'est donné à elle-même. Comment la nation contrôle et forme ses propres ressources humaines, c'est la question que l'on doit se poser. Comme nous prétendons aborder la situation des ressources humaines dans une perspective européenne, on met l'accent sur les ressources humaines au niveau européen. La perspective nationale n'est pas, toutefois, négligée. Elle sera abordée plus loin, en détail. De toute façon, les deux perspectives sont imbriquées, et cela sera visible au long du texte. Les éclaircissements étant faits, on peut affirmer que le diagnostic de la situation européenne, fait en 1995, reste encore pertinent.

Quand elle est comparée avec les autres nations – États-Unis et Japon – l'Union Européenne met en évidence un plus grand manque de coordination des activités dans ces domaines, malgré un vaste ensemble d'expériences qui apportent une variété d'aides en faveur des ressources humaines. Si on prétend élever cet avantage de diversités et de richesse d'expériences existantes dans les divers pays européens, alors on peut demander que l'Union Européenne soit capable de comparer les résultats des politiques nationales dans cette matière et d'effectuer le développement des politiques plus intégrées et flexibles.

6.2. Concepts et méthodologies

Ici, on suit de près la méthodologie de benchmarking, le rapport final du groupe de travail d'experts STRATA-ETAN au sujet des ressources humaines dans la recherche et le développement technique.

Pour le groupe d'experts en ressources humaines dans la recherche et le développement technique (RTD), trois idées/champs de réflexion ont besoin d'être analysés en profondeur :

La situation globale de la population des chercheurs dans les États membres de l'UE. 1.
L'identification des processus, des facteurs positifs et des goulots d'étranglement,
aussi bien que les liaisons avec l'industrie et l'activité économique, en général, et
aussi, des hiatus et perspectives pour le futur ;

L'analyse de l'enseignement de la science dans les divers pays d'Europe ; 2.

Formation et mobilité des chercheurs en Europe. 3.

Le terme RTD doit être interprété dans un sens large, c'est-à-dire qu'il doit englober toutes les disciplines sans aucune restriction. Toutefois, comme l'accent est mis sur le développement industriel et l'innovation, existe la nécessité de centrer l'attention sur ces disciplines qui traditionnellement ont contribué directement et intensivement à ce secteur, notamment l'ingénierie et les sciences naturelles "lourdes" (chimie, physique), les mathématiques, sans oublier les sciences naturelles moins traditionnelles, comme les sciences de la vie, la biotechnologie et l'informatique.

Le groupe d'experts, évoqués plus haut, a émis conclusions qui peuvent être appliquées aux domaines des humanités et des sciences sociales. La définition du chercheur qui s'adapte ici est celle qui est donnée dans le Manuel de Frascati (OECD, 1993) :

" les chercheurs sont des professionnels engagés dans la conception ou création de la nouvelle connaissance, des produits, processus, méthodes et systèmes, et dans la gestion de ces projets."

Normalement, le diplôme de docteur ou Ph. D est considéré comme "le niveau adéquat pour effectuer la recherche innovatrice". La personne qui possède un tel niveau d'expérience, est envisagée comme étant qualifiée pour effectuer la recherche dans son domaine de formation. Il existe, cependant, un ensemble de capacités nécessaires, qui on acquiert seulement avec la formation/information et l'expérience à son poste de travail. Les systèmes de recrutement de ces professionnels varient de pays en pays, tout comme les désignations qui sont utilisées. On doit avoir cela à l'esprit quand on prétend effectuer un travail de caractère quantitatif. Vivre et travailler dans une économie basée de plus en plus sur la connaissance, place les ressources humaines au centre du débat politique.

Ainsi, les indicateurs qui mesurent le nombre de chercheurs par rapport à la population active, à leurs disciplines, à leurs qualifications, à leur production scientifique et publications, leurs efforts de recherche et les dépenses en rapport avec ceux-ci, ainsi que de nouveaux et meilleurs produits, processus et services, sont d'un grand intérêt pour les politiques décisives. En premier lieu, parce qu'ils permettent d'obtenir une information factuelle à partir de laquelle ils peuvent prendre de meilleures décisions et être plus informés, et en second lieu, parce que ces données leur permettent de comparer les performances innovatrices de leur pays, dans ce domaine particulier, avec celle des autres pays. Malheureusement, il existe relativement peu de statistiques internationales comparables pour aider les décideurs politiques dans le domaine des "ressources humaines en R&D." Développer des indicateurs dans ce domaine est crucial, pour aider les politiciens intéressés à promouvoir la performance économique du pays respectif, conduite par l'innovation.

Ainsi, furent sélectionnés cinq indicateurs pour les ressources humaines dans la science et la technologie, à savoir:

1. Le nombre de chercheurs par rapport au total de la population active, lesquels mesurent la capacité en termes de ressources humaines en R&D de chaque pays;
2. Le nombre de doctorats en science et technologie par rapport à la population dans le groupe d'âge correspondant, ce qui fournit un indicateur de la croissance dans la connaissance humaine hautement qualifiée.
3. Le nombre de jeunes chercheurs recrutés dans les universités et centres publics de recherche par rapport au nombre total de chercheurs, ce qui reflète l'attrait des professions de R&D pour les jeunes diplômés en science.
4. La proportion de femmes dans l'ensemble des chercheurs dans les universités et centres publics de recherche, ce qui donne une indication de la participation des femmes dans les activités tournées vers la science, et, de leur rôle dans la contribution dans la croissance des connaissances.
5. La proportion de chercheurs des autres pays parmi les chercheurs des universités et centres publics de recherche, ce qui reflète une ouverture des systèmes scientifiques nationaux et la diffusion de la connaissance externe.

6.3. Considérations au sujet du pipeline de la formation

Le processus de formation et de perfectionnement des ressources humaines (RH) d'une nation peut être vu comme analogue à celui d'un pipeline de développement où l'on prétend maintenir un flux sain, avec suffisamment de volume pour assurer la prospérité dans les politiques nationales pour la science, l'éducation et l'industrie. Cette analogie du pipeline souligne les aspects dynamiques de ce défi pour la politique scientifique. Comme on le sait, le flux des ressources humaines est constamment en train de varier, aussi bien dans le volume initial que dans la direction du flux de sortie. Une politique de succès dans cette matière doit alors être capable de moduler et faire face à ces changements et cela requiert une vérification constante du processus engagé.

La ressemblance avec le pipeline de la Figure 6.1 illustre l'importance de la globalité de la tâche et les effets dynamiques de la rétroaction (feedback) qui peuvent arriver. Quand s'effectuent des ajustements au système, ceux-ci doivent être coordonnés, car d'une certaine façon, il peut y avoir des dysfonctionnements.

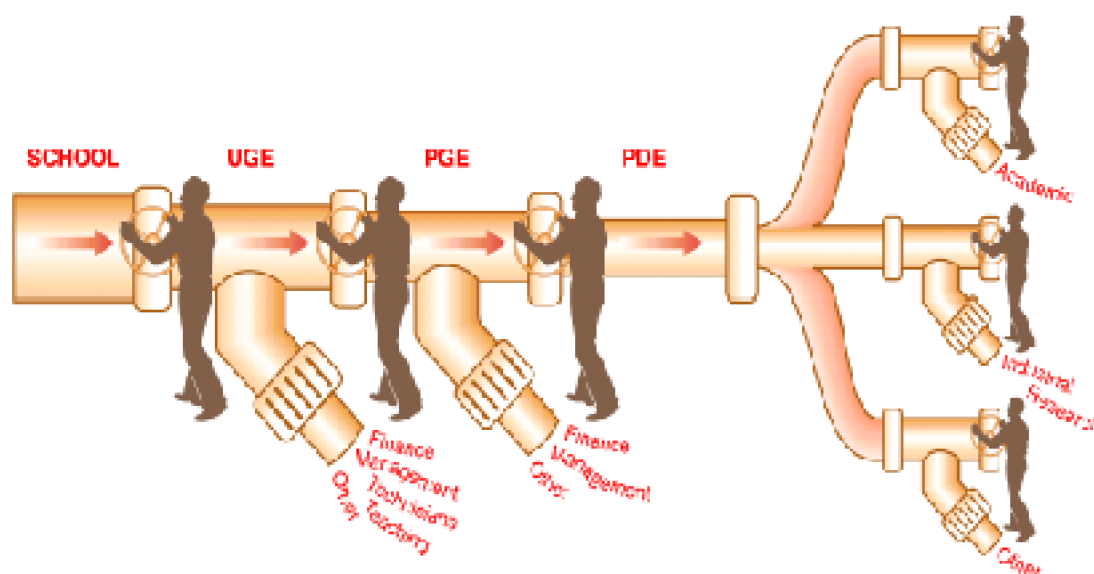


Figure 6.1 Pipeline de la formation

Legende : UGE – Undergraduates; PGE – Postgraduates; PDE – Postdocs Sources : OCDE, Human Resources in RTD, 2002, p. 22.

6.4. Cadre générique pour la discussion des RH en RTD

Ci-après sont présentés les thèmes qui constituent le noyau fondamental des ressources humaines en RTD. On commence par analyser l'intérêt de la connaissance dans la science et la technologie en Europe, après on se réfère aux facteurs qui seront décisifs pour pourvoir une base de recrutement pour la recherche, dans ce domaine. On examine, également, la proportion des chercheurs dans la population active et sa variation entre les pays. On discute, à la fin, de façon séparée, les mécanismes qui peuvent inhiber la mobilisation des ressources d'une nation pour les activités de RTD et on fait une tentative pour mesurer les effets des investissements en RH dans les RTD.

6.4.1. L'attrait de la science pour les jeunes

6.4.1.1. La préoccupation des européens avec la science

La dernière étude de l'Eurobaromètre (2001) au sujet des attitudes de la compréhension du public avec la science et la technologie, montre que la science occupe la 3^{ème} place (45%), en termes d'intérêt, après la culture (57%) et le sport (54%). Malgré cela, elle se situe avant la politique (41%) et l'économie (38%). Ces données contrastent fortement avec celles de l' Eurobaromètre de 1993, qui montrait qu'en moyenne, les européens

étaient plus intéressés par les découvertes médicales (45%), dans les nouvelles inventions et technologies (38%), que par la politique (28%) et les sports (29%). Diverses études nationales confirment l'intérêt porté à la science et la technologie, observé en 1993, mais ne permettent pas de prévoir le relatif déclin subséquent. L'Eurobaromètre de 2001 a testé dans quelle mesure les personnes se sentaient informées dans cinq domaines. On a su qu'ils étaient bien informés au sujet des sports (57%), ensuite venait la culture (48,5%) et après la politique (44%). Ces résultats étaient très similaires à ceux de 1993. A peine un tiers des européens croyaient être bien informés au sujet de la science et de l'économie (32%). L'importance de plus en plus grande de la science et de la technologie dans les sociétés modernes semble ne pas être accompagnée par la croissance parallèle de l'intérêt envers ces domaines, ni par une compréhension croissante des modes de penser et des idées scientifiques de base (Sjoberg 2001). Cela contraste avec ce que l'on vérifie quand il y a des initiatives spéciales (voyons par exemple, l'intérêt pour la science démontré au Danemark quand les programmes spéciaux pour le grand public sont faits, et aussi le cas du Programme Science Vive au Portugal).

Analysant ces taux d'inscription dans les études tertiaires (voir ci-après), on vérifie que le recrutement dans la science et technologie, spécialement en mathématiques, chimie et physique, est en train de décroître, dans beaucoup de pays, ou, du moins, ne se développe pas non plus rapidement que cela serait nécessaire. Il y a déjà quelque temps, presque 15 ans, que de nombreuses personnes viennent manifester une préoccupation quant au choix décroissant dans les domaines de la science et de la technologie par les étudiants. Cette tendance continue à l'âge adulte, de façon répétitive, ce que l'on peut voir à travers les études sur la littérature scientifique et la plus grande recherche des chercheurs et ingénieurs. Comme proportion de la population active, les jeunes européens tendent, de plus en plus, à s'isoler de la science et de la technologie quand se posent les options d'études et les choix de caractère.

Selon l'Eurobaromètre 2001, plus de la moitié des européens (59%) aussi bien les jeunes que les gens âgés (67% de jeunes), pensent que les leçons sur la science, à l'école, ne sont pas suffisamment attractives, 55% (59% de jeunes) estiment que les sujets sur la science sont trop difficiles et 42% (40% de jeunes) considèrent que les salaires et les perspectives de carrière, dans le domaine de la science, sont peu attractifs. À peine 42% des européens trouvent que ce manque de vocation scientifique des jeunes constitue une menace pour le développement socio-économique futur et, comme cette menace n'est pas sentie comme urgente, il est alors logique que 54% des réponses à l'enquête de l'Eurobaromètre 2001 révèlent qu'ils croient que les entreprises trouveront toujours les personnes qualifiées dont on a besoin.

Malgré ceci, deux tiers des européens appuient l'idée d'avoir une aide publique active dans ce domaine.

6.4.1.2. Comment se développe, chez les jeunes, l'intérêt pour la science et la technologie?

Contrairement à une perspective libérale, on ne peut "obliger" les jeunes à opter pour les

domaines de la science et de la technologie. Tout comme les autres aspects de leurs vies, les jeunes veulent découvrir, par eux-mêmes, ce qui est attractif et compensateur. Les jeunes font, fréquemment, leurs choix, essentiellement, en fonction des amis, des médias et d'après les exemples de leurs parents et autres membres de la famille. Or, les choix provenant de toutes ces sources, ne sont pas faciles. Il est alors, important, que la science et la technologie soient présentées, d'une manière naturelle, dès l'âge tendre et dans un environnement où les jeunes se sentent bien. La science et la technologie apparaissent, alors, comme une alternative naturelle parmi les options qui leur sont offertes. Il y a, comme on le sait, beaucoup d'informations sur la science et la technologie adressées aux jeunes provenant de diverses sources: écoles (contenu des cours, enthousiasme des professeurs de science), famille (stimulation des intérêts, éléments de famille qui étudient ou travaillent dans la science et la technologie), centres de science (expositions, musées), laboratoires de science dans les institutions d'enseignement supérieur, et les moyens de communication des masses (films, télévision, livres, journaux et revues, Internet). Sujets à toutes ces pressions, on n'est pas surpris que l'école, la famille et les amis constituent des sources avec un grand impact sur les jeunes. Parmi celles-ci, l'école a une particulière responsabilité. Fréquemment, quand on demande à un étudiant ce qui a motivé son choix, on obtient la réponse: "Bon, il y a eu un certain professeur au lycée qui m'a beaucoup marqué..."

6.4.1.3. Le rôle des écoles

La question qui se pose ici est celle de savoir comment les écoles peuvent présenter la science et la technologie d'une manière équilibrée. Il devient clair que l'appel de la science pour les jeunes dépend de ce qui est fait dans les écoles, et ici la conception du curriculum est fondamentale. On a soutenu que pour réveiller la curiosité, l'introduction des idées scientifiques devrait commencer à l'école primaire. Les méthodes d'enseignement, dans le passé, étaient très soucieuses de remplir l'esprit de choses au lieu de permettre le développement et l'intérêt pour la science et la technologie. Les innovations, dans les cours scientifiques, doivent croiser les frontières entre les disciplines conventionnelles (physique, chimie et biologie), rendant leur présentation plus identique aux réalités complexes et multidisciplinaires du monde actuel, comme par exemple l'ingénierie génétique ou la biotechnologie.

Sjoberg (2001), critiquant le cours présent de la science, a présenté une synthèse des tendances des aspects éducationnels en science et technologie, et a discuté les façons de reformer les systèmes actuels. L'implantation de ces nouveaux développements en éducation demande un encouragement aux plus compétents pour qu'ils entrent dans le système de l'enseignement ou pour qu'ils y demeurent.

Toutefois, le problème le plus urgent en éducation scientifique et technologique est le manque croissant de professeurs talentueux. Le métier de professeur doit alors devenir plus attractif et valorisé, ce qui passe par une plus grande reconnaissance sociale, et salariale. Ceci pourrait conduire l'entrée ou la rentrée de personnes dans la profession qui présentement sont dans d'autres secteurs.

6.4.1.4. Les moyens de communication des masses

est protégé en vertu de la loi du droit d'auteur.

Les médias sont la source la plus importante d'information scientifique pour le public. Les citoyens européens reçoivent des inputs scientifiques, principalement de la télévision (en moyenne 60%), de la presse (37%), de la radio (27%), de l'école ou de l'université (22%), des revues scientifiques (20%) et d'Internet (17%). Les médias jouent aussi un rôle prééminent dans la relation que la société a avec la science et la technologie. Bien que la société ait des développements basés sur la science, la compréhension publique des piliers de la connaissance – science et technologie – est un confus mélange d'admiration pour les recherches, aversion pour les désavantages et réserve au sujet des développements postérieurs. Les attitudes publiques au sujet de la science et de la technologie sont fortement influencées par les médias et aussi par la façon dont elles sont dépeintes au cinéma. En raison de l'importance des sujets, les journaux et revues européennes reconnus pour leur caractère "sérieux" ont inséré de plus en plus des sections bien écrites et informatives, sur la science et technologie.

Il semble que les médias ne contribuent pas à une image positive de profession du scientifique. Près de 36% des européens pensent que les développements scientifiques et technologiques sont présentés de manière trop négative par les médias, et, en plus, 53% trouvent que les journalistes qui s'occupent des thèmes scientifiques n'ont pas les connaissances ou la formation nécessaires pour dépeindre adéquatement le sujet (Eurobaromètre, 2001).

6.4.2. Les chercheurs dans la population active

Traditionnellement, les chercheurs sont responsables de la production, et de la diffusion des connaissances. C'est à travers ce type de travailleurs que les entreprises peuvent s'approprier de la connaissance et l'utiliser pour produire de nouveaux produits. En outre, la recherche est le facteur clef des nouvelles idées et le canal principal pour l'apprentissage dans les entreprises. Ce sont également un important vecteur pour la transmission de la connaissance, quand ils coopèrent avec les autres chercheurs de différentes institutions ou de divers pays et quand ils se déplacent d'un secteur à un autre. Dans le secteur public, ils accomplissent un rôle essentiel dans la création et la transmission de la recherche fondamentale. Dans l'économie basée sur la connaissance, il existe d'autres travailleurs dans la gestion, la production et les services.

	Total number	Business Enterprise	Governmental	Higher Education
Belgium	30 219	54.5	4.0	40.4
Denmark	18 438	46.5	21.2	31.0
Germany	255 260	58.8	15.0	26.1
Greece	14 828	15.6	13.5	70.6
Spain	61 568	24.7	19.4	55.0
France	160 424	47.0	15.7	35.4
Ireland	8 217	64.4	3.7	32.0
Italy	64 886	40.4	21.1	38.5
Netherlands	40 623	47.7	19.8	31.4
Austria	20 222	64.4	4.8	30.7
Portugal	15 752	12.7	21.9	52.3
Finland	25 398	41.6	16.2	40.9
Sweden	39 921	57.2	6.1	36.6
UK	164 040	56.2	9.1	30.3
EU-15 (2)	919 796	50.0	14.2	34.3
US	1 219 407	83.3	3.8	11.2
Japan	658 910	65.8	4.7	27.1

Source : D3 Research, 2002

Données: Eurostat, États Membres, OCDE.

Notes : (1) Researchers in full time equivalent (FTE);

(2) EU average does not include L.

Tableau 6.1 Nombre total de chercheurs (1) et % par secteur, 1999

Les données plus récentes montrent que le secteur des entreprises finance plus de 60% de R&D dans les pays de l'OCDE, ce qui dénote une légère croissance depuis les années 90. Dans l'UE, la proportion des dépenses de R&D du secteur entreprises était de 64,5% en 2001. Aux USA, le secteur des entreprises représentait 75,3% des dépenses en R&D. Au Japon, il était de 71%. À son tour, au Portugal, cette valeur était à peine de 22,7%.

Country	Researchers per 1000 workforce	Average annual growth (%) of researchers
Austria	4.86	7.86
Belgium	6.11	4.59
Denmark	6.46	3.96
France	6.14	1.22
Finland	10.62	12.68
Germany	6.07	1.00
Greece	2.57	6.79
Ireland	5.12	16.51
Italy	3.33	0.34
Netherlands	5.05	4.71
Portugal	3.27	7.61
Spain	3.77	6.79
Sweden	8.44	4.66
United Kingdom	5.54	2.66
EU-15	5.28	*2.89
USA	8.08	**6.21
Japan	9.26	2.57

Tableau 6.2 Chercheurs pour mille employés et croissance des chercheurs par an

Source : Key Figures 2001 (Eurostat)

Ces tableaux (Tableau 6.1 et Tableau 6.2) illustrent les tendances et révèlent et croissantes différences entre l'Europe et ses principaux concurrents, les USA et le Japon. L'indicateur du nombre de chercheurs parmi la population active reflète la proportion du travail scientifique dans l'emploi global. Ici la Finlande est en tête, suivie du Japon et de la Suède, viennent ensuite les USA avec 8 chercheurs pour mille de la population active. La moyenne de l'UE se chiffre en 5.4 pour mille d'employés. Les pays de l'Europe du sud, tels que le Portugal, la Grèce et Italie sont au fin de classement avec des proportions autour de 3 pour mille employés. Comment est-ce que cela évolue au long de la décennie 1990? Les pays comme la Grèce, la Finlande, l'Irlande et l'Espagne ont connue croissance à des taux supérieurs à 10%, suivis par le Portugal et la Belgique. Ces pays ont eu des taux de croissance plus élevés que les USA avec 6.2. Le taux moyen de la croissance de l'UE s'est chiffré autour de 3%. Toutefois, il y a des tendances de croissance très préoccupantes dans certains pays plus développés de l'UE, comme la France, l'Allemagne, le Royaume Uni. L'Italie présente une grave combinaison de faible proportion des chercheurs et de taux de croissance négatif.

6.4.2.1. Quelques commentaires et définitions au sujet de l'interprétation de l'indicateur

Le nombre de chercheurs reflète l'usage courant des ressources humaines dans les occupations de R&D. A l'exclusion des techniciens et de l'autre personnel (staff) d'appui et

en ne mesurant pas l'offre du personnel hautement qualifié en sciences et technologie, quelques uns d'entre eux peuvent être au chômage ou employés dans des professions non liés à la science et à la technologie. Pour que l'estimation des ressources soit mieux garantie, les données présentées sont équivalentes en temps intégral et non de simple comptage des chercheurs. Cela permet de prendre en considération d'autres types de travail, comme le travail partiel. Comme on l'a déjà noté (définition du Manuel de Frascati), les chercheurs sont définis comme le nombre de scientifiques et ingénieurs en activités de recherche dans un pays exprès en équivalent à temps intégral. La force du travail total global est définie comme la population totale économiquement active (voir Eurostat et Community Labour Force, États Membres et Japon).

6.4.2.2. Les dépenses et l'intensité en R&D

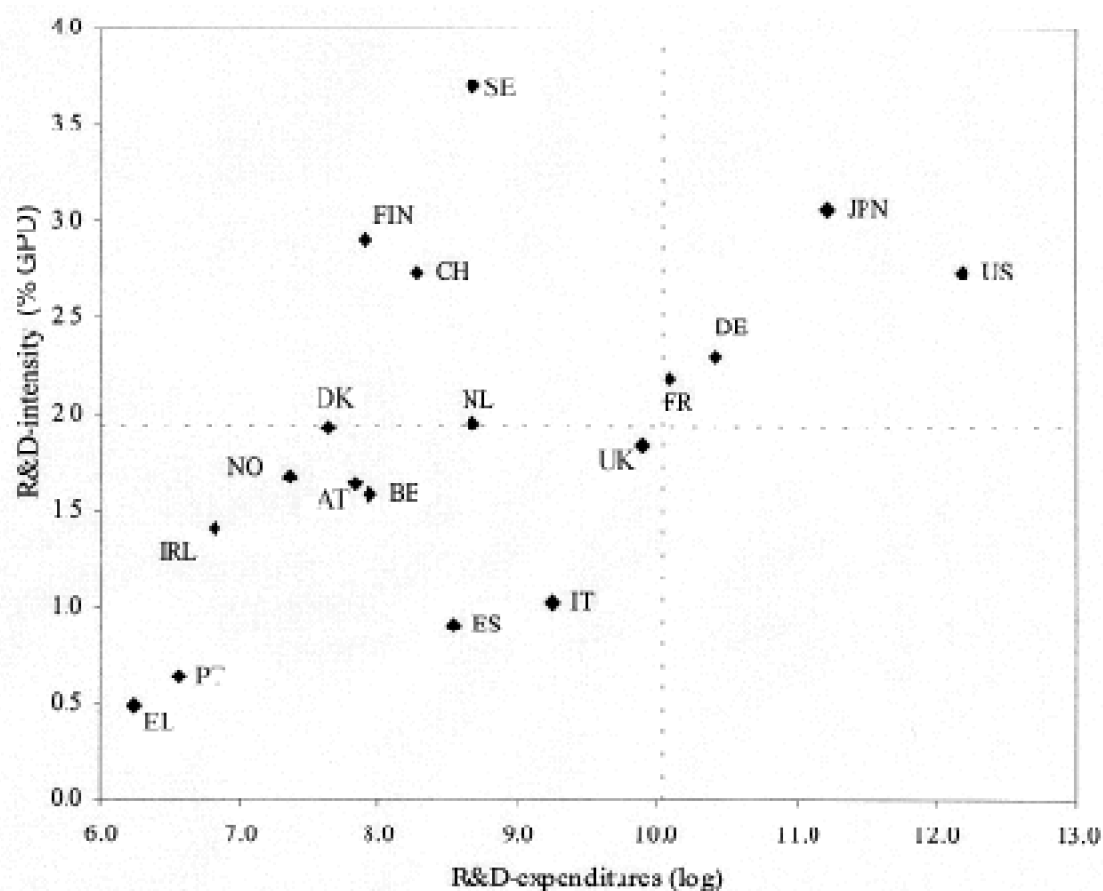


Figure 6.2 Dépenses totales en R&D et intensité en R&D

Source : Science and Technology Indicators 2000, The Netherlands Ministry of Education, Culture and Science (2001).

Conjuguant indicateurs – intensité et dépense totale –, nous pouvons classer les pays en trois groupes:

- Les principales nations industrielles - Allemagne, France, Royaume Uni, suivis des USA et le Japon dans les deux indicateurs;

- Un ensemble de pays de moyenne dimension (Belgique, Danemark, Finlande, Pays Bas, Norvège, Autriche, Suède, Suisse) en un ou deux indicateurs;
- Les pays du sud de l'Europe - Grèce, Italie, Portugal, Espagne, qui se présentent comme très faibles.

La Figure 0.2 indique l'intensité en R&D en % du PNB et montre qu'à peine un petit nombre d'États Membres de l'UE sont encore dans les 2%. On doit avoir à l'esprit que le niveau proposé par le Sommet Lisbonne de est de 3%. Dans le 2^{ème} groupe de pays l'industrie est la principale source de financement, mais il existe des différences appréciables entre les divers pays (la plus grande proportion du secteur privé se vérifie en Irlande, Suède et Finlande; au-dessous de la moyenne restent le Danemark, l'Autriche et les Pays Bas). Dans les pays du sud de l'Europe, le gouvernement est la principale source de financement, surtout au Portugal et en Grèce.

6.4.2.3. Les femmes dans la force du travail scientifique

Dans les années plus récentes, on a centré l'attention sur l'absence des femmes dans les statistiques de l'UE relatives à la force du travail scientifique, spécialement dans le secteur industriel, où il est très difficile d'obtenir des données significatives. La participation des femmes à la production de connaissance est un indicateur important qui nous donne la proportion du potentiel global des ressources humaines qui sont utilisées dans une société.

En 1988, une proportion identique d'hommes et de femmes reçoit un diplôme. Toutefois, il y a une différence dans les disciplines de formation. Les hommes obtiennent plus de diplômes d'ingénierie, de mathématiques, et d'informatique ; les femmes obtiennent plus de formation dans les sciences de l'éducation, les arts et humanités. Les sciences naturelles et les sciences sociales sont équilibrées.

Quant aux femmes chercheuses, la proportion hommes et femmes employés en activité de recherche est également élevée. Dans les États Membres analysés dans la Figure 6.3, la proportion de femmes varie entre 43 % au Portugal et 19% en Autriche.

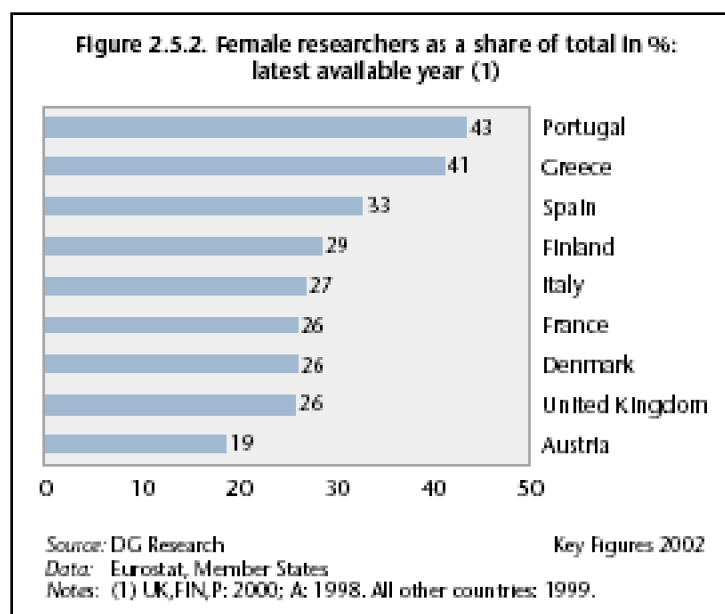


Figure 6.3 Recherche faite par les femmes dans les dernières années (total en %)

Source : DG Research, 2002

Ces données indiquent que les femmes représentent un grand potentiel pour les RH de la recherche.

6.4.3. Obstacles

Les barrières, où qu'elles existent, dans les universités, dans l'emploi et dans les sociétés, empêchent les individus de réaliser leur potentiel. L'existence de telles barrières ne se justifie pas dans une économie basée sur la connaissance où l'accent est mis sur la mobilisation des ressources humaines. Les barrières principales de ce type englobent le genre, les aspects financiers, la base culturelle, qui affectent spécialement les femmes, les classes de faibles ressources et les immigrants.

6.4.3.1. Genre

Comme nous l'avons vu auparavant, l'indicateur proposé par l'EUROSTAT «Proportion de femmes dans un nombre total de chercheurs dans les universités et centres de recherche publique», est encore en développement. La synthèse plus large de la situation est en train d'être conduite par le «Groupe d'Helsinki» sur les femmes et la science. Ce groupe a été établi par la Commission Européenne de manière à préparer les statistiques et les indicateurs européens comparables, pour mesurer la participation et le progrès des femmes dans la science.

Les tendances qui émergent des données, spécialement pour les pays nordiques, sont bien connues. Malgré une grande participation montrée par le nombre d'étudiants universitaires et les formations, il existe une fuite dans la transition pour les études avancées et, encore, une diminution, relative, dans la hiérarchie académique. Il n'y a de raison pour supposer que la situation est meilleure dans le secteur privé. Cependant, le

développement, au cours du temps, est positif dans beaucoup de pays.

6.4.3.2. Aspects financiers

Les deux barrières économiques principales reconnues, qui peuvent éloigner les jeunes dans les carrières en science et technologie, sont la difficulté de financer les études supérieures, spécialement des études doctorales, et la faible compensation économique, après ces études, pour poursuivre une carrière consacrée à la recherche. Il n'existe pas encore de statistiques qui permettent de comparer, à l'échelle européenne, les diverses formes d'appui disponibles pour un jeune qui prétend suivre une carrière de recherche scientifique. Toutefois, dans chacun des États Membres existe une grande disparité, qui fait que les coûts sont supportés essentiellement par l'individu (ex. Royaume Uni), ou alors, dans certains cas, surgissent d'autres situations où existe une aide élevée. Dans un temps où beaucoup de secteurs d'initiative privée emploient des étudiants qui viennent d'obtenir un doctorat, à un taux considérablement au-dessus de celles des académies, on sait que le financement inadéquat éloigne les étudiants plus talentueux d'entrer dans un programme de doctorat. Cela peut finir par achever de miner, ou du moins, réduire la qualité du recrutement de base. La concurrence par le talent s'intensifie dans les économies de la connaissance qui exigent une plus grande formation en recherche: tout ce qui peut empêcher cela peut se traduire par de sérieux dégâts. À long terme, cela peut conduire à une dégradation de la qualité de la recherche dans les universités et déplacer les charges des formations en recherche pour le secteur privé. La question qui est en train d'être amplement discutée est celle de savoir comment la société doit récompenser une carrière de recherche. Il est certain qu'il existe des bénéfices immatériels dans la carrière, comme la satisfaction intellectuelle, le prestige, mais dans une société avec une tendance croissante vers le bien-être, il devient visible que la question financière a, de plus en plus, une signification fondamentale.

6.4.4. Mobilité du personnel scientifique et technique

6.4.4.1. Considérations générales

Depuis longtemps, dans le contexte de l'innovation et du développement, on donne une particulière importance à l'éducation et à la mobilité. Il y a un peu moins de 20 ans, Richard Easterlin (1981) a présenté l'argument, peut-être le plus systématisé, au sujet des liaisons entre l'éducation basique et la croissance économique. En analysant la nature de la croissance économique, Easterlin s'est assez éloigné de l'idée que la croissance est à peine une extension ou intensification de la production et a suivi Landes (1980), dans la vision au sujet de la création et de l'utilisation de la connaissance:

"Le cœur de tout le processus d'industrialisation et du développement économique est intellectuel: il consiste dans l'acquisition et l'application d'un corps de connaissance relatives à la technique, c'est-à-dire à la manière de faire les choses" (Landes, 1980, p. 111, cité par Easterlin, 1981, p. 2)

En plus d'envisager la technologie et la connaissance comme des facteurs déterminants de la croissance, Easterlin a vu sa propre création de la connaissance comme un manque

d'explication et a tenté de trouver un fort argument pour l'effet que l'éducation, et particulièrement l'éducation des masses, a sur le développement.

Cet accent sur les capacités humaines fut suivi et perfectionné dans la recherche moderne sur l'innovation. L'idée essentielle sous-jacente à toutes les analyses sur l'innovation est que celle-ci et le développement des nouvelles technologies surgissent grâce à des personnes qualifiées. L'innovation est un processus social, enveloppant non seulement les techniques nouvelles, mais aussi les nouvelles formes de connaissance, capacités et compétences.

Malgré la difficulté de mobilité des scientifiques, des raisons existent pour croire que l'innovation peut avoir un fort impact sur le développement des pays dans le domaine de la science et de la technologie et, par ce biais, sur la croissance.

6.4.4.2. Mobilité et industrialisation: perspective historique synthétique

Le rôle de la mobilité des personnes est très souligné dans la littérature historique au sujet de la diffusion de l'industrialisation. En particulier, la distinction entre connaissance tacite et connaissance codifiée, qui a un rôle central dans les études modernes sur l'innovation, est déjà très familière aux historiens. Bien qu'il existe un ample et continu débat au sujet du rôle précieux de la compréhension scientifique dans la Révolution Industrielle, il y a un accord général qui consiste à affirmer que les premières technologies industrielles dépendaient fortement des capacités humaines, spécialement les habiletés des opérateurs. Cela était très clairement le cas de l'exécution du fer ou des premières productions chimiques, où le temps (timing) des processus de production était un élément critique. C'était également le cas des technologies mécaniques, comme les machines de filage et de tissage où la construction et l'opération de la machinerie étaient le principal problème.

6.4.4.3. Mobilité des étudiants

Depuis 1950, le nombre d'étudiants qui ont réalisé des séjours internationaux augmente dans tous les pays industrialisés. Dans les deux dernières décennies, la population de l'enseignement secondaire a baissé dans les principaux pays industrialisés, mais cette décroissance est partiellement compensée par la montée des taux de participation dans l'enseignement secondaire ou dans l'éducation universitaire. Il existe près de 1.4 millions d'étudiants à étudier à l'extérieur en 1992, et on attend que ce nombre monte à 2.8 millions en 2010 et 4.9 millions en 2025 (cf., Johnson 2001; Mahroum 1999; Schneider 2000). Cinq facteurs principaux contribuent à la variabilité dans la mobilité des étudiants :

- Les pays de grande population réduisent plus la mobilité (principalement parce qu'une plus grande population permet une plus grande diversification des services d'éducation , couvrant tous les domaines d'études au niveau avancé);
- Le langage et la proximité linguistique dans le système éducatif;
- La proximité institutionnelle (rendue évidente par la mobilité élevée dans l'UE) appuyée par des politiques de liberté de circulation, la reconnaissance de diplômes, l'existence de programmes de permutation et les liaisons géographiques et

culturelles;

- L'isolement géographique qui agit comme une barrière à la mobilité interne ;
- Les considérations économiques comme les paiements (tuition fees), le coût de vie, la rémunération salariale. Les données plus complètes au sujet de la mobilité des étudiants entre les diverses régions du monde sont ceux fournis par l'OCDE. La Figure 0.4 fournit une synthèse des principaux flux des étudiants entre les diverses parties du monde.

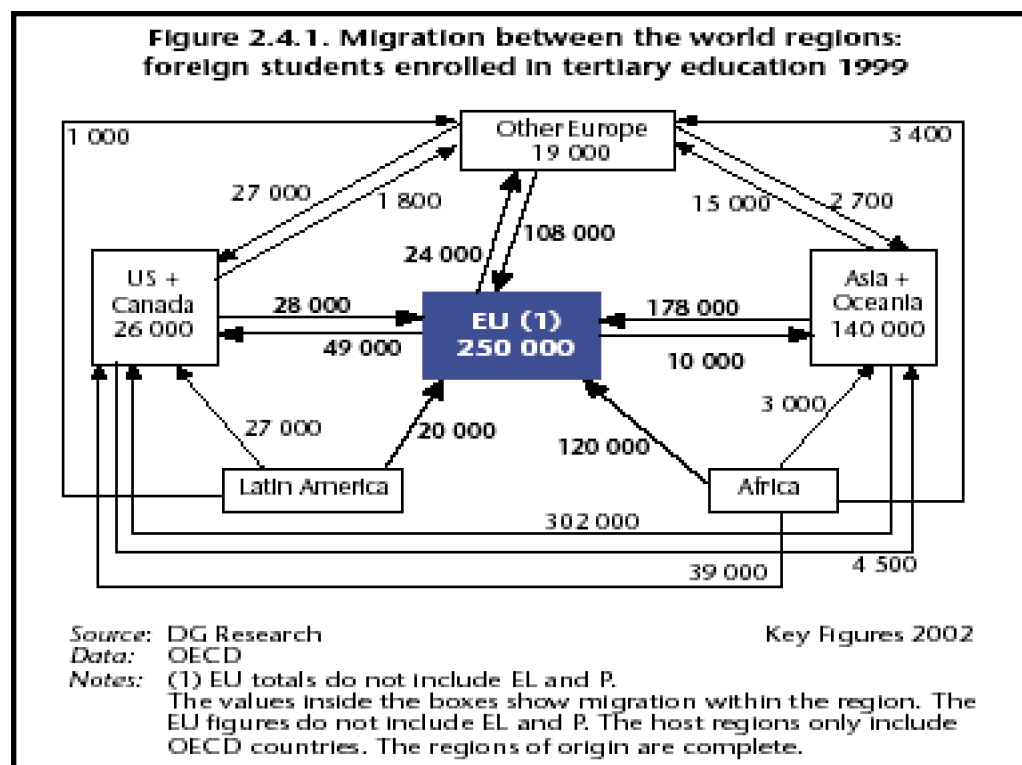


Figure 6.4 Migration entre les régions du planète : étudiants étrangers niveau III

Source : DG Research., 2002

Comme on peut le constater, les principaux flux migratoires sont enregistrés entre l'Afrique et l'Europe (la France étant le principal pays récepteur), entre la région de l'Asie Pacifique et les USA et entre cette même région et l'Europe. Il existe encore le flux entre les autres pays de l'Europe qui ne font pas partie de l'UE et l'UE Il est important d'analyser le flux international des étudiants dans une perspective européenne. En général, les plus grand pays européens (Allemagne, France et Royaume Uni), les USA, l'Australie, la Suisse et l'Autriche surgissent comme les plus grands receveurs liquides. Cependant, de ceux-ci, cinq nations reçoivent près de 80% : USA. (34%), Royaume Uni (16%), Allemagne (13%), France (11%) et l'Autriche (8%) (Voir, Tremblay, 2002). Les pays asiatiques sont les principaux pays donneurs, représentant près de 45% des pays de l'OCDE, avec un nombre élevé d'étudiants provenant de Chine, de Corée, du Japon, de l'Inde, de Hong Kong (China) et de Malaisie. Ceci souligne les aspects démographiques, mais aussi les politiques actives pour acquérir des compétences à l'extérieur (Guellec & Cervantes, 2002).

Globalement, la mobilité des étudiants dans tous les pays de l'OCDE est plus grande. Ceci est dû principalement au niveau élevé de l'éducation dans ce domaine ; la proportion d'étudiants étrangers en sciences et ingénierie est presque pareille à celles des étudiants en sciences sociales et humanités. Il semble exister une légère tendance vers le côté "Humaniste" en Autriche et Allemagne, alors que la science et l'ingénierie semblent être plus internationalisées en Australie, au Danemark et en Suisse (il manque les données pour les USA, le Royaume Uni et la France) (Voir, Tremblay, 2002).

6.4.4.4. Barrières à la mobilité des chercheurs

6.4.4.4.1. Observations générales

Les types de mobilité que l'on va analyser succinctement, se rapportent à la mobilité intersectorielle (mouvements entre l'industrie et les universités et entre les secteurs publics et privés). On se réfère aussi aux chercheurs dans tous les domaines de la recherche, aussi bien dans les secteurs publics que privés et à tous les niveaux de la carrière (étudiant en doctorat, junior et chercheur au milieu d'une carrière ou chercheur senior).

En général, on observe qu'il existe un grand manque de statistiques au sujet de la mobilité des chercheurs, dans la plupart des États Membres. L'information disponible se trouve, souvent, fragmentée et incomplète. À leur tour, les travaux sur la force du travail (labour force surveys) ne sont pas très utiles, parce qu'ils n'identifient pas les chercheurs comme un groupe autonome. On doit encore distinguer beaucoup d'obstacles que les chercheurs affrontent, en particulier les obstacles légaux et administratifs, qui ne sont pas exclusifs de ce groupe. On reconnaît amplement que la mobilité est un élément (essentiel) d'appui pour la construction d'un domaine de recherche européen, conséquemment les obstacles existants à la mobilité des travailleurs et des étudiants affectent fortement les chercheurs.

Des groupes d'excellence bien connus, une infrastructure de recherche moderne et un financement adéquat et bien géré, ainsi que des qualités administratives minimales sont des conditions considérées essentielles pour attirer et maintenir les chercheurs. On doit faire une plus grande attention aux femmes chercheuses, lesquelles sont devant des barrières plus fortes que celles affrontées par les hommes, notamment celles liées à la maternité.

6.4.4.4.2. Obstacles légaux et administratifs à la mobilité transnationale

Relativement à ce type d'obstacles, on doit noter que les chercheurs ne sont pas traités de forme différente par rapport au reste de la population active. Le statut légal des chercheurs (employés à leur compte, fonctionnaires publics, étudiants) dépend de la législation nationale, avec grosses conséquences sur leurs droits et obligations. Les chercheurs des pays de Tiers-Monde et leurs familles affrontent des problèmes comme le visa (passeport), l'autorisation de résidence, la carte de séjour, la carte de travail. En plus, ils sont normalement sujets aux restrictions de l'immigration, ce qui ne leur permet pas de fixer résidence ni obtenir un emploi pour de longues périodes. Les chercheurs de ces

pays ne jouissent pas de liberté de mouvements, comme cela arrive avec les citoyens de l'UE. Cela peut poser des problèmes à ceux qui sont actifs dans l'UE, pour voyager ou pour, par exemple, assister aux conférences scientifiques ou utiliser des infrastructures spéciales. Les différences existantes dans les systèmes de sécurité sociale et dans les niveaux d'imposition de tribut, dans les divers états membres, rendent également peu attractif le déplacement pour des pays avec des conditions plus défavorables dans ces matières.

Les personnes qui se déplacent doivent aussi payer des contributions pour des bénéfices qui ne leur seront jamais attribués, ni ne seront compensés pour cela. Par exemple, les règlements de la Communauté au sujet de la coordination des systèmes de sécurité sociale sont très restrictifs sur le transfert des bénéfices relatifs au chômage. Cela veut dire que les chercheurs sont, obligés de contribuer aux assurances chômage, sans avoir la possibilité d'en bénéficier actuellement. Les accords de paiement de tribut bilatéraux n'existent pas avec quelques uns des pays importants, spécialement avec des pays en dehors de l'UE, ce qui implique un risque de double paiement. Celui-ci existe également dans les retraites, dû aux différences nationales dans le traitement fiscal des bénéfices et contributions de celles-ci.

Malgré cela, il y a des exemples de bonnes pratiques relativement aux demandes d'entrée pour les chercheurs ; c'est le cas de la France, qui a un visa scientifique spécifique pour les chercheurs d'autres pays. Par exemple, les détenteurs d'un visa scientifique sont exemptés d'autorisation pour travailler. En plus, la carte de travail est automatiquement admise pour les époux ou les épouses.

6.4.4.4.3. Obstacles sociaux, culturels et pratiques à la mobilité transnationale

L'accès à l'information est un problème, aussi bien pour les chercheurs que pour les administratifs qui travaillent avec la mobilité des chercheurs. Cette information se réfère aux règles et règlements, aussi bien au niveau local, national qu'au niveau de l'UE ; elle se réfère aussi à l'information sur les opportunités de financement et loisir. Les chercheurs qui se déplacent, affrontent non seulement les problèmes d'accès à l'information, mais aussi le manque d'assistance quant aux problèmes légaux et pratiques. Très souvent, la responsabilité est dans les institutions de recherche, dont certaines disposent de bureaux internationaux. La méconnaissance de la langue locale est un problème, particulièrement en ce qui concerne les langues moins utilisées. Les problèmes avec la langue peuvent entraver l'intégration sociale et rendre la vie quotidienne difficile. Relativement à cela, il existe quelques bonnes pratiques. Ainsi, dans quelques pays tels que la France, les Pays Bas, la Finlande et le Royaume Uni, il existe des sites Internet, intégrés au niveau national, avec des informations sur les opportunités et la législation. En France, la Fondation Kastler fournit une assistance personnalisée aux chercheurs provenant de l'extérieur.

6.4.4.4.4. Barrières à une dimension européenne dans les carrières de la recherche

Il existe le danger qu'à l'avenir, il y ait un manque de jeunes chercheurs. En effet, la carrière scientifique n'est pas envisagée comme attractive. La mobilité peut être une des formes de rendre la carrière scientifique plus effective. Toutefois, elle n'est pas aussi attractive qu'elle devrait l'être, étant donné qu'elle est, avec fréquence, envisagée désavantageuse pour le chercheur :

- Les chercheurs qui sont à l'extérieur, pour de longues périodes, ont généralement des difficultés à obtenir une place permanente ou même temporaire. Beaucoup de chercheurs qui n'assurent pas une position stable avant de partir hésitent à partir pour l'extérieur, parce que cela peut conduire à une perte de relations établies et à les laisser "en dehors du système" ;
- Pour les chercheurs avec des positions permanentes, de longs séjours au dehors peuvent porter préjudice à la carrière, internement, si la mobilité n'est pas reconnue pour les effets d'accréditation et de progression dans la carrière. De même, la valeur d'accroissement intellectuel d'une période de recherche à l'extérieur est, avec fréquence, insuffisamment reconnue.

Les périodes de recherche à l'extérieur sont, par la loi, prises en compte en Espagne, en France et au Portugal, aussi bien au niveau du recrutement que de l'accréditation pour devenir «senior». Dans quelques organisations de financement des États Membres (par exemple le Portugal, la Finlande et la Suède), la participation étrangère au recrutement et/ou dans les commissions d'estimation est obligatoire, avec la demande que les applications (travaux) soient écrites dans un langage "mondial".

6.5. Quelques conclusions

Les États-membres de l'UE doivent adopter des mesures avec le but d'augmenter le niveau général de connaissances/compétences de la population, spécialement en ce qui concerne aux domaines de la science, des mathématiques et de la technologie. Cela s'applique également au niveau de l'éducation tertiaire où devra être fortifié la formation de la recherche en science et technologie. Les États-membres doivent aussi retenir la plupart des doctorats, en activités de recherche, dans les pays d'origine. Les États-membres de l'UE devront aussi créer des conditions pour attirer les candidats avec d'haute qualité, et en nombre suffisant, pour les tâches universitaires. Pour cela, les carrières, de recherche comme académiques, doivent être plus attractives.

7. Le capital humain au Portugal

Nous ne ferons pas ici un étude quantitative des effets du capital humain sur la croissance économique parce qu'il y a déjà divers études bien établis à ce sujet (Teixeira (1997, 1998), Teixeira et Fortuna (2003), Pina et St. Aubyn (2002), et autres). Ainsi, dans ce chapitre nous établirons seulement une synthèse des travaux sur les relations entre le capital humain, la productivité et la croissance économique parce qu'ils sont pertinents pour comprendre l'importance du système de formation des ressources humaines dans le SNI que nous avons la volonté de décrire.

7.1. Un survol des travaux passés

Bien qu'il existe des preuves de l'effet du capital humain sur la croissance économique, (voir les chapitres antérieurs) les études spécifiques au sujet d'un pays sont rares. Pour l'économie portugaise, on a les travaux de Pina et St. Aubyn (2002), Dias (1992) et Teixeira (1997), qui estiment la contribution du capital humain à la croissance économique. Teixeira (1997) et Pina et St. Aubyn (2002) concluent qu'il existe une relation statistiquement significative de long terme entre l'output et le capital humain : le capital humain apparaît comme une variable importante pour expliquer la croissance économique au Portugal. Nunes, Marta et Valério (1989) soulignent que le problème réel sous-jacent au faible développement du Portugal, par rapport à d'autres économies

européennes, pendant la période de 1833 à 1995, est associé à la faiblesse de l'éducation de base et technique, ainsi qu'à l'absence d'initiative des entreprises. Ces facteurs suggèrent alors que l'inefficacité du système éducatif, (manque d'ingénieurs et gestionnaires capables), a contribué au retard du Portugal pour cette période. Teixeira, (1997, 1998) a fait la première tentative, à notre connaissance, pour estimer des séries temporelles de capital humain pour le Portugal. Utilisant une méthodologie semblable à celle de Barro et Lee (1993), l'auteur a estimé un temps moyen de scolarité pour la population portugaise, pendant la période de 1960 à 1992. Teixeira effectue des appréciations basées sur des spécifications logarithmiques et linéaires de l'évolution de l'ensemble du progrès technologique (mesuré par la productivité totale des facteurs), du stock de capital humain (mesuré par les années moyennes de scolarité de la population adulte) et de la capacité d'innovation ou du stock de connaissances (mesuré par la dépense cumulée de R&D). Elle conclut, qu'il existe une relation structurale de long terme entre la productivité, les années moyennes de scolarité (de la population adulte) et la capacité d'innovation. Sans tenir compte des différences possibles dans la qualité de l'éducation, au long des trois décennies considérées et des autres formes d'acquisition de capital humain (par exemple la formation professionnelle, l'apprentissage par l'expérience, etc.), ils montrent qu'au Portugal, entre 1960 – 1991, le stock de capital humain, peut expliquer entre 40 à 79% de la croissance de productivité du pays, ce qui est significatif. Pina et St.Aubyn (2002) ont effectué une tentative pour apprécier l'influence du capital humain et du capital public sur la croissance, comme cela a été fait également par Dias (1992). Ces auteurs suivent la méthodologie de la fonction de production, ont déterminé des « élasticités » pour le capital humain et public. Ils utilisent des données, provenant des Comptes Nationaux Portugais, pour la période de 1977 – 2001. Pour étudier comment les diverses formes de capital humain ont un impact sur toutes les activités, et, pour attribuer une signification précise au terme « public », ils divisent l'économie en deux secteurs : le secteur manufacturier et le secteur public. Le produit agrégé est mesuré par la Valeur Ajoutée Brute aux prix du marché. L'emploi est mesuré en unités homogènes. Ils adoptent l'approche de l'inventaire permanent de Santos (1984) et Freitas et Amaral (1994) pour calculer les stocks de capital sectoriel et agrégé.

Tout comme dans ces deux études, ils désagrègent la formation brute de capital fixe (FBCF) en équipements, habitation et autres édifices et appliquent l'approche de l'inventaire permanent pour obtenir des stocks de chacun de ces trois types de biens de capital. Quant au capital humain, ils suivent le travail de Teixeira (1997), qui fournit des séries temporelles annuelles pour le capital humain de 1960 à 1992, en l'actualisant. Outre ceci, ils adoptent une conception plus large du capital humain considérant, non seulement, les données relatives à l'éducation formelle, mais aussi celles relatives à la formation. Ils comparèrent l'élasticité de capital humain avec les résultats des études micro. A ce sujet, Pereira et Martins (2002), par exemple, décrivent un rendement pour l'éducation, (accroissement moyenne du rendement relative à un année extra de scolarité) au Portugal, de près de 11%, dans la période de 1996 à 1998, plus grande que la moyenne des autres pays (autour de 8%). Ces auteurs déterminent le rendement macroéconomique de l'éducation (la pourcentage de l'accroissement dans l'output provenant d'un année extra de scolarité). Ceci servant de base, et d'après une élasticité

moyenne estimée de 0,42, et considérant le niveau de capital humain en 1997 (années de scolarité), on obtient pour le rendement de l'éducation (en termes macroéconomiques) la valeur de 6.1%.

Teixeira et Fortuna, dans une étude de 2003, analysent les effets du capital humain sur la croissance économique portugaise entre 1960 et 2001. Ils étudient les relations entre le stock interne de connaissances (capacité d'innovation) et le capital humain pour la productivité. Bien qu'ils ne nient pas l'importance fondamentale des externalités internationales, ils se concentrent seulement sur les externalités (spillovers) internes. Cela dit, ces auteurs étudient la période de 1960 à 2001. Ils ont montré qu'une augmentation de 1% dans le nombre moyen d'années de scolarité pour la population portugaise (avec 25 ans ou plus) conduit, à un certain niveau de connaissance, à une augmentation de 0.42% de la productivité de l'économie.

L'importance des efforts d'innovation, bien qu'encore à un niveau plus bas que celui du capital humain, est bien soulignée ici. En effet, 1% d'augmentation du stock interne de connaissance tend, *ceteris paribus*, à faire monter la productivité de 0.30%. Outre ces effets directs, le capital humain influence également, mais indirectement, la productivité totale des facteurs. Les résultats mettent en évidence que l'élasticité de la productivité totale des facteurs par rapport au stock interne de connaissance est élevée quand le niveau de scolarité de la population l'est aussi (l'élasticité à long terme de la capacité d'absorption innovatrice est de 0.40%). Ces résultats sont, d'une certaine façon, confirmés par d'autres études empiriques récentes. En ce qui concerne l'élasticité du capital humain, Pina et St. Aubyn ont obtenu des évaluations semblables, entre 0.396 et 0.4073, respectivement, sans et avec la formation.

Teixeira et Fortuna (2003) concluent, en se basant sur leurs évaluations qu'il est possible d'inférer l'existence de relations structurelles stables à long terme. Les appréciations des paramètres semblent confirmer que le capital humain et les efforts d'innovation ont été très importants pour le processus de croissance économique portugais, de 1960 à 2001. L'importance du premier surmonte celle de la création d'une base interne de R&D. Par ailleurs, l'effet indirect du capital humain, à travers l'innovation, apparaît ici comme critique, montrant que la détention d'un stock de capital humain assez considérable est importante pour permettre à un pays d'avoir les retombées de ses efforts internes d'innovation.

Relativement aux études de caractère microéconomique, nous pouvons noter le travail d'Hartog, Pereira et Vieira (2001). Pour ces auteurs, les rendements provenant de l'éducation, au Portugal, sont restés globalement constants entre 1982 et 1986. A cet égard, on se souvient que le Portugal a affronté une forte crise dans la première moitié des années 80, et de grands défis pendant la deuxième moitié des années 80 (adhésion à la Communauté Économique Européenne par exemple). Entre 1986 et 1992, les rendements résultant de l'éducation augmentèrent considérablement, aussi bien pour les hommes que pour les femmes. Toutefois l'augmentation des rendements de l'éducation, au Portugal, n'a pas été conduite par la ré-affectation de l'emploi dans le sens de secteurs intensifs en compétences. Au lieu de cela, l'emploi au Portugal s'est déplacé, après 1986, vers les secteurs qui emploient traditionnellement des travailleurs avec de bas niveaux de qualification. La question qui se pose alors est celle de savoir comment les rendements

ont évolué.

Le Portugal a adhéré à la Communauté Européenne en 1986, s'insérant, dès lors, dans un processus de modernisation de la production, en particulier à travers l'introduction de nouvelles technologies de processus. Ceci a été possible grâce aux fonds structurels provenant des aides financières spécifiques de l'UE. Par ailleurs, la libéralisation du commerce avec les pays plus développés peut avoir entraîné l'importation de technologies qui demandent un travail plus spécialisé. Pereira et Martins (2001) ont analysé la rentabilité de l'éducation, au Portugal, dans le cadre du modèle de Mincer, pendant la période 1982-1995, se basant sur les données d'enquêtes statistiques. Pendant cette période, le pays était sujet à divers changements, en particulier ceux liés au système éducatif et à la structure économique. Ce fût l'époque qui a suivi la Révolution du 25 Avril 1974, à la suite de quoi les systèmes éducatif et économique ont subi des changements structuraux importants. Il devient, de cette façon, important de connaître les implications de ces changements, en termes de rentabilité de l'éducation. Les auteurs retiennent quatre sous périodes distinctes : 1926-55 (une période de «régression»), 1956-73 («récupération»), 1974-1982 («rupture»), et 1983-1995 («consolidation»).

La première période coïncide avec la phase plus conservatrice du régime de Salazar. L'éducation n'était pas considérée comme importante pour le bien-être économique et social du pays. Toutefois, elle était tenue comme un instrument utile pour inculquer le patriotisme et le respect pour les «valeurs traditionnelles» parmi les jeunes. Entre 1956 et 1974, aussi bien le nombre que la qualité des écoles augmentèrent significativement. La scolarité obligatoire est passée de trois ans à quatre ans (uniquement pour les garçons) en 1956, quatre ans (garçons et filles) en 1960, et six ans en 1964. Dans la troisième période (1974-1982), une des premières mesures à être prise fût l'abolition du versant technique de l'enseignement secondaire. En effet, l'enseignement technique était considéré incompatible avec l'égalité pour tous. Le Ministère de l'Éducation, confronté avec la restriction de capacité dans les universités, instaure en 1978 un régime de «Numerus Clausus». Dans la dernière période, fut lancée la réforme de 1983, dont la principale particularité est la réorganisation de l'enseignement technique, cette fois au niveau de l'enseignement secondaire. En 1986 on approuve la Loi de Bases, qui organise le système éducatif encore aujourd'hui. Cette loi prévoit un niveau « basique » de scolarité de neuf ans ; un niveau secondaire de trois ans (y compris le versant technique) ; et un niveau supérieur, qui englobe aussi bien les universités que les instituts polytechniques. Une autre grande caractéristique de cette loi est celle d'avoir rendu possible le fonctionnement et l'expansion des universités privées. Le pays continue à être en retard dans ce domaine par rapport à la plupart des pays européens, comme l'ont montré les statistiques. On peut noter à ce propos deux aspects : 80% de la population employée n'a pas plus de 9 ans de scolarité (OCDE, 1998) et 10% de la population, en 1991, était incapable de lire et écrire. Les auteurs ont prouvé une rentabilité élevée de l'éducation au Portugal (près de 10%). Par ailleurs, ils n'ont pas détecté de différences entre hommes et femmes appréciables, avec une exception d'un taux de croissance des rendements un peu plus élevé pour les hommes. Pereira et Martins (2001) cherchent à expliquer cette situation et à en retirer des conséquences en termes de politique éducative. Quant au premier aspect, on peut donner trois explications : la première est en

rapport avec le niveau réduit de la scolarité des travailleurs portugais. Dans une situation simple de recherche et de l'offre de travail qualifié, ceci conduira à un «hiatus» important entre les rémunérations des travailleurs qualifiés et des ceux non qualifiés. Un deuxième fait se situe dans le faible appui accordé aux étudiants au Portugal (voir Asplund et Pereira 1999). Ce facteur est important pour expliquer les taux bas de participation qui sont encore enregistrés au Portugal, étant donné que le coût d'opportunité qu'un étudiant subit dans un autre pays européen est beaucoup inférieur à celui qu'un étudiant portugais doit supporter. Une troisième explication concerne le risque élevé de l'investissement dans la décision d'étudier au Portugal. Les résultats obtenus par Pereira et Martins (2001b), suggèrent que pour des questions associées à la qualité de l'éducation ou au fonctionnement du marché de travail, par exemple, l'investissement en l'éducation au Portugal est hasardeux, ce qui pourrait expliquer les taux élevés des rentabilités moyennes exigées. Globalement envisagées, ces valeurs élevées des taux de rentabilité de l'éducation pourraient conduire à deux espèces d'orientation politique. Une approche du type « laissez faire » pourrait suggérer que ces rentabilités permettent, aux étudiants, l'accès au marché financier pour financer leurs études, pouvant plus tard payer les emprunts. Une autre perspective, de caractère interventionniste, soutient que les restrictions de liquidité et les problèmes d'asymétrie de l'information, ne permettraient pas de pratiquer la première solution. Par conséquent, l'État doit créer les conditions pour faciliter l'accès à l'enseignement de façon à permettre un bénéfice économique élevé de l'éducation à un nombre de personnes de plus en plus grand.

Dans le contexte de la définition des mesures politiques à considérer, on doit tenir compte de quelques problèmes auxquels le système éducatif portugais est confronté. Les résultats de diverses sources, surtout en provenance des organisations internationales, montrent un déséquilibre entre les recours investis dans le système et les résultats atteints par les élèves, surtout quand on compare ces résultats avec le même type de situation dans d'autres pays (pour un plus grand développement de cette question, voir Martins 2000).

Les résultats déjà notés (Martins et Pereira (2001)), suggèrent que les taux élevés de rentabilité ignorent une dispersion considérable pour différentes personnes, ce qui ne se vérifie pas pour les autres pays européens. Envisagés globalement, et dans le contexte du développement de l'accès à l'éducation, ces résultats semblent indiquer clairement la nécessité de mesures qui favoriseraient l'amélioration de l'efficacité du système éducatif portugais.

7.2. Quelques conclusions

Presque toutes les études référencées concluent qu'il existe une relation structurale de long terme entre la productivité, les années moyennes de scolarité et la capacité d'innovation. Les études démontrent, également, que le capital humain apparaît comme une variable importante pour expliquer la croissance économique au Portugal. Les études ont aussi prouvé une rentabilité élevée de l'éducation au Portugal. Le faible

développement du Portugal et ainsi associé à la faiblesse de l'éducation de base et technique ainsi qu'à l'absence d'innovation dans les entreprises. En effet, le système éducatif, un des sous-systèmes du SNI, est un des grandes responsables par le retard du Portugal en relation aux autres Pays de l'UE. Les implications politiques de cela c'est qu'il faut prendre des mesures tant quantitativement que qualitativement pour l'améliorer. À cause de ça nous prétendons démontrer, dans le chapitre suivant, le retard du Portugal face aux autres pays de l'UE y compris les nouveaux pays de l'Europe Centrale et Orientale, et prouver l'importance des ressources humaines dans le SNI portugais.

8. Le système portugais de l'innovation: forces et faiblesses

Ce chapitre a pour but justifier l'approche sur le SNI pour le cas du Portugal. En même temps, prétend caractériser les forces et les faiblesses du système d'innovation portugais. Quant aux faiblesses, nous faisons une étude quantitative avec l'utilisation de la technologie innovatrice des indicateurs composites, pour démontrer le retard du Portugal, face à certains pays de l'Europe Centrale et Orientale, en ce qui concerne aux indicateurs de capital humain. Nous étudions, également, de façon quantitative les dépenses en R&D par rapport aux salaires individuels.

8.1. Justification d'une approche fondée sur le SNI

Cela fait deux décennies que l'on reconnaît que le processus d'innovation n'est pas linéaire. Aujourd'hui, on envisage l'innovation comme un processus interactif, qui engage les unités économiques, les entrepreneurs et non-entrepreneurs, et qui a des implications très grandes dans toute la société. En adoptant cette perspective, on a fait un long chemin, dans toute l'UE, entre les politiques traditionnelles de la science et de la technologie et les politiques d'innovation. De cette façon, le concept du système national d'innovation (SNI) déjà disséqué, peut fournir un cadre de référence pour l'analyse des

caractéristiques des processus d'innovation, à une époque de globalisation et donner aussi une définition plus adéquate des politiques. Une définition utile du SNI peut être la suivante: « un ensemble d'institutions liées entre elles, qui contribuent à développer, assimiler et échanger des connaissances économiquement utiles dans un territoire national donné». (PROINOV- Programa Integrado de Apoio à Inovação (Programme Intégré d'Appui à l'Innovation, 2001). Elle est en phase avec celles déjà données dans le chapitre 4.

Pour éviter des utilisations inadéquates du concept, il convient de préciser que :

- le SNI ne se réfère pas seulement à la création des connaissances, il englobe également sa diffusion ;
- le concept doit être vu de façon large, englobant non seulement l'espace technologique, mais aussi le versant commercial et organisationnel ;
- les éléments pivots dans le SNI sont les entreprises industrielles;
- le SNI recouvre nécessairement des agents localisés en dehors du territoire national.

L'existence ou non d'un SNI au Portugal, est une question controversée. Quelques-uns argumentent qu'il n'existe pas. Notre perspective est plus optimiste, en accord avec celle qui est consacrée dans le PROINOV. Bien que l'on reconnaisse ses faiblesses, celui-ci existe. Les difficultés liées à sa structuration existent également dans d'autres pays moins développés.

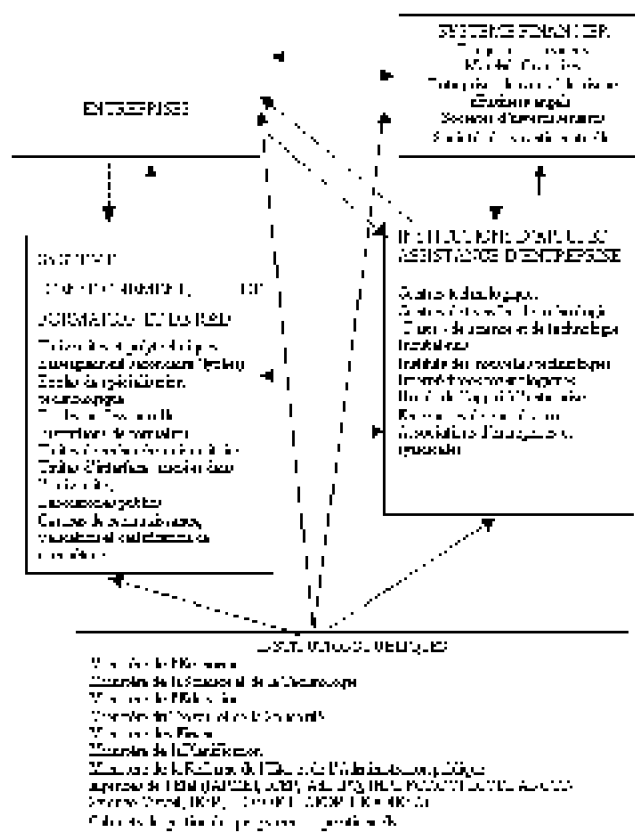
8.2. Les diverses perspectives du concept SNI au Portugal

Comme nous l'avons déjà dit, il y a diverses typologies d'acteurs dans le SNI . Le PROINOV considère cinq éléments principaux, à savoir :

- Les entreprises ;
- Les institutions d'enseignement et de la recherche;
- Les organisations d'interface et d'appui technologique;
- Le système financier;
- Les institutions publiques.

Les interactions entre ces acteurs sont indiquées dans la Figure 8.1

8. Le système portugais de l'innovation: forces et faiblesses



Zurich, Flight - 2001

File Name: 201704241701

© 2000 Blackwell Science Ltd *Journal of Internal Medicine* 247: 399–406

172 Ministry of Economic Policy, Republic of Serbia, <http://www.mep.gov.rs>

॥ श्रीगणेशाय नमः ॥ ॐ नमो भगवते वासुदेवाय ॥

16-06-2016

Figure 8.1 Le système de l'innovation au Portugal

INPI – Instituto Nacional de Propriedade Industrial – Institut National de la Propriété Industrielle

FCT – Fundação para a Ciência e Tecnologia – Fondation pour la Science et la Technologie

CCT – Observatório das Ciências e das Tecnologias – Observatoire des Sciences et des Technologies

ICCTI – Instituto de Cooperação Científica e Tecnológica Internacional – Institut de la Coopération Scientifique et Technologique International

AGCT – Agência Nacional para a Cultura Científica e Tecnológica – Agence Nationale pour la Culture Scientifique et Technologique

IEFP – Instituto do Emprego e Formação Profissional – Institut de l'Emploi et de la Formation Professionnelle

INOVACC – Instituto para a Inovação em Agronegócios – Institut pour l'Innovation dans la Biochimie

INACTH – Instituto Nacional de Administração da Saúde, do Trabalho e do Ambiente – Institut National pour l'Administration de la Santé, du Travail et de l'Environnement

IE – Instituto de Inovação Empresarial – Institut d'Innovation Économique

ANFFA – Associação Nacional de Empresas Florestais e de Ambiente – Association Nationale des Entreprises de la Forêt, de l'Industrie et de l'Environnement

Dans un travail publié en 1997, Alexandre Sousa se prononçait sur le système de l'innovation nationale, en adoptant la définition de Hodgson (Économie et Institutions, 1994). Ce concept dit que sont les institutions, que ce soit les associations de personnes ou que ce soit des normes complexes, qui réglementent les activités et les relations entre les agents et les habitudes ou comportements sociaux. Cet auteur suggère que soient particulièrement observés :

- la structure de l'apprentissage;
- les structures d'entreprise;
- l'apprentissage des marchés;
- l'analyse institutionnelle, technologique et financière;
- les mécanismes de transfert de résultats.

L'auteur souligne que notre système d'innovation «devra faire l'objet d'une planification et être conçu selon une stratégie définie et participante par des idées propres et non dépendantes des directives et d'une quelconque direction générale de la communauté». Luis Valente de Oliveira (2001) considère que dans l'organigramme du système d'innovation présenté dans le PROINOV au Portugal, on doit ajouter l'administration centrale, régionale et locale. L'axe central du système, selon l'auteur, doit être constitué par les entreprises et par les institutions publiques associées à l'innovation. En outre, les institutions publiques liées à l'innovation doivent expérimenter, du moins en matière d'information, l'influence de tous les autres éléments du système.

Une autre remarque que l'auteur fait, avec laquelle nous sommes d'accord, est que les institutions publiques n'ont pas toutes le même poids à l'intérieur du SNI. Étant donné que l'on prétend privilégier l'interaction avec les entreprises, lesquelles sont au centre du procès de l'innovation, nous devons mettre en évidence les agences publiques d'aides à l'innovation. La version de cet auteur sur le SNI est la suivante (voir Figure 0.2) :

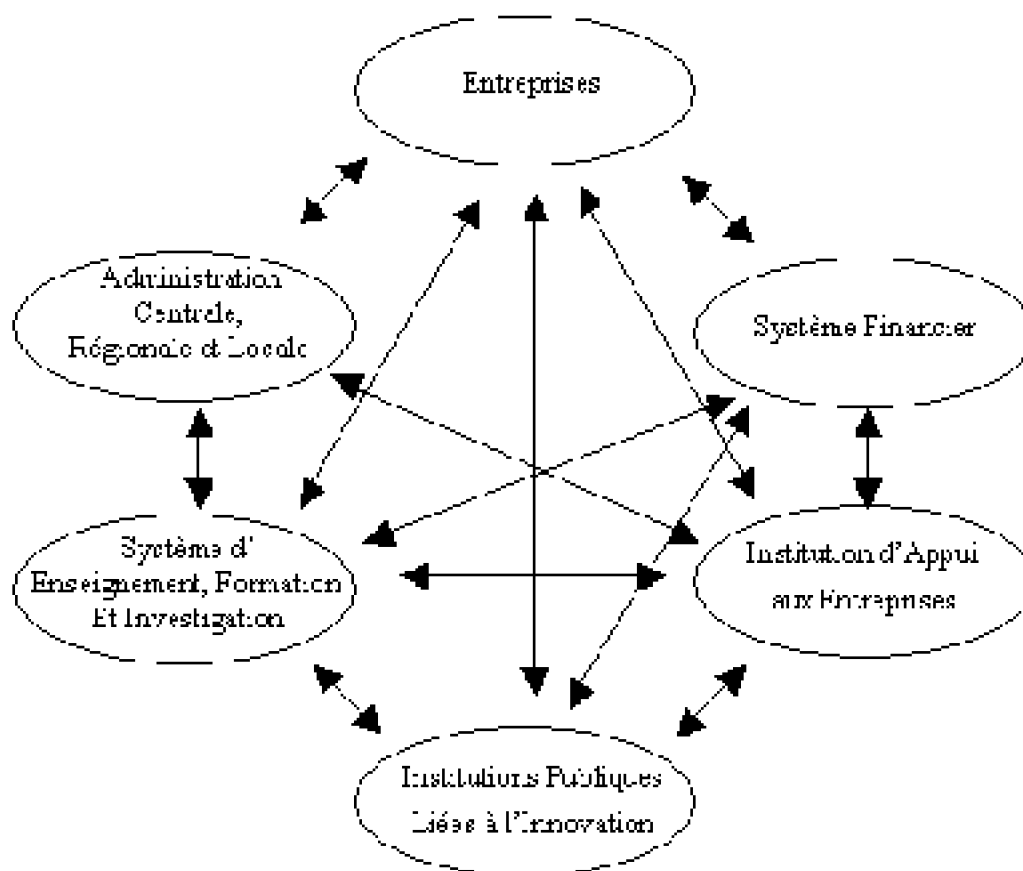


Figure 8.2 Le système d'innovation

Source:Luís Valente Oliveira, *Economia & Prospectiva*, N° 12, Jul/Set, 2001, p. 25.

8.3. Les forces du système d'innovation portugais

Adoptant l'organigramme de Valente de Oliveira au sujet du SNI, où est-ce que se situent les forces du Système d'Innovation Portugais ?

D'abord, dans le système de l'enseignement et de la recherche. Il y a eu, ces dernières années, beaucoup de portugais qui ont étudié et obtenu leurs diplômes, notamment des doctorats, dans les meilleures universités européennes et nord-américaines. La plupart d'entre eux sont revenus au pays et ont intégré beaucoup d'institutions où ils se sont installés avec un nouvel esprit d'initiative et de créativité. Ils ont contribué à réformer quelques institutions et en ont créé d'autres, en les transformant en pôles par excellence. Nous disposons d'un certain nombre de chercheurs dans divers domaines et insérés dans des centres de recherche avec une ouverture à l'extérieur. Il y eut, dans les années 90, un grand effort sur cette matière, ayant beaucoup servi la communauté scientifique nationale. Cette tendance doit se poursuivre et s'accroître.

Les universités commencent à avoir un corps doctoral adéquat. Il faut maintenant orienter ces nouveaux docteurs vers l'industrie et vers l'activité économique en général. D'un autre côté, et après l'adhésion à la Communauté Européenne (1986) et avec l'aide précieuse des fonds communautaires, le Portugal a investi fortement dans la construction et l'équipement de laboratoires. Dans un certain nombre de situations, il y a des convergences entre les ressources humaines et les équipements. Beaucoup de centres de recherche ont des relations avec des institutions de recherche reconnues internationalement. Nous avons quelques entreprises internationalisées, aussi bien dans les secteurs traditionnels, comme la chaussure et le textile, que dans les secteurs moins évolués, comme le moulage et les composantes d'automobiles, qui, pour devenir plus compétitifs doivent innover d'une manière permanente. Pour cela, ils disposent d'unités, qui s'appliquent aux meilleures pratiques (benchmarking). Ceci est également un aspect positif de notre système d'innovation.

Le système exposé dans l'organigramme est inséré dans un environnement plus vaste que la société. A présent, bien que cet environnement soit conservateur sous certains aspects, il est assez ouvert quand il s'agit de nouveautés technologiques. Malgré le niveau faible de culture technologique des portugais, on ne peut pas dire que ceux-ci soient contre l'innovation. Cet aspect et d'autres déjà notés antérieurement seront abordés avec plus de détails ci-dessous.

En somme, de l'observation des éléments constructifs et du fonctionnement du SNI, on retire certains aspects positifs. Parmi eux se détachent :

- l'existence d'un nombre appréciable d'acteurs dans le domaine de l'interface et de l'appui technologique, quelques uns avec une évolution très favorable ;
- l'amélioration des compétences et des systèmes d'évaluation des institutions de recherche universitaire ;
- l'expérience dans la conception et l'exécution de programmes opérationnels par les institutions publiques ;
- l'existence de quelques entreprises innovatrices compétitives au niveau international et de quelques grappes d'entrepreneurs dynamiques.

8.4. Faiblesses du SNI

La première des faiblesses est l'insuffisante liaison entre les entreprises et les institutions qui font de la recherche et promeuvent l'innovation. Ainsi, l'innovation incrémentale devrait être faite essentiellement dans les entreprises en relations fréquentes avec les institutions de recherche et d'innovation pour que celles-ci puissent aider à résoudre les problèmes qui quotidiennement se présentent aux entreprises. Quant aux innovations radicales, celles-ci requièrent un effort plus grand et de longue durée, qui peut être fait dans les entreprises que si celles-ci sont de grande dimension, ou en collaboration avec les institutions d'investigation. Or, quelques-unes de ces formes de coopération

requièrent l'existence de la connaissance mutuelle et de la confiance entre les entrepreneurs et les investigateurs. Les entreprises doivent commencer à mettre en œuvre un management de la technologie, qui se rapporte à tous les versants de gestion associés à la recherche, à l'estimation de la technologie et le développement technologique, à l'adaptation et à la profonde formation des technologies et à l'exploitation de technologies dans la production des biens et services. Une autre faiblesse du système d'innovation se réfère à la difficulté à que chacun puisse agir dans le domaine où il est excellent. Les exigences en matière d'investissement et la grande complexité de la recherche "nous oblige" à abandonner notre individualisme et notre méfiance traditionnels et à apprendre.

Il faut constituer des réseaux aussi bien au niveau national qu'au niveau international englobant des institutions de recherche et des entreprises. Les réseaux doivent avoir comme exigence l'excellence de la contribution de chacun et doivent être flexibles. Le fonctionnement en chaîne doit inclure tous les éléments du système d'innovation. Dans chaque élément du système, doivent exister aussi des chaînes spécifiques dont les vertus doivent être exploitées. Pour cela, il est nécessaire, cependant, de développer une nouvelle compétence: la capacité de gestion des réseaux (Mendonça 2001).

Nous avons au Portugal un Parc de la Science et de la Technologie qui a du succès – Le TAGUSPARK, mais d'autres tardent à démarrer. Les «parcs» de la science et de la technologie sont importants comme interface de promotion, de contact et d'aide dans la résolution des problèmes. Les parcs de science et technologie ont besoin d'être spécialisés. Ces parcs doivent être associés au tissu enveloppant de l'entreprise. Une des plus grandes faiblesses de notre système d'innovation vient du système éducatif. En effet, ce système a un enseignement « dogmatique » qui ne stimule pas l'initiative personnelle, la curiosité, la créativité et la rigueur. Pour qu'il y ait innovation continue, il est indispensable qu'il existe des personnes bien formées, curieuses, entreprenantes. Cette tâche appartient, en grande partie, au système éducatif.

Pour que le système national d'innovation soit efficace, le système éducatif doit l'être aussi. On doit commencer par le primaire et le secondaire. Comme ceci prend du temps, on doit dès maintenant intervenir dans le système éducatif, en privilégiant les domaines technologiques et la réalisation de stages obligatoires dans les entreprises.

L'autre faiblesse importante du système national d'innovation, qui existe aussi dans toute Administration, est la coordination. En effet, on doit procéder à la «dé bureaucratization» des relations entre les entreprises comme dans l'État. Comme on l'a déjà vu, le système national de l'innovation a au moins six types d'acteurs. Ainsi, le système nécessite de la coordination, mais pas d'un grand coordinateur, car sa tâche serait impossible. Ce que l'on conseille, c'est qu'il existe une grande décentralisation des compétences.

Un autre point faible dans le système national de l'innovation réside dans le système financier. Ce système, en matière de gestion des risques dans les secteurs innovateurs, est caractérisé par un excès de conservatisme. Les entreprises de capital de risque n'ont pas rempli adéquatement leur fonction, de même que les « business angels ». De cette manière, le système financier n'a pas de méthodologies d'analyse des innovations

propres. La manière de faire face à ces projets innovateurs doit être différente de celle qui est utilisée pour des projets communs, soit, pour des demandes de crédit courant. Quant aux centres technologiques, ceux-ci ne peuvent pas seulement se limiter à résoudre les problèmes posés aux entreprises. Ils doivent aussi avoir un rôle de diffusion de nouvelles connaissances et de nouvelles techniques qui ont de l'intérêt pour les entreprises. Ils doivent, également, avoir des compétences de surveillance et prospectives technologiques dans les secteurs dans lesquels ils se sont spécialisés.

Quant aux réseaux, qu'elles soient régionales ou bien locales, elles doivent saisir l'innovation comme prioritaire. Ces réseaux doivent travailler avec les centres de recherche et de diffusion de connaissances qui sont spécialisés dans les domaines qui les intéressent le plus. En résumé, les réseaux d'entreprises doivent considérer comme leur tâche, la promotion et la diffusion des innovations qui intéressent une région ou un secteur. Ce qui, jusqu'à maintenant, n'a pas été fait, à quelques rares exceptions. Ainsi, il serait intéressant de généraliser les pratiques d'audits technologiques aux entreprises, de façon à les aider et les sensibiliser à l'innovation. La discussion sur la meilleure manière de le faire aura lieu plus tard. Très souvent, les entreprises ne savent pas où elles peuvent obtenir de l'information ou acquérir de nouveaux équipements.

Comme on l'a déjà rapporté abondamment, les entreprises sont au cœur du système de l'innovation, mais le processus de l'innovation, comme on l'a vu, est multiforme et englobe divers secteurs. Donc, avec le secteur privé, le secteur public doit aussi innover, de là l'introduction dans le système de l'innovation d'un élément au sujet de l'Administration Centrale, Régionale, et Locale. Les bonnes pratiques (benchmarking) doivent être généralisées dans les relations entre les entreprises et les citoyens avec l'Administration Publique. Nous devons avoir de l'ambition dans cette matière, les bonnes pratiques impliquent que nous comparions avec les meilleurs et non seulement avec la moyenne. Les associations de consommateurs ont ici aussi un rôle important, en veillant sur la qualité des produits et des services et, à son tour, l'État doit avoir une politique d'appui à la qualité. Effectivement, la qualité et l'innovation marchent ensemble.

Quant au registre des brevets, il est au Portugal, ainsi que dans l'Union Européenne (UE), plus lent qu'aux USA et au Japon. Les résultats de la recherche et de l'innovation doivent être dûment protégés, de manière à stimuler les brevets déposés par les entreprises.

Une autre facette du système de l'innovation est la sélection. Pour les entreprises, la sélection est faite par le marché. Les bonnes continuent et les mauvaises normalement échouent. Ainsi, on doit encourager la culture de la sélection à tous les niveaux, depuis l'Administration Publique jusqu'au système d'éducation. Notre système d'innovation est peu internationalisé. Nous avons besoin de changer le profil de nos importations et exportations, parce qu'elles ne sont pas les plus adéquates. Nous importons des produits avec une valeur ajoutée élevée et exportons des biens avec une valeur ajoutée faible. Nous devons nous efforcer de capter l'investissement direct étranger (IDE), parce que celui-ci peut être un bon instrument d'innovation. L'IDE qui nous intéresse est celui lié aux activités qui produisent des biens avec une valeur ajoutée élevée. De cette façon, les équipes qui font la prospection et la négociation de l'IDE doivent avoir des compétences en innovation.

L'autre grand talon d'Achille de notre système national d'innovation est la faible recherche menée par les entreprises ; or, pour qu'il y ait de l'incorporation des innovations dans la chaîne de valeur des entreprises, cette situation doit être changée. Le traitement fiscal des investissements en activités innovatrices doit aussi être un aspect à privilégier comme façon de contribuer à l'augmentation du rythme de modernisation des entreprises. Comme nous l'avons déjà distingué à diverses reprises, l'aspect le plus important dans le processus de l'innovation, sont les personnes et la qualité de la formation et de l'éducation. Or, au Portugal, la qualité de l'éducation est faible, comme l'attestent les statistiques. Les programmes PISA (Programme for International Student Assessment) font apparaître les faibles performances des élèves portugais, par exemple, en mathématiques, qui est une discipline essentielle pour bien penser et qui sert d'instrument pour beaucoup de professions. On doit donner une attention particulière à ce problème, ce que nous ferons plus loin.

En conclusion de cette présentation, on doit souligner que le gouvernement devrait adopter une politique à ce sujet, c'est-à-dire qu'on ne peut pas mettre de côté l'innovation et ne pas la considérer comme une priorité politique, comme elle doit l'être, à notre avis, dans les pays comme le nôtre. Une synthèse statistique comparative de certains de ces aspects, entre le Portugal et l'UE, est présentée dans le Tableau 8.1 suivant :

Tableau 8.1 Portugal vs UE

**L'IMPORTANCE DES RESSOURCES HUMAINES DANS LES SYSTÈMES NATIONAUX
D'INNOVATION : LE CAS DU PORTUGAL**

INDICATEUR	UE 15	P O R T U G A L	C l a s s e m e n t	
1. Ressources Humaines				
1.1 Nouveaux de diplômés en sciences et ingénierie (‰ des 20-29 ans)	11,3	6,4	11	14
1.2 Population ayant suivi des études supérieures (% des 25– 64 ans)	21,5	9,4	15	15
1.3 Participation à la formation tout au long de la vie (% des 25– 64 ans)	8,4	2,9	13	1 5
1.4 Emploi dans l'industrie manufacturière de moyenne- haute et haute technologie (% de la population active totale)	7,41	3,33	13	15
1.5 Emploi dans les services de haute technologie (% de la population active totale)	3,57	1,45	15	15
2. Création de Connaissances				
2.1 Dépenses publiques de R& D (DIRD - DRDE) (% du PIB)	0,69	0,57	9	15
2.2 Dépenses de R& D des entreprises (DRDE) (% du PIB)	1,3	0,27	14	15
2.3.1 Demandes de brevets de haute technologie déposée auprès de l'OEB (par million d'habitants)	31,6	0,7	15	15
2.4.1 Brevets EPO	161,1	15,5	15	15
3. Transmission et Application des Connaissances				
3.1 PME faisant de l'innovation en interne (% des PME manufacturières)	37,4	35,5	8	14
3.2 PME faisant de l'innovation en coopération avec d'autres entités (% des PME manufacturiers)	9,4	6,1	9	13
3.3 Dépenses consacrées à l'innovation (% du chiffre d'affaires total de l'industrie manufacturière)	3,45	2,86	9	14
4. Financement, production et marchés de l'innovation				
4.1 Investissements de capital- risque dans la haute technologie (% du PIB)	45,4	45,9	7	13
Capitaux levés sur les marchés parallèles, ainsi que par des sociétés nouvelles sur les marchés principaux	0,037	0,01	14	14
4.3.1 Ventes de produits "nouveaux sur le marché" (% du chiffre d'affaires total de l'industrie manufacturière)	10,5	16	3	12
4. 4 Accès Internet à domicile (% de l'ensemble des ménages)	0,51	0,25	14	15
4. 5 Dépenses consacrées aux TIC (% du PIB)	7	5,4	11	15
4. 6 Part de la valeur ajoutée manufacturière dans les secteurs de haute technologie	14,1	6,5	13	15

Source: European Innovation Scoreboard, 2003

Le Tableau 8.1 indique, dans la première colonne, la moyenne de l'UE pour les 15

est protégé en vertu de la loi du droit d'auteur.

pays, pour chacun des items soulignés. Dans la deuxième colonne est indiquée la position du Portugal pour les mêmes items. Dans la troisième colonne, le classement indique la position relative du Portugal entre le numéro de pays qui ont indiqué statistiques pour chaque item. La dernière colonne montre le numéro total de pays avec statistiques pour chaque item.

On peut observer dans le Tableau 0.1 que le Portugal occupe une position très modeste entre les quinze pays de l'UE relativement aux items indiqués. Une analyse plus précise montre que le Portugal occupe les dernières positions, surtout, en ce qui concerne les ressources humaines. Le pays est dans la dernière position en ce qui concerne les études supérieures et l'emploi dans les services de haute technologie. Nous prétendons démontrer que les ressources humaines sont fondamentales dans le processus d'innovation, - ça c'est notre principal préoccupation! En ce qui concerne la création de connaissances, le pays se trouve aussi dans une position très faible. Les dépenses de R&D des entreprises sont trop réduites. Le pays est également à la dernière position en ce qui concerne aux brevets. Cela fait dégager les faiblesses des ressources humaines déjà notées. Relativement à la transmission et application des connaissances, le positionnement du Portugal occupe le milieu du tableau. En effet, les PME font quelque innovation interne, notamment innovation de processus, et développe quelque coopération avec d'autres entités. Quant au financement, production et marchés de l'innovation le pays est en très bonne position en ce qui concerne aux ventes de produits « nouveaux sur le marché » Cela se doit au fait des portugais exhiber une très grande propension pour absorber les nouveautés du marché, à savoir, le cas des mobiles. Le pays est aussi en bonne position dans les investissements de capital-risque. Le Portugal est mal positionné en ce qui concerne les dépenses consacrées aux TIC, notamment l'accès Internet au domicile.

En somme, la situation de l'innovation au Portugal par rapport à l'UE est préoccupante. La situation est même très inquiétante au sujet de la création de connaissances et des ressources humaines – l'objet de notre étude.

8.4.1. Une comparaison avec quelques pays de l'Europe Centrale et Orientale

8.4.1.1. Sur la nécessité de nouveaux indicateurs en science et technologie: le cas des ressources humaines

L'importance de R&D pour le changement technologique et la croissance économique devient plus claire après la 2ème Guerre Mondiale. Pour construire des bonnes décisions, il est nécessaire de procéder à la mesure de ce nouveau facteur de croissance. Avec cette finalité, est apparu le Manuel de Frascati («guidelines for the collection of R&D Data»), publié en 1963. Dès lors, l'importance de la science et de la technologie (S&T) dans les décisions du quotidien s'est agrandie et approfondie. Les économies développées sont aujourd'hui des économies de services qui dépendent de plus en plus de la création et de la circulation de la connaissance ; ce sont des «Knowledge-based

economies». Or, ce type d'économies a besoin de plus en plus d'indicateurs de S&T. Il y a eu de grands progrès dans la méthodologie de recueil de données, spécialement au niveau des pays de l'OCDE. D'où l'apparition de divers manuels et de nouvelles publications statistiques et, de nouveaux «survey» sur le sujet, par exemple, relativement aux ressources humaines en S&T. Le Manuel de Canberra, co-produit avec l'Eurostat, a été publié en 1995. Ce manuel donne la définition de ressources humaines en S&T, laquelle prétend être compatible avec les classifications existantes par emplois et par connaissances éducationnelles. Ceci a eu quelque succès pratique, en ce qui concerne les estimations par comparaisons internationales de R.H. en S&T. Un manuel au sujet des aspects conceptuels de mesure de la globalisation est également en cours de préparation. L'effort de conceptualisation et d'exécution des enquêtes a été approfondi et, ces dernières années, le Manuel d'Oslo a établi les lignes directrices internationales pour les «innovation survey». Ce manuel fût la première fois publié en 1992 et revu dans l'ensemble avec l'Eurostat en 1997.

Comme nous l'avons déjà souligné, la R&D est une pièce importante dans le processus de changement technologique mais n'est pas unique. Il y a d'autres sources en plus de R&D au sens strict, comme le design, les softwares, la formation. Les «innovations surveys» ont cherché à assimiler ces activités. Ceci se réfère spécialement aux industries de services où peu de R&D est faite, mais où l'innovation existe et est disséminée. Certaines activités, outre la R&D, conduisent à une augmentation du stock de connaissance dans l'économie, tel que l'investissement en software ou en éducation. Il devient, donc, utile d'intégrer ces activités dans la désignation «investissement en connaissance».

Les ressources humaines en activités de R&D sont le principal facteur qui permet à un pays de produire et de créer une nouvelle technologie. Ainsi, un large base de R.H. en S&T c'est une condition indispensable pour qu'un pays continue à innover. Il est nécessaire de mesurer d'autres compétences des R.H. en S&T, tels que les ingénieurs de production, les techniciens, etc., et il faut investiguer la structure de compétences par branches, ainsi que la mobilité nationale et internationale. Le « Manuel de Canberra » (1995), est un premier pas dans ce sens, mais beaucoup doit encore être fait dans cette direction. Les services sont de plus en plus innovateurs, mais les statistiques communes ne captent pas cette tendance. En effet, beaucoup d'innovations dans les services ne sont pas dues à la R&D formelle. De cette façon, le point important doit plus se baser sur les sciences sociales et humaines que sur les sciences naturelles.

8.4.1.2. Les indicateurs composites

8.4.1.2.1. Généralités

L'utilisation d'indicateurs pour évaluer les progrès dans la direction de l'économie basée sur la connaissance est un terrain émergeant et pionnier. Ces indicateurs ont déjà été utilisés avec succès, aussi bien au niveau national qu'au niveau international, dans des domaines divers, où il était nécessaire de synthétiser des phénomènes complexes multidimensionnels (Key Figures, 2002). Comme on le sait, l'économie basée sur la

connaissance est un phénomène complexe et multidimensionnel qui ne peut pas être capté par un unique indicateur. Ainsi, les indicateurs composites à travers l'agrégation d'un nombre de différentes variables sont capables de synthétiser la «photographie» globale relativement à ce sujet compliqué et multidimensionnel. L'avantage de synthétiser la position relative d'un pays par l'intermédiaire d'un unique indice, est qu'on peut, plus facilement, attirer l'attention et construire le support politique pour les politiques appropriées.

Les indicateurs composites montrent différentes choses, à savoir:

- Pour une certaine année, ils indiquent la composition du pays respectif (comme une moyenne des divers indicateurs de base) comparé avec d'autres. Donc, si l'indice de composition d'un pays est plus élevé que celui des autres, ce pays est en meilleure position.
- Si nous suivons un certain indicateur pendant diverses années, il nous indique la progression d'un pays à long terme. Si l'indice est plus élevé dans l'année $n+1$ qu'elle était dans l'année n , alors la capacité d'innovation du pays s'est améliorée au long de cette période.

8.4.1.2.2. Méthodologie

Toutes les méthodes pour calculer un indice composite doivent convertir différentes unités de mesure dans la même unité et développer une règle pour traiter les intervalles de niveaux de données, surtout quand il existe des valeurs qui diffèrent considérablement de la moyenne. Les théories courantes sur l'innovation soulignent que l'innovation est un processus interactif, qui a besoin d'un vaste ensemble d'inputs et de capacités. Si ceci est vrai, le fait qu'un pays ait une faible performance, dans la plupart des indicateurs, doit réduire significativement l'impact et l'efficacité de R&D publique, se traduisant en modestes résultats innovateurs. Le pays B peut avoir un meilleur «dégagement» que le pays A et, par conséquent, la méthode pour calculer l'indice de composition doit minimiser l'effet des «outliers» (European Innovation Scoreboard, Technical Paper n° 6, Methodology Report, 2003).

Il existent, fondamentalement, six différentes méthodes pour calculer l'indicateur composite. Existent également diverses variations de chaque méthode. Basées dans le European Innovation Scoreboard, Technical Paper n° 6, Methodology Report, 2003, nous avons utilisé la méthode n° 4. Cette méthode se base sur des valeurs rééchelonnées. Les scores ré-échelonnés varient à l'intérieur d'une même gamme pour chaque indicateur (0 à 1) :

$$CI_t^i = \sum_{j=1}^m w_j x_{jt}^i / \sum_{j=1}^m w_j$$

$$\text{Ou } x_{jt}^i = x_{jt}^i - \min(x_{jt}) / \text{range}(x_{jt})$$

CI_t^i indique l'indice composite au temps t pour le pays i , w_j indique le poids de l'indicateur j dans l'indice composite, x_{jt}^i c'est la valeur de l'indicateur transformé pour le pays i dans le temps t .

x_{jt}^i indique la valeur de l'indicateur j pour le pays i dans le temps t .

Cette méthode a comme avantage le fait de maintenir le niveau d'information de l'intervalle, d'avoir une faible sensibilité aux outliers par rapport aux méthodes qui maintiennent le niveau de l'intervalle des données. Comme désavantage, on peut noter le fait d'être statistiquement plus complexe que d'autres méthodes.

8.4.1.2.3. L'indice composite du Portugal par rapport à six pays qui vont adhérer à l'Union Européenne (UE) en 2004

Cet indice composite a été construit en se basant sur la méthodologie déjà notée. Pour évaluer la compétitivité du Portugal, par rapport à quelques pays de l'Europe Centrale et Orientale (République Tchèque, Estonie, Hongrie, Pologne, Slovaquie et Slovénie), un des facteurs est le capital humain (voir annexes A & B). Ainsi, on a construit un indice de capital humain pour tous les pays cités. Les données utilisées ont été obtenues du rapport du IMD de 2002, avec des données relatives à l'année 2000, et de la publication de l'OCDE (2001) - Education at a Glance -, avec des données relatives à l'année 2002. On a seulement considéré six des dix pays qui vont adhérer à l'UE en 2004. Malgré cela, pour les résultats du PISA (Programme for International Student Assessment) il existe seulement des données pour trois (République Tchèque, Hongrie et Pologne) de ces six pays. De toute façon, que l'on utilise douze critères, ou que l'on utilise quinze critères, la hiérarchie des pays ne subit aucun changement.

Des pays analysés, le Portugal reste, dans les deux situations, en dernière place (voir Tableau 8.2 et Figure 8.3)

Tableau 8.2 L'indice composite du Portugal par rapport à six autres pays

Pondération	Portugal	Hongrie	Rép. Tchèque	Pologne	Estonie	Slovénie	Slovaquie
15 critères *	0,1860358	0,8419816	0,8005343	0,2818157	0,6082130	0,4349792	0,6326358
12 critères *	0,2325448	0,8909094	0,7506679	0,2494141	0,6082130	0,4349792	0,6326358
* Voir Annexes A & B							

Source : Nos propres calculs.

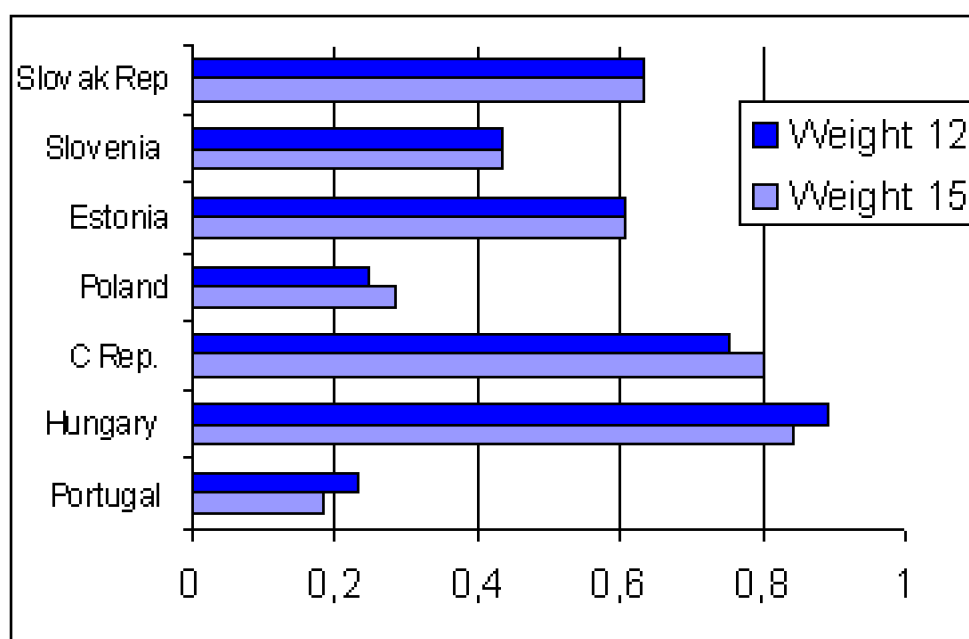


Figure 8.3 Poids du Portugal par rapport à six autres pays

Source : Nos propres calculs.

Ceci corrobore ce que nous venons d'affirmer, c'est-à-dire que l'on estime généralement qu'il s'agit d'une des principales faiblesses de l'économie portugaise. La comparaison entre le Portugal et les autres pays de l'Europe Centrale et Orientale est spécialement préjudiciable, parce que le problème central du Portugal n'est pas une question d'input (comme nous l'avons vu, les dépenses avec l'éducation et avec la R&D sont à des niveaux identiques aux autres pays), mais une question de qualité de l'éducation et du système scientifique, et de sa liaison avec l'activité de l'entreprise, et de sa capacité pour satisfaire les besoins d'une économie compétitive. L'absence de travail qualifié capable de satisfaire les nécessités des entreprises soulignent la faiblesse de l'économie portugaise et compromettent la capacité du pays d'attirer l'investissement direct étranger, principalement dans les secteurs ayant une composante technologique élevée et de travail qualifié.

Le Portugal a les plus bas niveaux de productivité de l'UE. Ce cadre global, en termes de capital humain, conjointement avec la spécialisation en secteurs à valeur ajoutée faible, intensifs en travail, sont les facteurs fondamentaux qui expliquent cette situation.

Nous avons construit un autre indice avec trente neuf critères, dont douze sont relatifs à l'éducation, (facteur de compétitivité – infrastructures), six sur l'efficacité de l'entreprise, onze en rapport avec les infrastructures technologiques (Facteur de compétitivité- infrastructures) et in fine, dix relatifs aux infrastructures scientifiques (Facteur de compétitivité – infrastructures) (voir annexe C). Les résultats obtenus dans ce cas indiquent que le Portugal a seulement dépassé la position de la Pologne. Nous croyons que ce résultat est dû au fait que le Portugal s'est amélioré dans les dernières années, notamment ses infrastructures scientifiques et technologiques, en raison des

aides communautaires qu'il a reçues de l'UE.

Source : Nos propres calculs.

8.5. Les ressources humaines et les ressources financières au Portugal – analyse comparative et évolution temporelle par rapport à certains pays de l'OCDE

8.5.1. Considérations générales

Comme on le sait, pour fonctionner, le système scientifique et technologique national a besoin de divers types d'inputs. Parmi ceux-ci, émergent, avec une particulière importance, les ressources humaines. En effet, la nature des activités de caractère scientifique et technologique est un travail spécialisé intensif, de là le rôle critique que les ressources humaines possèdent, comme nous aurons l'occasion de le montrer.

8.5.2. Les ressources humaines et les ressources financières

En ce qui concerne les ressources humaines, on utilise comme indicateur le total des personnes en activités de R&D, équivalent temps plein.

Quant aux inputs humains et financiers, on utilise comme indicateur la valeur totale de la dépense en R&D par rapport au PIB (Produit Interne Brut), en pourcentage, qui sera dénommé par DIRD (Dépenses Internes Brutes de R-D). Le PRD/1000 indique le total de personnes en activités de R&D par mille de la population active. On utilise les valeurs de ces indicateurs publiées par l'OCDE pour les diverses années, dans le but d'analyser, globalement, les relations entre les facteurs humains et financiers qui limitent le cours des activités de R&D dans les pays importants de cette zone, notamment les USA, le Japon, les pays de l'UE et de la EFTA (European Free Trade Association).

Les valeurs sont présentées dans le Tableau 8.4.

Tableau 8.4 Personnel de R&D et dépense nationale de R&D au cours de plusieurs années

8. Le système portugais de l'innovation: forces et faiblesses

		1963			1971			1979		
	DIRD %PIB	DIRDE %PIB	PRD/ 1000	DIRD %PIB	DIRDE %PIB	PRD/ 1000	DIRD %PIB	DIRDE %PIB	PRD/ 1000	DIRD %PIB
Autriche	0,3		1,9	0,6		2,9	0,92		5,1	1,32
Belgique	0,9		5	1,2		6	1,4		7,76	1,64
Canada	1		4,3	1,2		5,8	1,1		5,23	1,43
Danemark	n.d.		n.d.	0,9		4,6	0,97		5,7	1,3
France	1,7		7,5	1,8		9,2	1,81		10	2,25
Allemagne	1,4		6,9	2,1		10,6	2,4		13,7	2,69
Grèce	0,2		0,6	0,2		0,7	0,19		1,28	0,33
Irlande	0,5		2,2	0,7		3,7	0,74		5	0,91
Italie	0,6		2,3	0,9		3,6	0,84		4,21	1,13
Japon	1,3		6,2	1,6		8,2	2,11		10,8	2,79
Pays-Bas	1,9		9,5	2		11,2	1,99		10,9	2,22
Norvège	0,7		3,8	5,7		1	1,36		7,7	1,83
Portugal	0,3		1,2	0,3		1,8	0,32		1,57	0,45
Espagne	0,2		0,7	0,2		1,2	0,35		2	0,59
Suède	1,3		6,5	1,6		7,9	1,88		8,54	n.d.
Suisse	n.d.		n.d.	2		10,4	2,41		12,3	2,88
Royaume-Uni	2,3		11	2,3		12,1	2,2		11,7	2,36
États-Unis	2,7		12,9	2,5		13,6	2,38		12,7	2,74

Notes : DIRD % PIB = Dépenses en R&D en pourcentage du PIB ; PRD/1000 = Nombre de personnes en activité active.

Source : Indicateur de la Science et de la Technologie, OCDE, 1961, 1971, 1979, 1986, 1997.

L'observation de ces données permet de voir que les pays avec les valeurs plus élevées pour la dépense en R&D sont ceux qui affectent le plus grand nombre de personnes aux activités en R&D.

8.5.3. Implications en termes de politique scientifique et technologique

Il n'est pas possible d'augmenter, de façon appréciable, le niveau de dépense en R&D sans, en même temps, augmenter le total de personnes dédiées à ces activités. Cela signifie que le mécanisme fondamental, pour faire monter le niveau national de la recherche et les tâches relatives à l'innovation, est la création de postes de travail en R&D.

8.6. Dépenses en R&D et salaires individuels

Pour étudier les dépenses en R&D en relation avec les salaires individuels, on utilise la base de données – Cadres de Personnel (CP dans la suite de ce travail) 1999. Le CP a des informations sur les entreprises, (structure de capital, secteur d'activité, nombre de travailleurs, profits et ventes). Pour la construction de l'échantillon utilisé on a fait une sélection des entreprises stratifiées par la dimension de l'entreprise. Le CP couvre presque la totalité des entreprises portugaises. C'est une enquête annuelle réalisée par le Ministère de la Sécurité Sociale et du Travail (MSST). Les entreprises sont obligées de répondre à l'enquête. Elles sont aussi obligées de mettre les réponses envoyées par MSST dans un lieu public des installations, ce qui augmente la confiance dans la qualité des réponses. Le CP couvre aussi la totalité des travailleurs des entreprises, contenant l'information sur, l'âge, l'ancienneté dans l'entreprise, le niveau d'éducation, la position hiérarchique, le salaire, le nombre d'heures de travail. En fonction de la dimension de l'échantillon, on a sélectionné pour ce premier ensemble de résultats les travailleurs du sexe masculin – plus de 800 mille travailleurs. L'objectif sera de vérifier jusqu'à quel point l'investissement des entreprises en R&D se reflète dans les salaires individuels.

Le CP est complété avec l'information disponible par l'OCT (Observatoire des Sciences et des Technologies du Portugal) relativement aux dépenses de R&D effectuées par les entreprises. Dans l'impossibilité d'obtenir des données par entreprise, cette information a été utilisée par secteur d'activité (CAE et 2 digits) et par région. Même si l'entreprise adopte une position de *free riding*, les bénéfices de R&D développés par les autres entreprises permettront d'avoir un comportement semblable à celui des autres entreprises rivales en termes politiques de ressources humaines. Est-ce qu'une équation de salaires typique, où l'on inclut l'information relative à l'entreprise, où le travailleur est employé, arrive encore à capter un effet des dépenses de R&D ? Théoriquement, les entreprises qui effectuent plus de R&D, seront celles avec un plus grand «dégagement» dans le marché, ce qui sera potentiellement reflété dans sa politique de gestion de ressources humaines.

Le Tableau 8.5 donne l'information relative à la distribution des entreprises et de leurs travailleurs par rapport à la dimension de l'entreprise moyenne et par rapport au nombre de travailleurs dans chaque entreprise. Comme on peut le vérifier, prédominent les petites entreprises, car les entreprises avec moins de 10 travailleurs représentent 73% du total des entreprises. Malgré son nombre élevé, ces entreprises représentent seulement 21% de la force du travail total. Les grandes entreprises, celles avec plus de 500 travailleurs, bien qu'elles représentent à peine moins de 1% de l'échantillon, emploient 18% du total des travailleurs.

Tableau 8.5 Distribution des entreprises et des travailleurs par rapport à la dimension de l'entreprise

Dimension de l'entreprise (nombre de travailleurs)	Nombre Entreprises	%	Nombre Travailleurs	%
<10	82720	73.28	172855	20.76
10-19	15892	14.08	105459	12.67
20-49	9209	8.16	135837	16.31
50-99	2930	2.60	93382	11.22
100-199	1273	1.13	84469	10.14
200-499	614	0.54	87935	10.56
>=500	239	0.21	152697	18.34
Total	112877	100.00	832634	100.00
Annotation : Échantillon établi en fonction de la dimension de l'entreprise				

Source: Cadres de Personnel, 1999

Le Tableau 8.6 présente les caractéristiques des travailleurs inclus dans l'échantillon.

La variable ancienneté indique les années de travail dans l'entreprise ou est actuellement l'individu. L'âge est aussi mesuré en années. L'éducation secondaire c'est un variable binaire qui est égal à un pour les travailleurs avec ce niveau de scolarité. Au Portugal ce niveau correspond à onze/douze années de scolarité. Comme on peut vérifier dans le tableau 29 % des travailleurs ont ce niveau de scolarité. Relativement à l'éducation tertiaire, elle est définie de la même façon, mais ce réfère aux travailleurs avec enseignement supérieur complet. Comme on peut vérifier, le nombre de travailleurs avec ce niveau d'enseignement c'est très réduit (6%). Le salaire mensuel (des travailleurs et des gestionnaires) est mesuré en euros. La variable temps partiel c'est égal à un si l'employé travaille moins de 30 heures mensuelles, d'accord avec la législation portugaise. La variable nombre d'employés est définie au niveau de l'entreprise.

Comme on peut le vérifier, le pourcentage de travailleurs avec un niveau d'enseignement supérieur est assez réduit, représentant à peine 6% du total de la force de travail. Les travailleurs avec un niveau d'enseignement inférieur au secondaire constituent deux tiers du total.

Tableau 8.6 Caractéristiques des travailleurs et des entreprises : statistiques descriptives

**L'IMPORTANCE DES RESSOURCES HUMAINES DANS LES SYSTÈMES NATIONAUX
D'INNOVATION : LE CAS DU PORTUGAL**

Variable	Moyenne	Écart type	Minimum	Maximum
Ancienneté	7.9613	8.9582	0	50
Ancienneté $\times 10^{-2}$	1.4363	2.6903	0	25
Âge	37.3723	11.4046	16	64
Âge $\times 10^{-2}$	15.2676	9.0387	2.56	40.96
Éducation Secondaire	0.2908	0.4541	0	1
Éducation Tertiaire	0.0644	0.2455	0	1
Salaire Mensuel (euros)	737.6252	702.7128	3.7410	115554.8
Log Salaire Mensuel	6.4027	0.5839	1.3193	11.6575
Temps Partiel	0.0432	0.2032	0	1
Nombre d'Employés	690.8914	2171.8090	1	15679
Log Nombre d'Employés	4.1791	2.1662	0	9.6601
Dépense en R&D (secteur) $\times 10^{-6}$ (euros)	4.2191	6.1240	0.0111	22.1792
Log Dépense en R&D (secteur) $\times 10^{-6}$	14.2800	1.6369	9.3132	16.9147
Dépense en I%D (secteur + région) $\times 10^{-6}$	1.7256	3.3528	0	20.5800
Log Dépense en I%D (secteur + région) $\times 10^{-6}$	13.2380	2.0108	6.7310	16.8398
Annotations : Les variables Ancienneté et Âge sont mesurés en années. Les variables de l'éducation et le temps partiel sont binaires.				

Source : Cadres de Personnels, 1999 et Enquête au Potentiel Scientifique et Technologique National, 1999.

Relativement à la dépense en R&D, on vérifie que ces entreprises avec un plus grand pourcentage de travailleurs avec une éducation supérieure sont aussi celles qui, en moyenne, ont des valeurs supérieures des dépenses de R&D. Le Tableau 8.7 montre les entreprises selon la proportion de travailleurs avec le niveau de vie et la dépense moyenne en R&D effectués par les respectives entreprises. Alors que les entreprises avec moins d'un quart de travailleurs avec une éducation tertiaire effectuent des dépenses moyennes en R&D de 3,9 millions d'euros (valeurs pour le secteur par année), celles avec plus de trois quarts de travailleurs dans les mêmes conditions effectuent des dépenses trois fois supérieures, environ 11,5 millions d'euros.

Tableau 8.7 Distribution des dépenses en R&D selon la proportion de travailleurs avec un enseignement tertiaire

8. Le système portugais de l'innovation: forces et faiblesses

% de Travailleurs avec Ed. Tert. par Entreprise	Observations	Dépense en R&D x 10 ⁻⁶ (euros)	
		Moyenne	Ecart type
< 25	786964	3,9625	5,8150
25 – 50	26350	7,4456	8,3148
50 – 75	12665	9,6306	9,2635
□ 75	6655	11,4987	9,9470
Total Observations	832634		

Source : Cadres de Personnels, (1999).

Avec l'objectif de déterminer l'impact de R&D dans les salaires, on a estimé diverses équations de salaires, comme celles qui sont présentées dans le Tableau 8.8. On a commencé par estimer une équation de salaires typique, où seulement les variables qui capturent les caractéristiques individuelles des travailleurs – capital humain – ont été incluses. Comme on peut le vérifier dans la première colonne du Tableau 8.8, les résultats sont ceux espérés, et sont en accord avec ceux estimés pour le Portugal, ainsi que les résultats obtenus pour d'autres pays européens. Les coefficients estimés montrent que l'influence de l'éducation est positive, 0.38 pour l'éducation secondaire et 1.11 pour la tertiaire. L'ancienneté dans l'entreprise et l'âge a un effet quadratique dans les salaires.

La seconde colonne présente la même équation de salaires considérant les caractéristiques des entreprises : dimension (mesuré par le nombre d'employés) et localisation. Comme on pouvait l'escompter, les plus grandes entreprises sont celles qui paient des salaires plus élevés – en moyenne plus de cinq pour cent. Les colonnes 3 et 4 du Tableau 8.8 présentent des équations de salaires, y compris l'information sur les dépenses de R&D effectuées par les entreprises. Comme cela a été référé auparavant, les valeurs obtenues sont moyennes pour chacun des secteurs d'activité (CAE), et ce fût ainsi que l'on a construit la variable Dépenses en R&D incluse dans la colonne (3). L'introduction de la variable référée en logarithme permet d'interpréter le coefficient estimé comme une élasticité. Comme on pouvait s'y attendre, le coefficient est positif et significatif. Cela veut dire que si les Dépenses en R&D augmentent 10 pour cent les salaires de ce secteur augmenteront de 1,6 pour cent.

Dans la colonne (4), a été introduite l'information sur les Dépenses en R&D décomposée par secteur de l'activité et par région. Le nombre d'observations est plus bas, parce qu'il existe diverses combinaisons de secteur/région qui ne présentent pas ce type de dépenses. Le coefficient estimé associé aux Dépenses en R&D confirme celui trouvé dans la spécification antérieure : les entreprises des secteurs où l'on dépense plus en R&D sont celles où les salaires sont plus élevés, une fois que l'on contrôle par les caractéristiques des travailleurs et des entreprises.

Tableau 8.8 Équations de salaires en 1999, hommes avec R&D

L'IMPORTANCE DES RESSOURCES HUMAINES DANS LES SYSTÈMES NATIONAUX D'INNOVATION : LE CAS DU PORTUGAL

	(1)	(2)	(3)	(4)
Ancienneté	0.0237***	0.0150***	0.0151***	0.0162***
	(0.0010)	(0.0008)	(0.0008)	(0.0009)
Ancienneté ² x 10 ⁻²	-0.0286***	-0.0226***	-0.0227***	-0.0249***
	(0.0024)	(0.0026)	(0.0026)	(0.0030)
Age	0.0493***	0.0432***	0.0431***	0.0439***
	(0.0011)	(0.0008)	(0.0007)	(0.0009)
Age ² x 10 ⁻²	-0.0516***	-0.0446***	-0.0445***	-0.0451***
	(0.0013)	(0.0009)	(0.0009)	(0.0011)
Éducation Secondaire	0.3760***	0.2519***	0.2510***	0.2698***
	(0.0121)	(0.0056)	(0.0055)	(0.0064)
Éducation Tertiaire	1.1097***	0.9223***	0.9213***	0.9415***
	(0.0117)	(0.0159)	(0.0159)	(0.0167)
Temps Partiel	-0.7861***	-0.7486***	-0.7476***	-0.7458***
	(0.0120)	(0.0140)	(0.0140)	(0.0161)
Log Dépense en R&D x 10 ⁻⁶			0.0159***	0.0090***
			(0.0045)	(0.0026)
Log nombre d'employés		0.0536***	0.0535***	0.0498***
		(0.0035)	(0.0035)	(0.0038)
Constante	5.0511***	4.8385***	4.6336***	4.6907***
	(0.0216)	(0.0219)	(0.0669)	(0.0460)
Observations	832634	832634	832634	693439
R ²	0.47	0.56	0.56	0.56
F(df)	F(7,112876) = 2189.32	F(25,112876) = 871.39	F(26,112876) = 836.54	F(26, 82998) = 771.94
Annotations : La variable dépendante est le logarithme de salaire mensuel (euros). Les variables Ancienneté et Âge sont mesurés en années. Les variables de l'éducation sont binaires. Les spécifications (2), (3) et (4) incluent des variables binaires par secteur d'activité et région. La variable Dépense en R&D est définie en euros par secteur dans la spécification (3) et par secteur et région dans la spécification (4).				
On a utilisé les moindres carrés ordinaires. Les écarts type deviennent ajustées à cause des ouvriers travaillent dans la même entreprise.				
Écart type robuste entre parenthèses. Nombre de clusters (entreprise) = 118,844.				
*significatif à 10% ; significatif à 5% ; *** significatif à 1%.				

Source : Nos propres calculs

8.7. Synthèse

Le Portugal a fait un grand effort dans les années 90 en ce qui concerne le système d'enseignement et de recherche, toutefois le système national d'innovation apparaît plein

de faiblesses. Les chercheurs sont fortement concentrés dans l'enseignement supérieur ; ces ressources devront être orientées pour l'activité économique en général. Il y a une liaison insuffisante entre les entreprises et les institutions de recherche.

Nous avons utilisé la méthodologie des indicateurs composites pour comparer le capital humain du Portugal aux autres pays de l'Europe Centrale et Orientale. Nous avons fait cette comparaison avec six de ces pays, en nous servant des statistiques disponibles à ce sujet. Dans l'étude nous avons utilisé douze et quinze critères. En chacune des situations le Portugal occupe la dernière place en ce qui concerne ce facteur de compétitivité. Cet aspect est beaucoup préoccupant parce qu'il y a des effets très forts à moyen et long terme.. Il faut remarquer que les entreprises portugaises sont en compétition directe avec celles de ces pays qu'iront recevoir des aides communautaires. En conséquence, on peut prévoir une fuite significative de l'investissement direct étranger vers ces pays. Ainsi, le Portugal sera l'un des pays plus affectés par l'élargissement en vertu de ses faiblesses en ce qui concerne le capital humain et à des problèmes relatifs à l'efficacité du secteur gouvernementale. Lorsque nous élargissons le nombre de critères (39), y compris les infrastructures, la position du Portugal s'améliore un peu. Ça c'est essentiellement du aux financements de l'UE pour bénéficier toutes les infrastructures y compris les infrastructures scientifiques et technologiques. Nous avons noté aussi, dans ce chapitre, la relation étroite entre les ressources humaines et les ressources financières. Les unes et les autres sont très débilés au Portugal. De cette façon, il ne nous semble certain remplir l'objectif de l'UE jusqu'à 2010, à savoir, dépenser 3% du PIB portugais en R&D.

A la fin nous avons étudié les dépenses en R&D par rapport aux salaires individuels. Pour faire tout cela, nous avons utilisé la base de données de l'enquête de Cadres de Personnel (1999) du Ministère de la Sécurité Sociale et du Travail. Nous cherchons à répondre si, dans une équation de salaires avec information sur l'entreprise, s'il est possible de saisir un ou plusieurs effets des dépenses en R&D. Nous avons observé que les entreprises avec un plus grand pourcentage de travailleurs ayant éducation de niveau supérieure sont celles qui, en moyenne, ont des valeurs plus élevées de dépenses en R&D.

Pour évaluer l'effet de l'R&D sur les salaires, ont été estimés différentes équations. Lorsque on ajoute seulement des variables de capital humain dans l'équation des salaires les résultats obtenus sont ceux attendus et sont en accord avec ce que nous avons estimé pour le Portugal. Ces résultats sont aussi en conformité avec les résultats obtenus pour d'autres pays européens. Lorsque on ajoute information sur les dépenses de R&D des entreprises dans l'équation des salaires les résultats obtenus montrent que les entreprises dans le secteur avec plus de dépenses en R&D sont celles où les salaires sont les plus élevés (en contrôlant seulement les caractéristiques des travailleurs et des entreprises). En synthèse, on peut soutenir que les salaires dans un certain secteur iront grossir de 1.6 % lorsque les dépenses en R&D dans ce secteur augmentent de 10 %. Pourtant, dans l'équation des salaires il y a des effets des dépenses en R&D, q.e.d..

Conclusions générales

Nous avons prétendu, tout au long de ce travail, faire une analyse des systèmes d'innovation et, surtout, des systèmes nationaux d'innovation. Un de nos résultats c'est qu'un des acteurs/agents importants dans le processus d'innovation concerne les entités de l'enseignement et de la recherche. Bien que certains soutiennent qu'il n'existe pas de système d'innovation au Portugal, dans la mesure où ils considèrent que les relations entre les composantes du système sont faibles ou inexistantes, notre opinion va dans l'autre sens. Nous sommes comme ceux qui, bien qu'ils reconnaissent la faiblesse de beaucoup de liaisons, au sein du système et les insuffisances de quelques acteurs/agents, estiment qu'il existe des structures en rapport avec les agents englobés qui sont génératrices d'interactions importantes. Ainsi, après avoir décrit ces interactions importantes, dans le SNI, nous avons centré notre attention sur les ressources humaines en activités de R&D. En effet, bien qu'il existe, ces dernières années, au Portugal, une grande préoccupation concernant la R&D et les ressources qui lui sont consacrés, subsistent encore beaucoup de faiblesses. De cette façon, nous soulignons que le système d'enseignement et de recherche est une des forces du système d'innovation portugais.

Commençons par les potentialités. Si nous observons les statistiques, dans la décennie 1990, il a été fait un grand effort dans ce domaine, la communauté scientifique nationale s'étant beaucoup développée. Toutefois, bien qu'en ce moment nous disposions d'un nombre raisonnable de chercheurs, ceux-ci sont fortement concentrés dans l'enseignement supérieur. Il est donc pertinent d'orienter les nouveaux diplômés pour l'activité économique en général. La liaison déficiente entre les entreprises et les

institutions qui font de la recherche et promeuvent l'innovation est une des grandes faiblesses de notre système d'innovation.

Une autre faiblesse, des plus importantes, de notre système d'innovation, réside dans la difficulté d'agir sur le système éducatif par rapport aux éléments de caractère structurel, c'est-à-dire les attitudes. Ainsi, le système de l'enseignement est simultanément une potentialité et une faiblesse. Il est urgent de transformer le type d'enseignement conformiste, dogmatique que nous avons en un type d'enseignement qui encourage l'initiative, la rigueur, la compétence, la créativité et le risque. Comme nous l'avons déjà affirmé plusieurs fois, l'innovation permanente exige des personnes dynamiques, ayant l'envie de savoir, de la curiosité, un esprit critique et de la rigueur. Le système éducatif doit préparer les personnes à cette réalité.

La conséquence que l'on peut tirer, en termes politiques, des études empiriques sur le capital humain, au Portugal, c'est qu'il existe un déséquilibre entre les ressources investies dans le système et les résultats obtenus. Ainsi, il existe le besoin de mettre en pratique des mesures qui favorisent le perfectionnement de l'efficacité du système éducatif portugais. Pour confirmer quelques-uns de ces facteurs, nous avons effectué quelques études empiriques. Comme il existe déjà des analyses, en nombre suffisant, au Portugal, nous avons préféré nous acheminer vers la méthodologie nouvelle des indicateurs composites.

En effet, comme nous l'avons déjà souligné, cette méthodologie permet de saisir et synthétiser les effets complexes et multidimensionnels de l'économie basée sur la connaissance. De cette manière, en nous basant sur les statistiques disponibles sur le capital humain, nous avons décidé de construire un indice composite pour comparer la position du Portugal par rapport aux dix pays de l'Europe Centrale et Orientale qui vont adhérer le 1er mai 2004 à l'UE. Comme il existe seulement des statistiques significatives pour certains de ces pays, nous avons pris comme références six d'entre eux : République Tchèque, Estonie, Hongrie, Pologne, Slovaquie et Slovénie. Les résultats obtenus relativement à ce facteur de compétitivité sont préoccupants. Quand nous utilisons douze ou quinze critères, le Portugal reste en dernière place. Cela prouve que le problème principal du Portugal n'est pas une question d'input. Comme nous l'avons vu, les dépenses avec l'éducation ne s'éloignent pas beaucoup de celles vérifiées dans d'autres pays, déjà quant aux dépenses de R&D cet éloignement est plus grand. Les problèmes concernent surtout la qualité de l'éducation et du système scientifique, et leur liaison avec l'activité des entreprises et leur capacité de satisfaire les besoins d'une économie compétitive.

Cela est très préoccupant, puisque que ces nouveaux pays qui vont adhérer à l'UE, vont être en compétition directement avec les entreprises portugaises et vont recevoir des aides communautaires. Ainsi, il est prévisible qu'il y ait une certaine «délocalisation» de l'investissement direct étranger pour ces pays, et, que l'on perde quelques possibilités de captation d'un nouvel investissement direct étranger. En tenant compte de ce cadre, le Portugal sera l'un des pays les plus affectés par l'élargissement, étant donné ses faiblesses en termes de stock de capital humain, et à cause de certains problèmes concernant l'efficacité, existants dans le secteur gouvernemental.

En augmentant le nombre de critères (39), y compris les infrastructures, notre position s'améliore légèrement ; nous passons à l'avant-dernière position. Cela est dû, comme nous avons déjà eu l'occasion de le dire, au fait que, ces dernières années, nous avons reçu de l'UE des financements qui nous ont permis d'améliorer les infrastructures scientifiques et technologiques. De tout ce que nous venons de dire, on s'aperçoit qu'il est nécessaire d'améliorer la qualité de l'éducation et du système scientifique. Cela exige, comme nous l'avons déjà observé, une intervention plus profonde dans ces sous-systèmes, ce qui implique une recherche postérieure.

Il s'agit d'analyser la meilleure manière de rendre le système d'éducation plus attractif pour les jeunes et de les intéresser aux questions de la science et de la technologie. Cela signifie, à notre avis, agir, aussi bien au niveau de l'élaboration des programmes scolaires qu'au niveau des attitudes. Quant au niveau des attitudes, il faut encourager l'esprit de travail en groupe, l'initiative, le risque et la stimulation de la créativité. Relativement aux programmes, on doit observer les meilleures pratiques des autres pays, qui se confrontent à des problèmes identiques, et les adapter à notre système d'éducation.

En ce qui concerne les ressources humaines et les ressources financières, ils sont très faibles au Portugal. Il ne nous semble certain, étant donné la situation existante actuellement, que le Portugal, puisse remplir l'objectif de la Communauté Européenne, jusqu'à 2010, à savoir, dépenser 3% du PNB en R&D.

De toute façon, il est utile et important qu'on établisse des limites et des objectifs ambitieux, car c'est seulement de cette façon qu'il est possible d'inciter les pays à développer des efforts pour les atteindre. Les déductions que l'on peut en retirer nous font dire que la croissance économique est accompagnée de grands investissements à long terme et au risque élevé (R&D), lesquels, à leur tour, agissent comme catalyseurs de cette même croissance. Toutefois, il n'est pas possible d'augmenter, substantiellement, le niveau de la dépense en R&D, sans, en même temps, accroître le nombre total de personnes dédiées à ces activités. Alors, ici aussi, le Portugal doit faire un effort pour qualifier plus de personnes et les affecter aux activités de R&D, ce qui implique plus de grandes dépenses dans ces activités.

À la fin, nous avons fait une analyse de caractère microéconomique en effectuant des corrélations entre les dépenses en R&D et les salaires. Pour cela, nous avons utilisé la base de données de l'enquête Cadres de Personnel (1999) du Ministère de la Sécurité Sociale et du Travail. On a cherché, ici, à répondre à la question de savoir si, dans une équation de salaires où l'on inclut l'information relative à l'entreprise où le travailleur se situe, il est possible de saisir un ou plusieurs effets des dépenses en R&D. A cet égard, les tableaux obtenus montrent que le «tissu des entrepreneur» portugais est constitué, essentiellement, de petites et moyennes entreprises (les entreprises avec moins de dix travailleurs représentent 73% du total de notre échantillon) et que le pourcentage de travailleurs avec une éducation supérieure est assez réduit (représentant, seulement, 6% de la force de travail indiquée dans l'échantillon). Par ailleurs, les travailleurs avec une éducation inférieure au niveau de l'enseignement secondaire représentent deux tiers du total. Quant à la dépense en R&D, on observe que ces entreprises avec un plus grand pourcentage de travailleurs avec une éducation supérieure/universitaire sont aussi celles qui, en moyenne, détiennent des valeurs supérieures de dépenses de R&D.

Avec l'objectif de déterminer l'impact de R&D sur les salaires, on a estimé diverses équations de salaires. On a commencé par estimer une équation de salaires typique, où on a seulement inclus des variables de capital humain. Les résultats obtenus sont ceux espérés et sont en accord avec ce qu'on a estimé pour le Portugal. Cela est également en conformité avec les résultats obtenus pour d'autres pays européens. Si, dans les équations de salaire, on inclut information sur les dépenses en R&D effectuées par les entreprises, on peut conclure que les entreprises dans des secteurs où l'on dépense plus en R&D sont celles où les salaires sont les plus élevés, en contrôlant seulement les caractéristiques des travailleurs et des entreprises.

Bibliographie

- Abramovitz, M. (1956), "Resource and output trends in the United States since 1870", *American Economic Review*, XLVI (2), pp.5-23.
- Abramovitz, M. (1994), "The origins of the postwar catch-up and convergence boom", in J. Fagerberg *et al* (org) 1994, pp. 21-52.
- Abrunhosa, A. (2003), "The national innovation systems approach and the innovation matrix", paper presented at the DRUID Summer Conference 2003.
- Acemoglu, D. (1996), "A microfoundation for social increasing returns in human capital accumulation", *Quarterly Journal of Economics*, 111, pp. 779-804.
- Acemoglu, D. (1997), "Training and innovation in an imperfect labour market", *Review of Economic Studies*, 64, pp. 445-464.
- Aghion, P. et Howitt (1998), *Endogenous Growth Theory*. MIT Press, Cambridge.
- Aghion, P. et Howitt P., (1992), "A model of growth through creative destruction", *Econometrica*, 60 (2), pp. 323-351.
- Albuquerque, E., (1999), *Scientific Infrastructure and the catching-up process*.
- Alcorta, L, et Perez (1998), "Innovation systems and technological specialization in Latin America and the Caribbean, *Research Policy* 26(7-8), pp. 857-881.
- Alcouffe, Alain., (1996), *Evolution de la R&D et de L'intégration entre les Pays Maghrébins*, Commission Européenne, office des publications officielles des Communautés Européennes, Luxembourg .

- Amable, B., (2001), "Les Systemes D'Innovation", Contribution à l'Encyclopédie de l'innovation dirigée par Phillippe Mustar et Hervé Penan.
- Amable, B., Barré, R., et Boyer, R. (1997), Les Systèmes d'Innovation à l'Ère de la Globalisation, Paris, Economica.
- Amable, B., et P. Petit (2001), "The diversity of social systems of innovation and production during the 1990s. Papier présenté à la deuxième conférence du Centre Saint-Gobain pour la recherche en Economie.
- Amendola M., et Gaffard J. L., (1988), The Innovative Choice : An Economic Analysis of the Dynamics of Technology, Basil Blackwell, Oxford.
- Andersen, E. S., *et al* (1981a) International Specialisation and the Home Market: An Empirical Analysis, Aalborg University Press, Aalborg.
- Andersen, E. S., et Lundvall, B. A. (1988), "Small national systems of innovation facing technological revolutions: an analytical framework ", *in* C. Freeman, et Lundvall, B. A. (org.) (1988), pp. 9-36.
- Angrist, J. D. et Krueger, A. B. (1991), "Does compulsory school attendance affect schooling and earnings?", Quarterly Journal of Economics, 106, pp. 979-1014.
- Antonelli, C., Petit P., et Tahar, G. (1992), The Economics of Industrial Modernization, Londres, Academic Press Limited.
- Archibugi, D. et Lundvall, B.-A (eds), (2001), Europe in the Globalising Learning Economy. Oxford University Press, Oxford.
- Archibugi, D., et Michie, J., (1995), "The globalization of technology : a new taxonomy", Cambridge Journal of Economics, 19 (1).
- Archibugi, E., et Michie, J. (eds), (1977), Technology, Globalisation and Economic Performance, Cambridge University Press.
- Arocena, R., et Sutz, J., (2000), "Interactive learning spaces and development policies in Latin America. DRUID Working Paper 00-13, Department of Business Studies, Aalborg.
- Arrow, K. J. (1962), "The economic Implications of learning by Doing", Review of economic Studies, XXIX (3), 80, pp. 155-173.
- Arrow, K. J. (1973), "Higher education as a filter", Journal of Public Economics, 2, pp. 193-216.
- Arthur, W.B. (1988), "Competing technologies: an overview", *in* Dosi, G. *et al* (org.) (1988), pp.116-131.
- Arundel, A. et Bordoy, C. (2002), Methodological Evaluation of DG Research's Composite Indicators for the Knowledge-based Economy. University of Maastricht/MERIT, Maastricht.
- Asplund, R et Pereira, P. (éd), (1999), Returns to Human Capital in Europe: a literature Review, ETLA – The Research Institute of the Finish Economy, Taloustieto Oy.
- Balzat, M., (2002), "The theoretical basis and the empirical treatment of national innovation systems," University of Augsburg (Germany), Economics Department, Discussion Paper Series, Number 232.
- Balzat, M., (2003), "Benchmarking in the context of national innovation systems:

- purpose and pitfalls. "University of Augsburg (Germany), Institute for Economics, Discussion Paper Series, Number 238.
- Balzat, M., et Hanusch M., (2003), "Recent trend in research on national innovation systems." University of Augsburg, Economics Department, Discussion Paper Series, Number 254.
- Barata, J. M. M. (1992), "Inovação e desenvolvimento tecnológico: conceitos, modelos e medidas. Pistas para a investigação aplicada.", Estudos de Economia, vol XII, nº 2.
- Barbosa, A. P. (1997), Economia Pública, McGraw-Hill, Portugal.
- Barré, R., (2001), "Sense and nonsense of S&T productivity indicators", Science and Public Policy 28 , (4), pp. 259-266.
- Barro R. J. (1990), "Government Spending in a Simple Model of Endogenous Growth", Journal of Political Economy, vol. 98, nº 5, pp. 103-125.
- Barro, R. J. (1991), "Economic growth in a cross section of countries", Quartely Journal of Economics, 106 (2), pp. 407-443.
- Barro, R. J., et X. Sala-i-Martin (1995), Economic Growth, Nova Iorque, McGraw-Hill.
- Barro, R.J. et J.W. Lee (1993), "International comparisons of educational attainment", Journal of Monetary Economics, 32, pp. 363-394.
- Barry, F. N., Crespo, J. et Fontoura M. P. (2003), "EU enlargement and the portuguese economy", FCT/MCT, pp.1-33.
- Bartel, A et Lichtenberg, F. (1987), "The comparative advantage of educated workers in implementing new technology", Review of Economics and Statistics, vol.69, nº1, pp.01-11.
- Bassanini, A. et Scarpetta, S. (2001), "Does human capital matter for growth in OECD countries? Evidence from pooled mean-group estimates", Documents de travail du Département des Affaires Économiques de l'OCDE, nº 282.
- Becker, G. (1962), "Investment in human capital : a theoretical analysis", Journal of Political Economy, vol.70, pp.9-44.
- Becker, G. et B.R. Chiswick (1966), Education and the distribution of earnings (in the economics of education)", American Economic Review, 56, nº 1/2, pp. 358-369.
- Begg, I., et al (1999), "The impact of specialization in Europe", in Fagerberg, J., Guerrieri, P. et Verspagen, B. (eds), The Economic Challenge for Europe, Aldershot. Edward Elgar.
- Behrman, J. R. et Stacey, N. (1997), The Social Benefits of Education. University of Michigan Press, Ann Arbor.
- Benchmarking National R&D Policies, (2002), STRATA-ETAN expert working group, Human Resources in RTD (including attractiveness of S & T professions.
- Benhabib, J. et Spiegel, M. M. (1994), "The role of human capital in economic development: evidence from aggregate cross-country data", Journal of Monetary Economics, 34 (2), pp. 143-173.
- Bils, M. et Klenow, P. J. (2000), "Does schooling cause growth?", American Economic Review, 90 (5), pp. 1160-1183.
- Blanchflower, D. G. et Oswald, A. J. (2000), "Well-being over time in Britain and the

- USA", NBER, Working Papers, n° 7487.
- Blaug, M. (1980), *The Methodology of Economics*, édition française, Paris, Economica, 1982.
- Bogan, C., et English, M. J., (1994), *Benchmarking for Best Practices*. McGraw-hill, New York.
- Boyer, R. (1996), "Elements for an institution approach to economics", mimeo, CEPREMAP.
- Boyer, R. (1996), "The convergence hypothesis revisited : globalization but still the century of nations ?", *in* Berger, S. et R. Dore (eds.) 1996, *National Diversity and Global Capitalism*, Ithaca and London, Cornell University Press.
- Boyer, R., et Didier, M. (1998), *Innovation et Croissance*, Paris, La Documentation Française.
- Breschi, S et Malerba, F. (1997), "Sectoral innovation systems : technological regimes, Schumpeterian dynamics, spatial boundaries, *in* Edquist, C. (ed.), 1997, *Systems of Innovation : Technologies, Institutions and Organisations*. London and Washington : Pinter/Cassel Academic.
- Cantwell, J. A., (1995), "The globalisation of technology : what remains of the product cycle model ?", *Cambridge Journal of Economics*, 19 (1), pp. 155-174.
- Cappelen, A., Fagerberg, J. et Verspagen, B. (1999), "Lack of regional convergence", *in* Fagerberg, J., Guerrieri, P. et Verspagen, B. (eds), *The Economic Challenge for Europe*, Aldershot. Edward Elgar.
- Caraça, J. (1993), *Do saber ao Fazer . Porquê organizar a Ciência ?*, Lisboa, Gradiva.
- Caraça, J. (2001), *Ciência, Quimera* (1996), Lisboa.
- Caraça, J. et Godinho, M. M. (org), (1999), *O Futuro Tecnológico: Perspectivas para a Inovação em Portugal*, Celta Editora, Oeiras.
- Card, D. (1999), "The causal effect of education on earnings", dans O.C. Ashenfelter et D. Card (éd) *Handbook of Labor Economics*, vol. 3A, North-Holland, Amsterdam.
- Carlsson, B. (ed.) (1997), *Technological Systems and Industrial Dynamics*, Kluwer Academic Publishers, Boston, Dordrecht, London.
- Carlsson, B. et Eliasson G. (1994), "The nature and importance of economic competence". *Ind. Corp. Change* 3 (1), pp. 687-711.
- Carlsson, B. et Stankiewicz, R. (1995), "On the nature, function and composition of technological systems, *in* Carlsson, B. (ed.), 1997.
- Carlsson, B. Jacobsson S., Holmén M., et Rickne, A. (2002), "Innovation systems : analytical and methodological issues." *in: Research Policy* 31 (2), pp. 233-245.
- Carlsson, B., (éd), (1995), *Technological Systems and economic Performance- The case of Factory Automation*. Kluwer Academic Publishers, Boston, Dordrecht, London.
- Carneiro, R., Caraça, J. et São Pedro, M. E. (coords) (2001), *O Futuro da Educação em Portugal: Tendências e Oportunidades*, Ministério da Educação, Lisboa.
- Caspar, P., et Afriat, C. (1988), *L'Investissement Intellectuel . Essai sur l'Économie de L'immatériel*, Paris, Economica.
- Cervantes, M. et D. Guellec (2002), "Fuite des

- cerveaux : mythes anciens et réalités nouvelles”, Observateur de l’OCDE.
- Caspar, P., et C. Afriat (1988), L’Investissement Intellectuel . Essai sur l’Économie de l’Immatériel, Paris, Economica.
- Ciccone, A., Peri, G. et Almond, D. (1999), “Capital, wages and growth : theory and evidence”, CEPR Discussion Papers n° 2199.
- Coe, D.T. et Helpman, E. (1993), “International R&D Spillovers”, National Bureau of Economic Research, Working Paper, n° 4444.
- Cohen, D. et Soto, M. (2001), “Growth and human capital. Good data, good results”. CEPR Discussion Paper n° 3025.
- Coleman, J., (1990), Foundations of Social Theory. Harvard University Press, London.
- Conceição, Diamantino *et al* (1998), Novas Ideias para a Universidade, IST Press, Lisboa.
- Conceição, P. et Ávila, P. (2001), A Inovação em Portugal. Segundo Inquérito Comunitário às Actividades de Inovação, Celta Editora, Oeiras.
- Conceição, P. et Heitor, M. (1998), “Reflexões sobre o papel da Universidade nas economias baseadas no conhecimento”, Colóquio Educação e Sociedade, Lisboa : Fundação Calouste Gulbenkian, (2), pp. 70-98.
- Conceição, P., Gibson, D. V., Heitor, M. V., et Lundvall, B. A. (2001), Innovation, Competence Building, and Social Cohesion in Europe : Towards a Learning Society, Edward Elgar, London.
- Cornes, R. et Sandler, T. (1986), The Theory of Externalities, Public Goods, and Club Goods, Cambridge University Press.
- Costa, A. F. *et al* (2002), Públicos de Ciência em Portugal, col. Trajectos n° 52, Gradiva, Lisboa.
- Dahmén, E. (1970), Entrepreneurial Activity and the Development of Swedish Industry 1919-1939, American Economic Association Translations Series, Homewood.
- Dahmén, E. (1989), *in* Carlsson, B. (ed.), Development Blocks in Industrial Economics, pp. 109-121.
- Dalum, B. *et al* (1998), “Structural Change in OECD Specialisation Patterns: Specialisation and «Stickiness»”, *Int. Rev. Appl. Econ.* 12 (3).
- Dalum, B. *et al* (1999), “Changing the regional system of innovation”, *in* J.Fagerberg, Guerrieri, P., Verspagen, B. (eds), The Economic Challenge for Europe. Edward Elgar: Cheltenham, pp. 175-199.
- Dasgupta, P. et David, P. (1994), Towards a New Economics of Science, *Research Policy*, 23, pp. 487-521.
- David, P. A. (1985), “Clio and the economics of qwerty”, *American Economic Review*, LXXV (2), pp 332-337.
- David, P. A. (2003), “Knowledge, capabilities and Human Capital Formation Economic Growth, NZ Treasury Working Paper, 01/03.
- David, P. A. et Foray, D. (1995), Accessing and expanding the science and technology knowledge base, *STI Review*, 16, pp. 13-68.
- De La Fuente, A. et Ciccone, A. (2002), “Le capital humain dans une économie

- mondiale fondée sur la connaissance – Rapport final, Instituto de Análisis Económico (CSIC), Barcelona.
- De La Fuente, A. et Domenech, R. (2000), “Human capital in growth regressions: how much difference does data quality make?”, manuscript, CSIC, Campus de la Universidad Autonoma de Barcelona.
- Debresson, C. et Townsend (1978), “Notes on the inter-industrial flow of technology in post-war Britain”, *Research Policy*, vol. 7, pp. 48-60.
- Denison, E. (1962), *The sources of Economic Growth in the United States*. Committee for Economic Development, New York.
- Denison, E. (1967), *Why Growth Rates Differ: Postwar Experience in Nine Western Countries*, Washington, The Brookings Institution.
- Dias, A. M. (1992), “Avaliação do QCA do Lado da Oferta”, mimeo, DPP, Lisboa.
- Domar E. D. (1942) “Expansion et Croissance”, repris par Abraham-Frois, G. (ed.), *Problématiques de la Croissance Économique*, Paris, 1974.
- Dosi, G. (1984), *Technical Change and Industrial Transformation*, Londres, MacMillan.
- Dosi, G. (1988), “The nature of innovative processs”, *in* Dosi, G. *et al* (org), 1988, pp. 221-238.
- Dosi, G. (1996), *The contribution of economic theory to the understanding of a knowlwdge-based economy theory, employment and growth in the knowledge- based economy*, Paris, OCDE.
- Dosi, G. *et al.*, (eds), (1988), *Technical Change and Economic Theory*, London, Frances Pinter.
- Dosi, G. et Orsenigo, L. (1988), “Coordination and transformation: an overview of structures, behaviours and change in evolutionary environments”, *in* Dosi, G. *et al* (org) (1988), pp. 13-37.
- Dosi, G. Freeman C. Nelson, R. Silverberg G. et Soete, L., (eds) (1988), *Technical Change and Economic Theory*, Pinter, London.
- Dufourt, Daniel (1995), “ Introduction – économie de l’organisation réticulaire “, *Economies et Sociétés*, Collection Dynamique Technologique et Organisation, série w, n° 9, pp. 5-15.
- Easterlin, R. A. (1981), “Why isn’t the whole world developed?”, *The Journal of Economic History*, 41 (1), pp. 1-19.
- EC (2001), “Structural Indicators”, EC.
- Edquist, C. (1994), “Technology policy: the interaction between governments and markets”, *in* G. Aichholzer and G. Schienstock (eds), *Technology Policy : Towards an Integration of Social and Ecological Concerns*. Berlin and New York: Walter de Gruyter.
- Edquist, C. (1997), “Systems of innovation approaches. Their emergence and characteristics.” *in* Edquist, C. (ed) (1997) *Systems of Innovation : Technologies, Institutions and Organizations*, London: Pinter/Cassel.
- Edquist, C. (2001), “The system of innovation approach and innovation policy: an account of the state of the art.” Paper presented at the DRUID Conference , Aalborg.

- Edquist, C. et Johnson, B. (1997), "Institutions and organizations in systems of innovation", in Edquist, C. (ed) *Systems of Innovation: Technologies, Institutions and Organizations*, London: Pinter/Cassel.
- Edquist, C. et Riddell, C., (2000), "The role of knowledge and innovation for economic growth and employment in the IT era" in K. Rubenson et Schuetze, H. (eds) *Transition to the Knowledge Society*, Ottawa.
- Edquist, C., et Lundvall, B. A., (1993), "Comparing the danish and swedish systems of innovation", in Nelson (org), 1993, pp. 265-298.
- Edquist, C., McKelvey, M., (2000a), *Systems of Innovation: Growth, Competitiveness and Employment. Volume I*, Edward Elgar, Cheltenham.
- Edquist, C., McKelvey, M., (2000b), *Systems of Innovation: Growth, Competitiveness and Employment. Volume II*, Edward Elgar, Cheltenham.
- Eliasson, G., Eliasson, A., (1997), "The biotechnological competence bloc", *Revue d'Economie Industrielle*, vol. 78, n°4.
- Engelbrecht, H. J. (1997), "International R&D spillovers, human capital and productivity in OECD economies: an empirical investigation", *European Economic Review*, 41, pp. 1479-1488.
- Englander, A. S. et Gurney, A. (1994), "La productivité dans la zone de l'OCDE: les déterminants à moyen terme", *Révue Économique de l'OCDE*, n° 22, pp 49-109.
- Eurobarometer (2001), *Europeans, Science and Technology – Public Understanding of Science and Attitudes*, European Commission, Brussels.
- European Commission (1995), *Green Paper on Innovation*, Brussels, EC.
- European Commission (2001), *Towards a European Research Area: Science, Technology and Innovation, Key Figures 2001*. European Commission, Brussels.
- European Commission (2002a), *Benchmarking national research policies : The impact of RTD on Competitiveness and Employment (IRCE)*.
- European Commission (2002b), *Towards a European Research Area: Science, Technology and Innovation, Key Figures 2002*. European Commission, Brussels.
- European Commission (2003), *Third European Report on Science and Technology Indicators*, Brussels. CEC.
- European Commission (2003), *2003 European Innovation Scoreboard, Technical Paper n° 6, Methodology Report*.
- Fagerberg, J. (1987), "A technology gap approach to why growth rates differ", *Research Policy*, XVI.
- Fagerberg, J. (1994), "Technology and international differences in growth rates", *Journal of Economic Literature*, XXXII, pp. 1147-1175.
- Fagerberg, J. et al (org), (1994), *The Dynamics of Technology, Trade and growth*, Aldershot, Edward Elgar.
- Fagerberg, J., Guerrieri, P. et Verspagen, B.(eds), (1999), *The Economic Challenge for Europe*, Aldershot,. Edward Elgar.
- Finigold, D. et Soskice, D. (1988), "The failure of training in Britain : analysis and prescription", *Oxford Review of Economic Policy*, 4, pp.21-53.

- Foray, D., (2000), *Économie de la Connaissance*, La Découverte.
- Fransman, M., (1995), "Is national technology policy obsolete in a globalised world? The Japanese response", *Cambridge Journal of Economics*, 19 (1), pp. 95-120.
- Freeman, C. (1982), *The Economics of Industrial Innovation*, London, Pinter Publishers, second edition.
- Freeman, C. (1984), "Prometheus unbound", *Futures*, pp. 494-507.
- Freeman, C. (1987), *Technology Policy and Economic Performance: Lessons from Japan*, London and N.York, Pinter Publishers.
- Freeman, C. (1988), "Japan : a new national system of innovation?», *Dosi et al. (org)*, 1988, pp. 340-48.
- Freeman, C. (1995a), "History, co-evolution and economic growth", Working Paper, 95-76, IIASA, Austria.
- Freeman, C. (1995b), "The national system of innovation in historical perspective", *Cambridge Journal of Economics*, XIX, pp. 5-24.
- Freeman, C. *et al* (1982), *Unemployment and Technical Innovation- A Study of Long Waves and economic Development*, Pinter publishers, London.
- Freeman, C. et G.Oldman (1991), "Introduction: beyond the single market", *in C. Freeman, M. Sharp, et W. Walker (org)* (1991), pp 3-17.
- Freeman, C. et Lundvall, B. A., (eds), (1988), *Small Countries Facing the Technological Revolution*, London, Frances Pinter.
- Freeman, C. et Perez, C., (1988), "Structural crises of adjustment : business cycles and investment behaviour», *in Dosi et al. (org)*, 1988, pp. 38-66.
- Freeman, C. et Soete, L. (org) (1987), *Technical Change and Full Employment*, Oxford, Basil Blackwell.
- Freeman, C. et Soete, L. (1997), *The Economics of Industrial Innovation*, London and Washington, Pinter, third edition.
- Freitas, V. et Amaral, C. (1994), "Metodologias de estimação do stock de capital: aplicação do método do inventário permanente ao caso português", *Planeamento*, vol. 16, pp. 105-126.
- Fukuyama, F. (1995), *Trust: The Social Virtues and the Creation of Prosperity*. Hamish Hamilton, London.
- Furman *et al* (2002), "The determinants of national innovative capacity", *Research Policy*, 31 (6), pp. 899-933.
- Gago, J. M. (1990), *Manifesto para a Ciência em Portugal*, Lisboa, Gradiva.
- Gemmell, N. (1996), "Evaluating the impacts of human capital stocks and accumulation on economic growth: some new evidence", *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 58 (1), pp. 9-28.
- Godinho, M. M. et Caraça, J. (1988) "Inovação tecnológica e difusão no contexto de economias de desenvolvimento intermédio", *Análise Social*, XXIV (103-104).
- Godinho, M. M., Mendonça, J. et Pereira, P. (2003), "Mapping innovation systems : a framework based on innovation data and indicators". Paper presented to the first Globelics Conference – "Innovation systems and development strategies for the third

- millenium". Rio de Janeiro.
- Gomulka, S. (1971), *Inventive Activity, Diffusion, and the Stages of Economic Growth*, University of Aarhus.
- Gomulka, S. (1990), *The Theory of Technical Change and Economic Growth*, London, Routledge.
- Gonçalves, F. et Caraça, J. (1986), "A mutação tecnológica e o potencial inovador da indústria transformadora", *Análise Social*, XXII (90).
- Gonçalves, M. E. (Coord) (1993), *Comunidade Científica e Poder*, ed. 70, Lisboa.
- Gonçalves, M. E. (org) (2000), *Cultura Científica e Participação Pública*, Celta Editora, Oeiras.
- Gonçalves, M. E. (org) (2002), *Os Portugueses e a Ciência*, Col. Nova Enciclopédia nº 65, Publicações Dom Quixote, Lisboa.
- Gonçalves, V. B. et Caraça, J. (1984), "Os recursos humanos e o esforço nacional em R&D", *Análise Social*, vol. XX, nº 80, pp.115-124.
- Gort, M. et Klepper, S. (1992), "Time paths in the diffusion of product innovation», *The Economic Journal*, vol. 92 pp. 630-53.
- Griliches, Z. (1996), "The discovery of the residual : a historical note", *Journal of Economic Literature*, XXXIV, pp.1324-1330.
- Griliches, Z. (1997), "Education, human capital, and growth: a personal perspective", *Journal of Labor Economics*, 15 (1), pp. S330-S334.
- Griliches, Z. et Jorgenson, D. W. (1967), "The explanation of productivity change", *Review of Economic Studies*, XXXIV, pp. 249-283.
- Grossman, G. et Helpman, E. (1991), "Quality ladders in the theory of growth", *Review of Economic Studies*, 58, pp.43-61.
- Guilhon, Bernard (2001), *Technology and Markets for Knowledge- knowledge creation, diffusion and exchange within a growth economy*, Kluwer Academic Publishers.
- Guellec, D. et Cervantes, M. (2002), "International mobility of highly skilled workers : from statistical analysis to policy formulation", *OECD Proceedings*, pp. 71-98.
- Guellec, D. et Ralle (1995), *Les Nouvelles Théories de la Croissance*, Paris, La Découverte.
- Guimarães, R. A. (1998), *Política Industrial e Tecnológica e Sistemas de Inovação*, Oeiras, Celta.
- Hanushek, E. A. et Kimbo, D. D. (2000), "Schooling, labor force quality, and the growth of nations", *American Economic Review*, 90 (5), pp. 1184-1208.
- Harris, J. R. (1998), *Industrial Espionage and Technology Transfer, Britain and France in the Eighteenth Century*, Ashgate, Aldershot.
- Hartog, J., Pereira, P. et Vieira, J. (2001), "Changing returns to education in Portugal during the 1980s and early 1990s: OLS and quantile regression estimators", *Applied Economics* 33 (8), pp. 1027-1037.
- Hirschman, A. O. (1958), *The Strategy of Economic Development*, Clinton Man: Yale University Press.

- Hodgson, G. et Screpanti, E. (eds) (1991), *Rethinking Economics : Markets, Technology and Economic Evolution*, Aldershot, Edward Elgar.
- Hodgson, Geoffrey M. (1994), *Economia e Instituições – Manifesto por uma Economia Institucionalista Moderna*, Oeiras, Celta Editora.
- Howells, J. et Wood, M. (1993), *The Globalisation of production and Technology*, London, Belhaven Press.
- IMD, (2002), *The World Competitiveness Yearbook, 2002*, IMD.
- Intarakumnerd, P, Chairatana, P. A. et Tangchitboon, T. (2002), "National innovation systems in less successful developing countries: the case of Thailand", *Research Policy* 31, (8-9), pp. 1445- 1457.
- Jacobs, J. (1969), *The Economy of Cities*, Random House, New York.
- Jeremy, D. (1981), *Transatlantic Industrial Revolution: The Diffusion of Textile Technology Between Britain and America, 1790-1830's*, Harvard University Press, Cambridge MA.
- Jesuino, J. C. et al (1995), *A Comunidade Científica Portuguesa nos finais do século XX. Comportamentos, Atitudes e Expectativas*, Celta Editora, Oeiras.
- Johnson, A. (1998), *Functions in Innovation System approaches*, Mimeo, Department of Industrial Dynamics, Chalmers University of Technology.
- Johnson, A. et Jacobsson, S. (2000), "The emergence of a growth industry: A comparative analysis of the German, Dutch and Swedish Wind Turbine industries", paper presented at the Schumpeter Conference in Manchester 2000.
- Johnson, B. (1992), "Institutional Learning". In Lundvall, B. A. (éd), *National innovation Systems : Towards A Theory of Innovation and Interactive Learning*. Pinter, London.
- Johnson, J. (2001), "Trends in Higher Education in Science and Engineering". : *International Higher Education*. The Boston College for International Higher Education, n° 24, pp. 4-5.
- Jorgenson, D. et Yip, E. (1999), "Whatever happened to productivity growth?", manuscript, Harvard University.
- Jorgenson, D., Gollop, F. M. et Fraumeni, B. M. (1987), *Productivity and US Economic Growth*, Harvard University Press, Cambridge.
- Juma C. et al ((2001), "Global governance of technology: meeting the needs of developing countries", *International Journal of technology Management*, vol. 22, n°s 7/8.
- Kaldor, N. (1957), "A model of economic growth", *The Economic Journal*, LXVII, (268), pp. 591-624.
- Kaldor, N. (1961), "Capital Accumulation and Economic Growth", Lutz F A et Hague D C (eds), *The Theory of Capital*, London, Macmillan.
- Kendrick, J. W. (1994), "Total capital and economic growth", *Atlantic Economic Journal*, 22 (1), pp. 1-18.
- Keynes, J. M. (1936), *Théorie générale de l'emploi, de l'intérêt et de la monnaie*, Petite bibliothèque Payot, Paris, 1936.
- Kirzner, I. M. (1979), *Perception, Opportunity and Profit : Studies in the Theory of*

- Entrepreneurship. Chicago University Press, Chicago.
- Klein, B. H. (1991), "The role of positive sum games in economic growth», *The Economic Journal* , vol. 92, pp. 173-188.
- Kleinknecht, A. (2000), "Indicators of manufacturing and service innovation : their strengths and weaknesses", *in* Metcalfe, J. S., Miles, I (eds.) *Innovation Systems in the Service Economy : Measurement and Case Study Analysis*,. Kluwer, Boston.
- Kline, S. J., and Rosenberg, N. (1986), "An overview of innovation", *in* Landau, R. et Rosenberg, N. (org) (1986), pp. 275-305.
- Krueger, A. B. et Lindahl, M. (1999), "Education for growth in Sweden and the world", NBER Working Papers n° 7190.
- Kuhn, T. S. (1992), *A Estrutura das Revoluções Científicas*, Ed. Perspectiva, 3ª ed., S. Paulo.
- Landes, D. S. (2001), *A Riqueza e a Pobreza das Nações : porque são algumas tão ricas e outras tão pobres*, col. Trajectos, n° 49, Gradiva, Lisboa.
- Le Bas, C. (1995), *Economie de L'innovation*, col. Économie de Poche, n° 19, Paris, Ed. Economica.
- Le Bas, C. (2001), *Technologies, Organisation, Connaissances*. L'Harmattan. Ouvrage édité en collaboration avec In B. Guilhon, M. Catin.
- Le Bas, C. (2004), " Représentation du marché et compréhension des marches de connaissances, *in* L'Économie Fondée sur la Connaissance, M. Baslé et M. Renault éditeurs, Economica.
- Le Bas, C. (2004), "La croissance des économies fondées sur les connaissances : information, codification, specialisation", *Annales de l'Université Royale de Droit et des Sciences Économiques de Phnom Penh (Cambodge)*.
- Leibenstein, H. (1976), *Beyond Economic Man. A New Foundation for Microeconomics*: Harvard University Press, Cambridge, MA.
- Leontief, W. (1941), *The Structure of American Economy, 1919-1929. An Empirical Application of Equilibrium Analysis*. Harvard University Press, Cambridge, MA.
- Linder, S. B. (1961), *An Essay on Trade and Transformation*. Wiley, New York.
- Lipsey, R. (1999), "Fontes de dinamismo económico permanente de longo-prazo no século XXI", OCDE- O Futuro da Economia global, 1999.
- List, F. (1841), *The National System of Political Economy* , Longman, London, 1904.
- Liu, X. et White, S. (2001), "Comparing innovation systems: a framework and application to China's transitional context", *Research Policy* 30 (69, pp.1091-1114.
- Lucas, R. E. (1988), "On the mechanisms of economic development", *Journal of Monetary Economics*, XXII, pp. 3-42.
- Lucas, R. E. (1990), "Why doesn't capital flow from rich to poor countries?", *American Economic Review*, 80 (2), pp. 92-96.
- Lundvall, B. A. (1988), "Innovation as an interactive process: from user-producer interaction to the national system of innovation", *in* Dosi, G. et al (org) ,1988, pp.349-369.
- Lundvall, B. A. (2000), "Innovation policy and knowledge management in the learning

- economy-the interplay between firm strategies and national systems of competence building and innovation, Mimeo, Department of Business Studies, Aalborg University.
- Lundvall, B. A. (2001), *Innovation, Growth and Social Cohesion: The Danish Model*. Edward Elgar, London.
- Lundvall, B. A. (ed) (1992), *National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*, London, Pinter Publishers.
- Lundvall, B. A. *et al* (2002), "National systems of production, innovation and competence building, *Research Policy* 31 , pp. 213-231.
- Lundvall, B. A. et Borrás, S. (1997), *The globalizing learning economy. Implications for innovation policy*, European Commission.
- Lundvall, B. A. et Johnson, B., (1994), "The learning economy", *J. Ind. Stud.* 1 (2), pp. 23-42.
- Lundvall, B. A. et Tomlinson, M. (2002), "International benchmarking as a policy learning tool", *in* Rodrigues, M. J. (ed.), 2002, *The New Knowledge Economy in Europe: A Strategy for International Competitiveness and Social Cohesion*. Edward Elgar, Cheltenham.
- Maddison, A. (1991), *Dynamic Forces in Capitalist Development*, Oxford University Press, Oxford.
- Maddison, A. (1995), *L'Économie Mondiale: 1820-1920: Analyse et Statistiques*, Paris, OCDE.
- Mahroum, Sami (1999), "Highly Skilled Globetrotters : The International Migration of Human Capital", *DSTI/STP/TIP (99)2/FINAL*, pp. 168-185.
- Main Science and Technology Indicators 2001-2 (2001). OECD, Paris.
- Malerba, F. (2002), "Sectoral systems of innovation and production", *Research Policy*, 31 (2), pp. 247-264.
- Malerba, F. et Orsenigo, L. (1990), "Technological regimes and patterns of innovation : a theoretical and empirical investigation of the Italian case", *in* : Heertje, A., Perlman, M. (eds.), *Evolving Technology and Market Structure*, Michigan University Press, Ann Arbor, pp. 283-305.
- Malerba, F. et Orsenigo, L. (1993), "Technological regimes and firm behavior". *Ind. Corp. Change* 2 (1), pp. 47-65.
- Malerba, F. et Orsenigo, L. (1995), "Schumpeterian patterns of innovation" *Camb. J. Econ.* 19 (1), pp. 47-65.
- Mankiw, N. G., Romer, P. et Weil, D. (1992), "A contribution to the empirics of economic growth ", *Quarterly Journal of Economics*, 107, pp. 407-437.
- Mansfield, E. (1961), "Technical change and the rate of imitation", *Econometrica*, XXIX (4), 'pp. 741-766.
- Martins, P. (2000) "Avaliação e reforma do sistema educativo português", *Diário Económico* (27 Novembro).
- McCombie, J. S. L. (1983), "Kaldor's law in retrospect", *Journal of Post Keynesian Economics*, V (3), pp. 414-429.
- McKelvey, M. (1991), "How do national systems of innovation differ? A critical analysis

- of Porter, Freeman, Lundvall and Nelson", *in* Hodgson and Screpanti (eds).
- Mendonça (2001), "O Benchmarking como ferramenta de gestão de inovação", *Economia e Prospectiva*, n°s 15/16, Lisboa, Jan/Jun, 2001.
- Menzies, M. (2003), "Human Capital Development" Research, Science and Technology, Literature Review (work in progress).
- Metcalfe, J. S. (1995), "Technology systems and technology policy in an evolutionary framework", *Cambridge Journal of Economics*, 19 (1), pp. 25-46.
- Metcalfe, J. S. (2001), Institutions and Progress. In: *Industrial and Corporate Change*, vol 10, pp. 561-586.
- Mincer, J. (1969), "Schooling, age and earnings", Human Capital and Personal Income Distribution, NBER in progress.
- Mincer, J. (1996), "Economic development, growth of human capital, and the dynamics of the wage structure", *Journal of Economic Growth*, 1 (1), pp.29-48.
- Moura, F. et Caraça, J. (1993), "A aposta no saber: a ciência e o desenvolvimento", *Análise Social*, vol. XXVIII, n° 120, pp. 135-144.
- Mowery, D. C., et Rosenberg, N. (1979), "The influence of market demand upon innovation : a critical review of some empirical studies", *Research Policy*, VIII, pp.103-153.
- Mytelka, L. (2001), "Promoting scientific and technological knowledge for sustainable development", paper for the third UN Conference on Least Developed Countries, Round Table : "Education for All and Sustainable Development in LDCs".
- Nahlinder, J. (2002), "Innovation in KIBS- state of the art and conceptualisations, SIRP seminar.
- Nelson, R. R. (1973), "Recent exercises in growth accounting : new understanding or dead end ?" *The American Economic Review*, LXIII, (3), pp. 462-468.
- Nelson, R. R. (1981), "Research on productivity growth and productivity differences : dead ends and new departures", *Journal of Economic Literature*, 29, pp. 1029-64.
- Nelson, R. R. (1987), *Understanding Technical Change as an Evolutionary Process*, North Holland, Amsterdam.
- Nelson, R. R. (1988), "Institutions supporting technical change in the United States", *in* Dosi, G. *et al* (org), 1988, pp. 312-329.
- Nelson, R. R. (1992), *National Innovation Systems: a comparative analysis*, Oxford University Press.
- Nelson, R. R. (org) (1993), *National Innovation Systems: A Comparative Analysis*, N. York, Oxford, Oxford University Press.
- Nelson, R. R. et Phelps, E. (1966), "Investment in humans, technological diffusion and economic growth", *The American Economic Review*, Vol. LVI, n° 2, pp. 69-75.
- Nelson, R. R. et Romer, P. (1996), Science, Economic growth , and Public Policy, *in* Smith, B. L. R. , Barfield, C. E., *Technology, R&D, and the Economy*, Washington, D.C., Brookings.
- Nelson, R. R. et Rosenberg, N. (1993), "Technical innovation and national systems", *in*: Nelson, R. R. (ed.), *National Innovation Systems: a comparative analysis*. New York,

Oxford: Oxford University.

Nelson, R. R. et Winter, S. (1974), "Neoclassical vs. evolutionary theories of economic growth: critique and prospectus", *The Economic Journal*, LXXXIV, pp. 886-905.

Nelson, R. R. et Winter, S. (1977), "In search of useful theory of innovation", *Research Policy*, VI (1), pp. 36-76.

Nelson, R. R. et Winter, S. (1982), *An Evolutionary Theory of Economic Change*, Cambridge, Mass./London, The Belknap Press of Harvard University Press, XIV.

Niosi, J. (2002), "National systems of innovations are "x-efficient" and x-effective- Why some are slow learners", *Research Policy*, 31 (2), pp. 291-302.

Niosi, J. *et al* (1993), "National systems of innovation in search of a workable concept", *Technology in Society*, vol. 15 (2), pp. 207-227.

Niosi, J. et Bellon B. (1994), "The global interdependence of national innovation systems . evidence, limits, and implications", *Technology in Society* vol. 16 (2), pp. 173-97.

Niosi, J., Saviotti, P., Bellon, B. et Crow, M. (1993), "National systems of innovation: in search of a workable concept", *Technology in Society*, XV, pp. 207-227.

North D. (1990), *Institutions, Institutional Change and Economic Performance*. Cambridge : Cambridge University Press.

NSF (National Science Foundation), (2002), *Science and Engineering Indicators 2002*, National Science Board, Arlington, Virginia.

OCDE (1988), *New Technologies in the 1990's: A Socio-Economic Strategy*, Sundquist Report, Paris, OCDE.

OCDE (1992), *La Technologie et L'Économie : Les Relations Déterminantes*, Paris, OCDE.

OCDE (1993), *Reviews of National Science and Technology Policy-Portugal*, OCDE, Paris.

OCDE (1994), *The OECD Jobs Study*, Paris, OCDE.

OCDE (1995), *Manuel de Canberra*, Paris, OCDE.

OCDE (1996), *Perspectives de l'emploi de l'OCDE*, Paris.

OCDE (1997), *Manuel d'Oslo*, CE, Eurostat.

OCDE (1998), *L'investissement dans le capital humain : une comparaison internationale*, Centre for Educational Research and Innovation, OCDE, Paris.

OCDE (2000a), *Regards sur l'éducation*, OCDE, Paris.

OCDE (2000b), *Perspectives Économiques de l'OCDE*, n° 68, Paris.

OCDE (2002), *Manuel de Frascati*, OCDE, Paris.

OCT (2002), *Sociedade da Informação – Principais Indicadores Estatísticos*, 1995-2001, Portugal.

OECD (1994), *Acessing and expanding the science and technology knowledge-base*, Paris, OCDE.

OECD (1998), *Technology, Productivity and Job Creation : Best Policy practices*. OECD, Paris.

- OECD (1999), Managing National Innovation Systems. OECD, Paris.
- OECD (2000), Knowledge Management in the Learning Economy. OECD, Paris.
- OECD (2000), Knowledge Management in the Learning Society.
- OECD (2000), OECD Science, Technology and Industry Scoreboard : Towards a Knowledge-Based Economy.
- OECD (2000c), A New Economy? The Changing Role of Innovation and Information Technology in Growth, OECD, Paris.
- OECD (2001), Cities and Regions in the New Learning Economy.
- OECD (2001), The Well-being of Nations, The Role of Human and Social Capital. OECD, Paris.
- OECD (2001a), Innovative Clusters : Drivers of national Innovation Systems. OECD, Paris.
- OECD (2001b), Innovative Networks : Co-operation in National Innovation Systems, OECD, Paris.
- OECD (2001c), Innovative People : Mobility of Skilled Personnel in National Innovation Systems,. OECD, Paris.
- OECD (2002), Benchmarking Industry-science Relationships, OECD, Paris.
- OECD (2002), Dynamising National Innovation Systems. OECD, Paris.
- OECD et Eurostat (1995), Manual on the Measurement of Human Resources Devoted to S&T- Canberra Manual, Paris.
- Oliveira, Luis Valente (2001), " O sistema português de inovação : forças e fraquezas", Economia & Prospectiva, nº 12, Jul/Set, pp. 23-41.
- Ohkawa, K. et Rosovsky, H. (1973), Japanese Economic Growth , Oxford University Press, Oxford.
- Paasi, M. (1998), "Efficiency of innovation systems in the transition countries," Economic Systems 22, (3), pp. 217-234.
- Pack, H. (1994), "Endogenous growth theory : intellectual appeal and empirical shortcomings", Journal of Economic Perspectives, VIII (1), pp.55-72.
- Papageorgiou, J. C. (1997), "Trends in R&D human resources and funding in the major industrialized countries", IJTM, Special Issue on R&D Management, pp. 874-894.
- Pasinetti, L. L. (1981), Structural Change and Economic Growth , Cambridge, Cambridge University Press.
- Patel, P. (1995), "Localised production of technology for global markets". Cambridge Journal of Economics 19, pp. 141- 153.
- Patel, P. et Pavitt, K. (1991), "Large firms in the production of the world`s technology : an important case of «non-globalisation»", Journal of International Business Studies, vol. 22 (1), pp. 1-22.
- Pavitt, K. (1992), "Internationalization of technological innovation", Science and Public Policy, vol. 19 (2), pp. 119-23.
- Pereira, P. et Martins, P. (2001a), "Returns to education and wage equations", mimeo, Faculdade de Economia da Universidade Nova de Lisboa.

- Pereira, P. et Martins, P. (2001b), "Schooling and wage risk", mimeo, Faculdade de Economia da Universidade Nova de Lisboa.
- Pereira, P. et Martins, P. (2002), "Education and earnings in Portugal", paper presented to the Bank of Portugal Conference "Desenvolvimento Económico Português no Espaço Europeu".
- Perez, C. (1983), "Structural change and assimilation of new technologies in the economic and social systems", *Futures*, XV (5).
- Perez, C. (1988), "New technologies and development", *in* Freeman, C. et Lundvall, B. A. (org) (1988).
- Pina, A. et St. Aubyn, M. (2002), "Public capital, human capital and economic growth: Portugal 1977-2001", Departamento de Prospectiva e Planeamento, Ministério das Finanças.
- PISA (2000), Knowledge and Skills for Life, OECD.org
- Porter, M. E. (1990), "The competitive advantage of nations", *Harvard Business Review*, pp. 73-93.
- Porter, M. E. (1990), *The Competitive Advantage of Nations*, London and Basingstoke, The MacMillan Press, XV.
- Porter, M. E. et Stern, S. (2002), National Innovative Capacity, World Economic Forum, 2002, The Global competitiveness Report 2001-02, Oxford University Press, New York.
- Posner, M.V. (1961), "International trade and technical change", *Oxford Economic Papers*, XIII, 3.
- Pritchett, L. (1996), "Where has all the education gone? ", World Bank Policy Research Department Working Papers, nº 1581.
- Proinov (2002), Competitividade, e Inovação na Coesão – Relatório de Fundamentação do Programa Integrado de Apoio à Inovação, Presidência do Conselho de Ministros, Lisboa.
- Quiggin, J. (1999), "Human capital theory and education policy in Australia", *Australian Economic Review*, 32 (2), pp. 130-144.
- Radošević, S. (1999), "Transformation of science and technology systems into systems of innovation in central and eastern Europe : the emerging patterns and determinants", *Structural Change and Economic Dynamics* 10, (3-4), pp. 277-320.
- Rauch, J. (1993), "Productivity gains from geographic concentration of human capital : evidence from the cities", *Journal of Urban Economics*, 34 (3), pp.380-400.
- Redding, S. (1996), "The low-skill, low-quality trap: strategic complementarities between human capital and R&D", *Economic Journal*, 106, pp. 458-470.
- Reich, R. (1991), *The Work of Nations*, London, Simon and Schuster.
- Rickne, A. (2000), "New technology-based firms and industrial dynamics: Evidence from the technological systems of biomaterials in Sweden, Ohio and Massachusetts, Department of industrial Dynamics, Chalmers University of Technology.
- Rodrigues, M. J., Neves, A. et Godinho, M. M. (coord) (2003), *Para uma Política de Inovação em Portugal*, Biblioteca de Economia e Empresa, nº 72, Publicações Dom

Quixote, Lisboa.

- Romer, P. M. (1986), "Increasing returns and long-run growth", *Journal of Political Economy*, XCIV, 51.
- Romer, P. M. (1990), "Endogenous technological change", *Journal of Political Economy*, XCVIII, 5, pp. 71-102.
- Romer, P. M. (1993a), "Idea gaps and object gaps in economic development", *Journal of Monetary Economics*, 32, pp. 543-573.
- Romer, P. M. (1993b), "Two strategies for economic development": using ideas and producing ideas", in Summers, L. H., Shah, S. (eds), *Proceedings of the World Bank Annual Conference on Development Economics 1992*, Supplement to the World Bank Economic Review.
- Romer, P. M. (1994), "The origins of endogenous growth", *Journal of Economic Perspectives*, 8, (1), pp. 3-22.
- Romer, P. M. (2000), "Should the government subsidize supply or demand in the market for scientists and engineers?", NBER Working Papers n° 7723.
- Ronstadt R. (1984), "R&D abroad by US multinationals", in R. Stobaugh (éd), *Technology Crossing Borders*, Harvard Business Review Press, Boston.
- Rosenberg, N. (1976), "On technological expectations", *Economic Journal*, LXXXVI, (5), pp. 1002-1037.
- Rosenberg, N. (1982), *Inside the Black Box : Technology and Economic*, London, Cambridge University Press, XII.
- Rosenzweig, M. (1996), "When investing in education matters and when it does not", *Challenge*, pp. 22-29.
- Rustichini, A. et Schmitz, J. A. (1991), "Research and imitation in long-run growth", *Journal of Monetary Economics*, 27 (2), pp. 271-292.
- Sachs, J. et al (2001), "The Geography of Poverty and Wealth", *Scientific American*, March.
- Sahal, D. (1981), "Alternative conceptions of technology", *Research Policy*, X (1).
- Salavisa Lança, I. (2001), *Mudança Tecnológica e Economia: Crescimento, Competitividade e Indústria em Portugal*, Oeiras, Celta Editora.
- Salavisa Lança, I. (org) (2000), *A Indústria Portuguesa : Especialização Internacional e Competitividade*, Oeiras, Celta Editora.
- Santos, E. (1984), "O stock de capital na economia portuguesa (1953-1981)", *Documento de Trabalho n° 6*, Banco de Portugal.
- Saxenian, A. (1994), *Regional Advantages*, Harvard University Press, Cambridge.
- Scarpetta, S., Bassanini, A., Pilat, D. et Schreyer, P. (2000), "Economic growth in the OECD área : recent trends at the aggregate and sectoral level", *Documents de travail du Département des affaires économiques de l'OCDE*, n° 248.
- Schneider, M. (2001), "Others open doors. How other nations attract international students. Implications for U.S. educational exchange. Open doors on the web".
- Schultz, T. (1961), "Investment in human capital", *The American Economic Review*, vol.51, n°1, pp.1-17.

- Schultz, T. (1963), *The economic value of education*, New York: Columbia University Press.
- Schultz, T. (1993), "The economic importance of human capital in modernization", *Education Economics*, vol. 1 n°1, pp.13-19.
- Schumpeter, J. (1939), *Business Cycles: A Theoretical, Historical and Statistical Analysis of the Capitalist Process*.
- Schumpeter, J. (1951), *The Theory of Economic Development*, Cambridge, Massachusetts, Harvard University Press.
- Sjoberg, S. (1999), *Education in science and technology , an international concern- some initiatives. Appendix to the evaluation of the Swedish NOT-Project*.
- Sjoberg, S. (2001), *Science and Technology in education- current challenges and possible solutions. Invited contribution to the Meeting of Ministers of Education and Research in the European Union*, Uppsala, Sweden, 2001.
- Smith, A. (1776), *Inquérito sobre a Natureza e as Causas da Riqueza das Nações*, vol. I, II e III, Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1981.
- Smith, K. (1998), "Innovation as a systemic phenomenon: rethinking the role of policy". Draft.
- Smith, K. (2001), "Cross-country comparisons : Comparing economic performance in the presence of diversity", *Science and Public Policy* 28, (4), pp. 267-276.
- Soete, L. (2000), "A economia baseada no conhecimento num mundo globalizado: desafios e potencial", *in* M. João Rodrigues (coord), *Para uma Europa da Inovação e do Conhecimento : Emprego, Reformas e Coesão Social*, Oeiras, Celta.
- Solow, R. (1956), "A contribution to the theory of economic growth", *Quarterly Journal of Economics*, LXX, pp. 65-94.
- Solow, R. (1957), "Technical change and the aggregate production function", *Review of Economics and Statistics*, XXXIX, pp.312-320.
- Solow, R. (1994), "Perspectives on growth theory", *Journal of Economic Perspectives*, VIII, 1, pp. 45-54.
- Sousa, Alexandre (1997), "Sistema português da inovação – imagem para um enquadramento analítico", *Faculdade de Economia do Porto, Investigação- trabalhos em curso* n° 71, pp. 1-25.
- Stewart, T. A. (1977), *Technology and Underdevelopment*, London.
- Stewart, T. A. (1997), *Intellectual Capital*, Nicholas Brealey, London.
- Stiglitz, J.E. (1975), "The theory of "screening", education, and the distribution of income", *American Economic Review*, 65, pp. 283-300.
- Stroombergen, A. *et al* (2002), *Review of the Statistical Measurement of Human Capital*, Statistics New Zealand.
- Tavares, L. V. (2000), *A Engenharia e a Tecnologia ao Serviço do Desenvolvimento de Portugal*, Ed. Verbo, Lisboa.
- Teixeira, A(1997), *Capacidade de Inovação e Capital Humano. Contributos para o Estudo do Crescimento Económico Português, 1960-1991*, Master Thesis, Faculdade de Economia, Universidade do Porto.

- Teixeira, A. (1998), "Human capital stock: an estimation of a time series for Portugal", *Estudos de Economia*, vol. XVIII, n° 4, pp. 423-441.
- Teixeira, A. et Fortuna, N. (2003), "Human capital, innovation capability and economic growth : Portugal, 1960-2001.
- Temple, J. R. W. (1999a), "The new growth evidence", *Journal of Economic Literature*, 37 (1), pp.112-156.
- Temple, J. R. W. (1999b), "A positive effect of human capital growth", *Economic Letters*, 65 (1), pp. 131-134.
- Temple, J. R. W. (2000), "Growth effects of education and social capital in the OECD countries", Working Papers, n° 263, OECD Economics Department.
- Tomlinson, M. (2001), "A new role for business services in economic growth." *In* Archibugi, D. et Lundvall, B. A. (eds), *Europe in the Globalising Learning Economy*. Oxford University Press.
- Topel, R. (1997), "Factor proportions and relative wages: the supply-side determinants of wage inequality", *Journal of Economic Perspectives*, 11 (2), pp. 55-74.
- Tremblay, K. (2002), "Student mobility between and towards OECD countries: a comparative analysis", *OECD Proceedings*, pp. 39-70.
- UNESCO, (1979), "An introduction to policy analysis in science and technology", *Science Policy Studies and Documents*, n° 46, Paris UNESCO.
- Uzawa, H. (1965), "Optimum Technical Change in an Aggregative Model of Economic Growth", *International Economic Review* 6 (1), pp. 18-31.
- Vernon, R. (1966), "International investment and international trade in product cycle", *Quarterly Journal of Economics*, LXXX, pp. 190-207.
- Verspagen, B. (1993), *Uneven Growth Between interdependent economies : A Evolutionary view on technology gaps, trade and growth*, Aldershot: Avebury 1993.
- Viotti, E. B. (2002), "National learning systems a new approach on technological change in late industrializing economies and evidence from the cases of Brasil and South Korea, *in Technological Forecasting & Social Change* 69 , (7), pp. 653-680.
- Von Hippel, E. (1987), "Cooperation between rivals : informal know-how trading, *Research Policy*, 16 , pp. 291-302.
- Weiss, A. (1995), "Human capital versus signaling explanations of wages", *Journal of Economic Perspectives* 9, pp. 133-154.
- Wijnberg, N. M. (1994), "National systems of innovation: Selection environments and selection process", *Technology in Society*, vol.16, n° 3, pp. 313-320.
- Wilson, H. (1993), *States and the Economy- Policy-making and Decentralization*, Westport, CT, Praeger.
- Wolfe, B. et Haverman, R. (2000), *Accounting for the social and non-market benefits of education*, manuscript, university of Wisconsin-Madison.
- Woolcock, M. (1998), "Social capital and economic development: toward a theoretical synthesis and policy framework". *Theory Soc.* 27 (2), 151-207.
- Wossman (2000), "Specifying human capital : a review, some extensions and development effects", *Kiel Working Paper* n° 1007.

Wyckoff, A. (1996), The Growing Strength of Services; OECD Observer, June/July.
Xienlin, Liu et White, S. (2001), "Comparing innovation systems: a framework and application to China's transitional context", Research Policy, 30, pp. 1091-1114.

Annexes

Annexe A - 12 critères

**L'IMPORTANCE DES RESSOURCES HUMAINES DANS LES SYSTÈMES NATIONAUX
D'INNOVATION : LE CAS DU PORTUGAL**

	Critères (12)	Portugal	Hungary	Czech Rep	Poland	Estonia	Slovenia	SI
								Re
04	Total public expenditure on education – percentage of GDP	0,68	0,96	0,12	0,8	1	0,6	0
05	The educational system meets the needs of a competitive economy	0	1	0,717033	0,1675824	0,4725275	0,4615385	0,50
06	University education meets the needs of a competitive economy	0	1	0,6970684	0,0162866	0,5732899	0,3550489	0,50
07	Economic literacy	0,21875	1	0,7673611	0	0,9270833	0,8506944	0,50
08	Qualified engineers are available in labour market	0,3243902	1	0,8463415	0,5926829	0	0,1243902	0,50
09	Knowledge transfer between firms and universities	0,0813953	1	0,9883721	0	0,6511628	0,2093023	0,50
10	Total expenditure on R&D – percentage of GDP	4,427E-05	7,93E-05	0,8929502	29,251E-06	0	1	5,0
11	Science in schools is adequately taught	0	1	0,8373333	0,144	0,8053333	0,2533333	0,50
12	Information technology skills are readily available in labour	0,4808511	0,9702128	0,7404255	0,6851064	1	0	0,50
13	Labour relations are generally productive	0,3811881	0,980198	0,6980198	0	1	0,3415842	0,50
14	Worker motivation is high	0,3831776	1	0,864486	0	0,8691589	0,7196262	0,50
15	Skilled labour is available in labour market	0,2407407	0,7804233	0,8386243	0,5873016	0	0,3042328	1

Annexe B - 15 critères

	Critères (15)	Portugal	Hungary	Czech Rep	Poland	Estonia	Slovenia	Slov Rep
01	PISA results (15 years of age) - reading literacy – 23	0	0,45454551		0,4090909	-	-	-
02	PISA results (15 years of age) - scientific literacy – 23	0	0,71153851		0,4615385	-	-	-
03	PISA results (15 years of age)- mathematical literacy–23	0	0,77272731		0,3636364	-	-	-
04	Total public expenditure on education – percentage of GDP	0,68	0,96	0,12	0,8	1	0,6	0
05	The educational system meets the needs of a competitive economy	0	1	0,717033	0,1675824	0,4725275	0,4615385	0,879
06	University education meets the needs of a competitive economy	0	1	0,6970684	0,0162866	0,5732899	0,3550489	0,827
07	Economic literacy	0,21875	1	0,7673611	0	0,9270833	0,8506944	0,552
08	Qualified engineers are available in labour market	0,3243902	1	0,8463415	0,5926829	0	0,1243902	0,982
09	Knowledge transfer between firms and universities	0,0813953	1	0,9883721	0	0,6511628	0,2093023	0,965
10	Total expenditure on R&D – percentage of GDP	4,427E-05	7,93E-05	0,8929502	29,251E-06	0	1	5,286
11	Science in schools is adequately taught	0	1	0,8373333	30,144	0,8053333	30,2533333	30,74
12	Information technology skills are readily available in labour	0,4808511	10,9702128	0,7404255	0,6851064	1	0	0,740
13	Labour relations are generally productive	0,3811881	10,980198	0,6980198	0	1	0,3415842	0,524
14	Worker motivation is high	0,3831776	1	0,864486	0	0,8691589	0,7196262	0,378
15	Skilled labour is available in labour market	0,2407407	0,7804233	0,8386243	0,5873016	0	0,3042328	1

Annexe C - 39 critères

**L'IMPORTANCE DES RESSOURCES HUMAINES DANS LES SYSTÈMES NATIONAUX
D'INNOVATION : LE CAS DU PORTUGAL**

	CRITÈRES			01	02	0
				Total public expenditure	Pupil-teacher ratio (primary	P
				on education	education 1999	ra
				% GDP 2000		e
	COUNTRIES					
CZ	CZECH REPUBLIC			0,12	0,465811966	0
EE	ESTONIA			1	0,731543624	0
HU	HUNGARY			0,96	1	1
PL	POLAND			0,8	0,726666667	0
SI	SLOVENIA			0,6	0,872	0
SK	SLOVAK REPUBLIC			0	0,556122449	0
PT	PORTUGAL			0,68	0	0
			06	07	08	0
			Educational system	University education	Illiteracy >15 as	E
			2002	2002	% of population 1999	li
						2
	Countries					
CZ	CZECH REPUBLIC		0,717032967	0,697068404	0,077922078	0
EE	ESTONIA		0,472527473	0,573289902	0,207792208	0
HU	HUNGARY		1	1	0,077922078	1
PL	POLAND		0,167582418	0,016286645	0,077922078	0
SI	SLOVENIA		0,461538462	0,35504886	0	0
SK	SLOVAK REPUBLIC		0,879120879	0,827361564	0,077922078	0
PT	PORTUGAL		0	0	1	0
			12	13	14	1
			Knowledge Transfer	Labor productivity GDP per person employed per hour, US\$ 2001	Employee Training 2002	S
			2002			2
	Countries					
CZ	CZECH REPUBLIC		0,988372093	0,444581281	0,857798165	0
EE	ESTONIA		0,651162791	0	1	0

HU	HUNGARY		1	0,570197044	0,935779817	0,78
PL	POLAND		0	0,09729064	0	0,58
SI	SLOVENIA		0,209302326	0,770935961	0,821100917	0,30
SK	SLOVAK REPUBLIC		0,965116279	0,187192118	0,449541284	1
PT	PORTUGAL		0,081395349	1	0,105504587	0,24
		18	19	20	21	22
		Relocation of R&D Facilities	Investment in Telecommunications Technology	New Information Technology	Computers in use Worldwide	Com
		2002	% GDP 1999	2002	share 2001	200
	Countries					
CZ	CZECH REPUBLIC	0,806282723	0,273151751	0,721893491	0,352112676	0,35
EE	ESTONIA	0,910994764	1	1	0	0,35
HU	HUNGARY	1	0,403891051	0,624260355	0,338028169	0,33
PL	POLAND	0,785340314	0,247470817	0	1	0
SI	SLOVENIA	0	0,160311284	0,402366864	0,070422535	1
SK	SLOVAK REPUBLIC	0,481675393	0	0,659763314	0,225352113	0,65
PT	PORTUGAL	0,35078534	0,141634241	0,573964497	0,352112676	0,34
			25	26	27	28
			Information Technology	Technological cooperation	Development and Application of technology	Fun Tech
			skills	2002		Dev
			2002		2002	200
	Countries					
CZ	CZECH REPUBLIC		0,740425532	1	0,721374046	0,78
EE	ESTONIA		1	0,939252336	1	1
HU	HUNGARY		0,970212766	0,542056075	0,938931298	0,65
PL	POLAND		0,685106383	0	0	0
SI	SLOVENIA		0	0,182242991	0,438931298	0,17
SK	SLOVAK REPUBLIC		0,740425532	0,35046729	0,522900763	0,13
PT	PORTUGAL		0,480851064	0,074766355	0,477099237	0,54

**L'IMPORTANCE DES RESSOURCES HUMAINES DANS LES SYSTÈMES NATIONAUX
D'INNOVATION : LE CAS DU PORTUGAL**

			31	32	33	3
			Business expend	Total R&D pers	Total R&D pers	B
			on R&D per cap	nationwide per	in business per	2
			US\$ per capita	capita per 1000	capita per 1000	
			2000	people 2000	people 2000	
	Countries					
CZ	CZECH REPUBLIC		0,597639299	0,140807175	0,465527066	0
EE	ESTONIA		0	0,298654709	0	1
HU	HUNGARY		0,189029682	0,135426009	0,286039886	0
PL	POLAND		0,081756639	0	0,1002849	0
SI	SLOVENIA		1	1	1	0
SK	SLOVAK REPUBLIC		0,131921541	0,34573991	0,370940171	0
PT	PORTUGAL		0,248394376	0,027802691	0,014245014	0
			37	38	39	
			Science in	Interest in science	Patents granted	
			schools	and technology	to residents	
			2002	2002	1999	
	Countries					
CZ	CZECH REPUBLIC		0,837333333	0,735714286	0,218503937	
EE	ESTONIA		0,805333333	0,5	0	
HU	HUNGARY		1	1	0,289370079	
PL	POLAND		0,144	0,157142857	1	
SI	SLOVENIA		0,253333333	0,228571429	0,187007874	
SK	SLOVAK REPUBLIC		0,741333333	0,903571429	0,067913386	
PT	PORTUGAL		0	0	0,080708661	

Index Analytique

- agents innovateurs, 30
- apprentissage, V, VI, 10, 21, 27, 31, 44, 45, 48, 49, 51, 55, 58, 60, 61, 62, 63, 65, 67, 73, 74, 79, 80, 82, 86, 90, 91, 96, 106, 109, 110, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 121, 124, 125, 126, 131, 138, 139, 141, 142, 144, 147, 167, 169, 170, 174, 177, 179, 180, 181, 182, 198, 215, 224, 289
- Cadres de Personnel, 241, 242, 246, 251
- capital humain, IV, VI, VII, VIII, 2, 24, 47, 51, 53, 54, 55, 57, 58, 70, 74, 75, 87, 89, 109, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 151, 152, 153, 154, 159, 160, 161, 163, 164, 177, 182, 183, 184, 185, 186, 188, 214, 215, 216, 219, 221, 236, 237, 244, 246, 247, 249, 250, 251, 258, 271
- capital public, IV, 47, 55, 56, 215
- changement technologique, III, IV, 1, 4, 5, 6, 7, 13, 15, 21, 24, 26, 30, 31, 32, 33, 37, 41, 42, 47, 50, 68, 92, 95, 98, 99, 100, 129, 135, 171, 173, 179, 233, 234, 289
- comptabilité de la croissance, IV, VI, 37, 38, 42, 154, 157
- connaissance, VI, VII, 2, 5, 13, 23, 24, 26, 27, 28, 29, 41, 44, 47, 48, 49, 50, 51, 53, 57, 60, 62, 67, 69, 70, 74, 76, 79, 86, 89, 97, 98, 99, 100, 102, 107, 109, 111, 113, 116, 117, 119, 120, 121, 125, 128, 130, 131, 132, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 143, 144, 145, 150, 153, 161, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 176, 177, 179, 181, 182, 188, 189, 191, 192, 193, 197, 198, 203, 204, 205, 206, 207, 214,

216, 227, 233, 234, 249, 258, 288, 289

- croissance économique, III, IV, 1, 4, 9, 14, 19, 36, 39, 40, 50, 54, 56, 74, 119, 124, 132, 134, 140, 141, 143, 146, 168, 171, 172, 173, 174, 175, 180, 181, 182, 188, 206, 214, 216, 220, 233, 250, 288
- développement technologique, 18, 89, 104, 108, 227
- diffusion, III, V, VI, 5, 7, 9, 10, 26, 33, 34, 35, 54, 57, 61, 67, 84, 85, 94, 102, 119, 131, 135, 143, 147, 148, 167, 168, 169, 171, 174, 176, 177, 179, 187, 192, 198, 207, 221, 229, 263, 270, 289
- Économie de la Connaissance, 261
- Éducation et croissance, VI, 149, 153
- électronique, 17, 22, 79, 111
- entreprises, 12, 13, 14, 22, 28, 30, 32, 33, 34, 35, 40, 44, 46, 48, 49, 52, 58, 59, 61, 63, 64, 66, 67, 68, 69, 70, 72, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 83, 85, 87, 89, 91, 92, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 105, 107, 109, 111, 112, 114, 115, 118, 120, 123, 124, 125, 128, 129, 131, 134, 137, 138, 141, 148, 151, 152, 164, 168, 169, 177, 179, 185, 187, 189, 195, 198, 199, 214, 220, 222, 224, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 231, 232, 237, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 251, 289
- formation, 21, 23, 30, 32, 56, 70, 89, 94, 95, 99, 102, 104, 115, 119, 138, 141, 142, 144, 145, 146, 148, 149, 152, 157, 158, 161, 162, 163, 167, 170, 171, 182, 183, 185, 188, 189, 191, 192, 193, 198, 203, 205, 213, 214, 215, 216, 227, 230, 231, 234, 288
- indicateurs, IV, VIII, 2, 43, 104, 106, 110, 112, 120, 123, 125, 126, 128, 137, 160, 162, 191, 192, 202, 205, 221, 233, 234, 235, 239, 246, 249
- industrie, 8, 22, 33, 41, 69, 78, 79, 81, 86, 94, 95, 101, 102, 104, 105, 111, 125, 130, 136, 190, 193, 202, 209, 226, 231
- ingénieurs, 18, 24, 29, 64, 108, 138, 195, 201, 214, 234
- innovation, III, IV, V, VI, VIII, 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 33, 45, 46, 47, 53, 54, 55, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 99, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 122, 123, 125, 127, 128, 131, 132, 134, 138, 139, 140, 141, 145, 147, 148, 152, 167, 168, 169, 174, 180, 187, 188, 190, 192, 206, 207, 215, 216, 219, 221, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 235, 240, 246, 248, 252, 253, 254, 256, 258, 259, 260, 261, 262, 263, 264, 265, 266, 267, 268, 269, 270, 272, 273, 274, 277, 278, 279, 288, 289
- innovations complémentaires, 33
- Internet, 196, 197, 212, 231, 232, 285
- learning by doing, 10, 21, 31
- learning-by-doing, 10, 12, 44, 51, 73, 97
- *learning-by-interacting*, 10, 73

-
- *learning-by-using*, 12, 73, 97
 - microélectronique, 18, 19, 21, 22, 33, 34
 - mobilité, VII, VIII, 2, 87, 114, 118, 145, 148, 189, 190, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 234
 - paradigme, III, 11, 15, 16, 18, 19, 22, 23, 31, 32, 34, 36, 63, 93, 119, 135, 289
 - PIB, 158, 159, 171, 231, 232, 239, 240, 246
 - PNB, 114, 117, 128, 131, 137, 143, 188, 202, 250
 - R&D, VII, IX, 1, 2, 8, 10, 12, 21, 26, 42, 44, 46, 63, 68, 71, 73, 75, 78, 79, 87, 94, 97, 99, 100, 101, 104, 116, 124, 128, 130, 134, 136, 148, 151, 152, 153, 163, 168, 169, 171, 177, 178, 181, 182, 187, 188, 189, 191, 192, 199, 201, 202, 215, 216, 221, 232, 233, 234, 235, 237, 239, 240, 241, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 250, 251, 252, 255, 257, 260, 263, 270, 272, 274, 275, 281, 282, 285, 286, 288, 289, 290
 - recherche, VII, VIII, 2, 7, 8, 12, 25, 26, 29, 30, 37, 38, 44, 51, 53, 55, 60, 63, 64, 69, 70, 71, 78, 82, 83, 87, 90, 97, 99, 105, 107, 108, 110, 113, 120, 121, 123, 130, 148, 152, 153, 161, 165, 166, 168, 169, 178, 180, 181, 182, 187, 189, 190, 191, 192, 194, 195, 198, 201, 203, 204, 205, 206, 209, 210, 212, 213, 218, 222, 225, 226, 227, 229, 230, 240, 246, 248, 250, 252
 - ressources humaines, VII, VIII, IX, 1, 2, 119, 120, 133, 141, 142, 143, 144, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 201, 203, 204, 214, 220, 226, 232, 233, 234, 238, 239, 241, 246, 248, 250
 - RH, VII, 192, 193, 194, 204
 - S&T, 233, 234, 254, 272
 - science, VII, VIII, 6, 24, 25, 27, 28, 29, 36, 60, 61, 75, 78, 80, 88, 89, 100, 101, 102, 103, 109, 112, 114, 118, 125, 168, 188, 189, 190, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 201, 204, 205, 207, 209, 213, 221, 228, 233, 250, 258, 271, 272, 274, 276, 278, 287
 - science pour les jeunes, 196
 - SI, IV, V, 59, 60, 61, 63, 64, 65, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 80, 82, 83, 88, 90, 106, 111, 112, 117, 123, 124, 125, 127, 128, 140, 141, 283, 284, 285, 286, 287
 - SNI, V, VIII, 1, 60, 61, 62, 63, 66, 80, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 115, 117, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 135, 137, 139, 140, 141, 142, 168, 214, 220, 221, 222, 225, 226, 227, 248, 289
 - système d'enseignement, 30, 246, 248
 - système productif, 19, 30, 169
 - système scientifique et technologique, 30, 60, 238
 - technologie, IV, VII, VIII, 1, 4, 5, 6, 10, 11, 15, 17, 21, 24, 25, 27, 28, 29, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 45, 48, 50, 51, 52, 55, 57, 61, 65, 70, 71, 72, 75, 78, 80, 89, 91, 92, 93, 94, 95, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 111, 114, 115, 116, 118, 119, 121,

129, 130, 133, 134, 136, 157, 160, 168, 170, 173, 185, 188, 189, 192, 194, 195, 196,
197, 201, 205, 206, 207, 213, 221, 227, 228, 231, 232, 233, 234, 250, 289

- technologies d'information, 19, 20, 22, 34, 76, 136, 168
- théories de la croissance, IV, 40, 46, 56, 134, 172, 173, 174, 182, 288, 289
- TIC, III, 19, 20, 23, 24, 31, 32, 136, 168, 169, 232, 289