



**HAL**  
open science

# Effets des innovations technologiques sur l'emploi industriel : essai d'analyse à partir du cas tunisien

Sami Saafi

## ► To cite this version:

Sami Saafi. Effets des innovations technologiques sur l'emploi industriel : essai d'analyse à partir du cas tunisien. Economies et finances. Université du Littoral Côte d'Opale; Institut supérieur de gestion (Tunis), 2012. Français. NNT : 2012DUNK0326 . tel-00872661

**HAL Id: tel-00872661**

**<https://theses.hal.science/tel-00872661>**

Submitted on 14 Oct 2013

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

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

**UNIVERSITÉ DU LITTORAL-LILLE NORD DE FRANCE**  
**Laboratoire de Recherche sur l'Industrie et l'Innovation**

**UNIVERSITÉ DE TUNIS**  
**Institut Supérieur de Gestion de Tunis**

**THÈSE**

En vue de l'obtention du grade de  
**DOCTEUR EN SCIENCES ÉCONOMIQUES**

**Sami SAAFI**

---

**EFFETS DES INNOVATIONS TECHNOLOGIQUES SUR  
L'EMPLOI INDUSTRIEL : ESSAI D'ANALYSE À PARTIR DU  
CAS TUNISIEN**

---

Thèse en cotutelle dirigée par M. **Mohamed AYADI**, Professeur  
et Mme **Sophie BOUTILLIER**, MC-HDR

**Soutenue le 26 janvier 2012**

**Jury :**

**M. Mohamed AYADI**

Professeur, Université de Tunis, ISG de Tunis, **directeur de thèse**

**M. Christian AUBIN**

Professeur, Université de Poitiers, **rapporteur**

**M. Yvon PESQUEUX**

Professeur, Centre National des Arts et métiers, **rapporteur**

**M. Faouzi SBOUI**

Maître de conférences, FESG de Mahdia, Université de Monastir, **rapporteur**

**Mme Blandine LAPERCHE**

MCF-HDR, Université du Littoral-Lille Nord de France

**Mme Sophie BOUTILLIER**

MCF-HDR, Université du Littoral-Lille Nord de France, **directrice de thèse**

**ANNÉE UNIVERSITAIRE 2011-2012**

**À ma famille**

**À ma femme**

**À mon fils**

L'université n'entend donner aucune approbation ou improbation aux opinions émises dans cette thèse. Ces opinions sont considérées comme propres à leur auteur.

## REMERCIEMENTS

---

Tout d'abord, j'adresse mes remerciements les plus profonds à tous ceux et celles, de près ou de loin m'ont soutenu.

Je tiens à exprimer mes sincères remerciements à Monsieur Mohamed Ayadi et Madame Sophie Boutillier qui ont accepté de diriger mon travail de thèse.

Je remercie Monsieur Mohamed Ayadi pour la grande liberté qui m'a laissé tout au long de cette thèse, tout en restant très exigeant. Je lui remercie pour sa grande disponibilité, sa confiance et ses encouragements.

Je remercie Madame Sophie Boutillier pour sa confiance, et surtout pour sa relecture et ses commentaires constructifs relatifs à des versions précédentes de cette thèse. Ses qualités scientifiques et humaines et la clairvoyance de ses conseils ont été des alliés précieux tout au long de cette recherche. Malgré l'irrégularité de mes séjours à Dunkerque, elle a toujours su se rendre disponible.

Je remercie également les professeurs Christian Aubin, Yvon Pesqueux, Faouzi Sboui et Blandine Laperche qui me font l'honneur de composer mon jury de thèse.

Je voudrais par ailleurs exprimer ma gratitude à Monsieur Dimiti Uzunidis qui m'a permis de poursuivre ma thèse dans un environnement scientifique de qualité et qui m'a donné l'occasion de présenter mes idées lors de nombreux séminaires et colloques.

Merci aussi aux membres de mon unité de recherche (UAQUAP) pour l'amitié qui m'ont témoignée tout au long de ces années de thèse. À tous mes amis Mohamed, Sahbi, Walid, Wajih et Nabil.

Je tiens notamment remercier vivement Monsieur Abdejlill Farhat pour le soutien et les discussions précieuses ; ainsi qu'à Khaled Jgurim pour avoir contribué à la relecture de ce travail.

Je ne pourrais jamais oublier le soutien et l'aide de mes parents à qui je dois d'y être arrivé et qui ont montré une patience à toute épreuve. Je ne peux évidemment pas oublier mes frères et mes sœurs de m'avoir toujours encouragé dans les moments très difficile de mon parcours. Je tiens également à exprimer ma profonde reconnaissance à Salah, Jemaa, Radhia, Nourredine et Fatma qui m'ont aidé dans l'aboutissement de ce travail.

Toute ma gratitude et ma reconnaissance s'adressent à ma femme pour son affectation, son attention permanente et la patience dont elle a su faire preuve pour me soutenir et m'encourager à aller jusqu'au bout de ce travail. C'est dur de partager sa vie avec un thésard qui travaille tard tous les soirs et pour sujet de conversion... favori sa thèse. Sans son soutien, cette thèse n'aurait peut-être pas vu le jour.

## SOMMAIRE

---

INTRODUCTION GÉNÉRALE -----	1
-----------------------------	---

### PREMIÈRE PARTIE

#### INNOVATIONS TECHNOLOGIQUES ET EMPLOI INDUSTRIEL : VERS UNE THEORIE GLOBALE DE L'IMPACT DE L'INNOVATION SUR L'EMPLOI

CHAPITRE I : DIFFUSION DES INNOVATIONS TECHNOLOGIQUES ET EMPLOI : APPORTS DE LA THEORIE ECONOMIQUE STANDARD -----	17
--	----

CHAPITRE II : ANALYSE ÉVOLUTIONNISTE DE L'INNOVATION ET APPORTS DANS LA PROBLÉMATIQUE INNOVATION-EMPLOI-----	51
---	----

CHAPITRE III : THESE DU BIAIS TECHNOLOGIQUE : FAITS, FONDEMENT THEORIQUE ET TESTS EMPIRIQUES-----	107
--	-----

### DEUXIÈME PARTIE

#### MODÉLISATION DE L'IMPACT DE L'INNOVATION TECHNOLOGIQUE SUR L'EMPLOI : CAS DES INDUSTRIES TUNISIENNES

CHAPITRE IV : CONSEQUENCES DE LA DIFFUSION DES INNOVATIONS TECHNOLOGIQUES SUR L'EMPLOI INDUSTRIEL EN TUNISIE : UNE ANALYSE PAR LES DONNEES DE PANEL -----	161
---	-----

CHAPITRE V : INNOVATIONS TECHNOLOGIQUES ET DEMANDE DE LA MAIN D'ŒUVRE PAR QUALIFICATION : UNE ANALYSE AU NIVEAU DES INDUSTRIES TUNISIENNES -----	205
--	-----

CHAPITRE VI :STRUCTURE INDUSTRIELLE, INNOVATIONS TECHNOLOGIQUES ET CROISSANCE RÉGIONALE DE L'EMPLOI : CAS DE LA TUNISIE -----	229
--	-----

CONCLUSION GÉNÉRALE -----	255
---------------------------	-----

## **PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES ISSUES DE TRAVAIL DE THÈSE**

---

### **Articles- Revues à comité de lecture**

**SAAFI S.** (2009), « Innovations technologiques, mobilité et demande de la main-d'œuvre qualifiée : une analyse au niveau des industries tunisiennes », *Revue européenne du droit social*, n° 1(3).

**SAAFI S. et SBOUI F.** (2011), « Conséquences de la diffusion des innovations technologiques sur l'emploi industriel en Tunisie : Une analyse par les données de panel », *Revue d'Économie Industrielle*, à paraître.

### **Documents de travail- Working papers**

**SAAFI S.** (2007), « Caractéristiques notables du système tunisien d'innovation », *Cahiers du LAB-RII*, doc n° 155.

**SAAFI S.** (2008), « Diffusion des innovations technologiques, emploi et théorie de compensation », *Cahiers du LAB-RII*, doc n° 184.

**SAAFI S.** (2009), « Innovations technologiques, mobilité et demande de la main d'œuvre-qualifiée : une analyse des industries tunisiennes », *Cahiers du LAB-RII*, doc n° 206.

**SAAFI S.** (2010), « Conséquences de la diffusion des innovations technologiques sur l'emploi industriel en Tunisie : Une analyse par les données de panel », *Working paper série RMT*.

**SAAFI S. et SBOUI F.** (2011), « Les opportunités des investissements directs étrangers, diffusion technologique et demande de la main-d'œuvre par qualification des industries tunisiennes », *Cahiers du LAB-RII*, doc n° 240.

## **INTRODUCTION GÉNÉRALE**

---



Lorenzi et Bourlès, dans leur ouvrage « *Le choc du progrès technique* », exprimaient la difficulté liée à la compréhension des effets du progrès technique sur l'emploi en ces termes : « *Progrès technologique et emploi : sans doute il s'agit là d'une des questions permanentes dans toute l'histoire de la pensée économique. Et pourtant, on a le sentiment que l'on buté inlassablement sur cette question, l'une des plus difficiles de la théorie, et qu'il y a eu peu d'évolution sur ce point* ». (Lorenzi et Bourlès, 1995, pp.389). À l'aune de la théorie, l'effet du progrès technique sur l'emploi est ambigu et complexe. Dans l'ensemble, comme le souligne Bouabdallah (1998), les conclusions, souvent macroéconomiques ou sectorielles, sont contrastées. L'effet du progrès technique, incontestablement positif sur le long-terme, est en revanche beaucoup moins assuré sur le court-terme. L'introduction des innovations technologiques tend à diminuer la demande de certains types de main d'œuvre et à accroître la demande d'autres types. On ne saurait donc déterminer *a priori*, c'est-à-dire avant étude des caractéristiques de l'économie, quel sera leur impact global sur le marché du travail.

Le contexte général de cette recherche part du fait que depuis le début des années 90, de nouveaux enjeux économiques et politiques sont apparus liés à deux facteurs fondamentaux qui caractérisent la nouvelle économie du savoir. Il s'agit d'une part, du rythme inédit de développement et de diffusion des innovations technologiques et d'autre part, du processus de globalisation et de libéralisation commerciale amorcé en 1994 suite aux accords du GATT de l'Uruguay Round. Dans un contexte marqué par une accélération des mutations technologiques et un environnement ouvert sur le monde où la concurrence se fait de plus en plus vive, l'innovation technologique devenait une variable-clé de la compétitivité des économies locales. Cependant, cette accélération récente du changement technologique s'est accompagnée, à l'heure actuelle, par une montée d'un chômage massif et un sous emploi dans un nombre important de pays. D'où, l'idée selon laquelle l'innovation est à l'origine de destruction d'emplois, et donc du chômage, semble faire toujours recette.

Historiquement, le plus souvent, l'innovation technologique a été synonyme de chômage pour l'opinion publique. Depuis au moins la destruction de leurs

machines par les luddites, en Grande Bretagne au début de la révolution industrielle, l'idée que le progrès technique détruit l'emploi est communément admise. Le sentiment que la machine usurpe l'emploi de l'ouvrier semble alimenter un débat qui remonte à l'Antiquité. Blamont (1993) rappelle quelques exemples de refus du progrès technique dans l'Antiquité tels que la colère des militaires grecs face à l'invention des catapultes ou encore la mise à mort par Tibère de l'inventeur de verre incassable. Cette croyance semble être reprise par David Ricardo (1772-1823) dans son ouvrage « *Des principes de l'Economie Politique et de l'Impôt* » (publié en 1821). Sa démonstration des effets négatifs à court terme de l'introduction de machines s'appuie sur la distinction entre capital « circulant » et capital « fixe ». L'introduction d'une technique ne fait pas varier le capital total mais modifie plutôt sa composition : il y a désormais plus de capital technique et moins de capital salarial car celui-ci est amputé de la valeur de la machine. Il en résulte une contraction du fonds des salaires, à l'origine d'un chômage qui va durer jusqu'à sa reconstitution. S'intéressant, environ deux siècles plus tard, à cette question au moment où le monde connaît une montée du chômage de masse et où le progrès technique semblait s'accélérer, Rifkin (1996) soutient cette thèse du progrès technique destructeur d'emplois.

Depuis la première moitié du XIX<sup>ème</sup> siècle, de plus en plus d'économistes s'intéressent à l'étude de la relation progrès technique-emploi à long terme. La théorie qui illustre le mieux cet intérêt est sans doute celle de « théorie de compensation »<sup>1</sup> : le progrès technologique détruit des emplois à court terme (effet de remplacement), mais en crée à moyen et à long terme (effet de compensation) (Vivarelli, 1995, 2007 ; Simonetti et al., 2000). C'est ce dernier aspect que développe Sauvy (1980) dans sa thèse dite du « déversement ». Les gains de productivité que dégage le progrès technique vont permettre soit de diminuer les prix, soit d'augmenter les salaires, soit d'augmenter les profits et par conséquent d'accroître la consommation d'autres produits ou services. Il s'effectuera alors un déversement d'emplois de nature différente, de certains secteurs d'activités vers d'autres et notamment de l'industrie vers les services.

Rejoignant cette littérature abondante sur le lien progrès technique-emploi, un certain nombre de travaux relativement plus récents se réclamant de la théorie de la

---

<sup>1</sup> Pour plus de détails, voir Heertje (1977) et Soete (1987).

croissance endogène analysent l'impact de l'innovation technologique en termes de chômage. Des analyses comme celles d'Aghion et Howitt (1992,1994) arborent que la diffusion de technologies entraîne un chômage de réallocation entre les secteurs qui voient leurs emplois détruits et ceux où il y a création d'emplois. Dans une économie où la concurrence force les entreprises à innover, l'innovation entraîne un renouvellement perpétuel des biens produits et une rotation accrue des emplois. C'est la destruction créatrice dont parlait Schumpeter. L'analyse d'Aghion et Howitt prévoit une relation de long terme entre la croissance, impulsée par l'innovation technologique, et le chômage sous la forme d'un "U" renversé. En substance, cette forme signifie que l'accélération d'un rythme de croissance déjà lent crée davantage de chômage, tandis que l'accélération d'un rythme de croissance déjà rapide réduit le chômage.

Aghion et Howitt (1997) s'intéressent, plus particulièrement, aux effets résultant de la diffusion d'une innovation à caractère général « General Purpose Technology » (GPT)<sup>2</sup>. Le modèle développé par les auteurs montre que la diffusion d'une GPT s'accompagne généralement par une hausse du taux de chômage et /ou des inégalités salariales entre employés qualifiés et non-qualifiés pendant les phases de diffusion intensives. De leur côté, Cohen et Saint-Paul (1994) étudient le rôle des complémentarités entre produits pour expliquer l'effet du progrès technique sur la destruction d'emplois. Le progrès technique agit de manière dissymétrique selon les secteurs : licenciements dans le secteur innovant en raison de la baisse des prix, le secteur non innovant bénéficiant des flux de main-d'œuvre. L'évolution différente des salaires entre secteurs rééquilibre les réallocations d'emplois à long terme. Le progrès technique n'est donc pas forcément destructeur d'emplois sur le long terme.

Toutefois, ce genre de prédictions théoriques sont inspirées des expériences des pays développés. L'impact des innovations technologiques sur le travail et l'emploi a été très peu exploré dans les pays en développement (PED) (Sinha, 1994). Or, la relation innovation technologique-emploi dans les PED pourrait être de nature particulière. Au premier abord, ces régions du monde sont caractérisées par des

---

<sup>2</sup> GPT consiste en l'introduction d'une vague d'innovations majeures chacune créant un nouveau produit ou procédé améliorant ceux qui pré-existent, tous étant relativement proches les uns des autres. Une GPT n'est pas seulement une innovation majeure, mais un ensemble d'innovations affectant l'ensemble de secteurs de l'économie.

réservoirs importants de main-d'œuvre, un chômage chronique et un sous emploi. En outre, le potentiel technologique de ces pays est encore relativement faible et la dépendance à l'égard des technologies étrangères est très élevée. Leurs activités technologiques sont généralement associées à une transmission de technologies étrangères via l'importation (Grossman et Helpman, 1991 ; Coe et Helpman, 1995).

« Dans un tel contexte, le terme « innovation » se réfère aussi à l'adaptation, au marché local ou à des conditions géographiques particulières, de technologies ou de produits tout d'abord inventés dans des pays plus avancés » (Aghion, 2002). Néanmoins, l'absorption des transferts de technologies dépend, dans une large mesure, des conditions locales du pays. En effet, une technologie importée, qui aurait été choisie aveuglement et ne répondant pas aux besoins internes de l'économie, risquerait d'avoir des effets contraires à un certain nombre d'objectifs sociaux et économiques, y compris celui de l'emploi (Sinha, 1994).

Ainsi, l'effet global du transfert technologique sur l'emploi au niveau des PED est ambigu et complexe. Il dépend de l'interaction de plusieurs facteurs tels que le degré d'intégration économique du pays, les caractéristiques des technologies importées et la capacité d'absorption du pays<sup>3</sup> (Conte et Vivarelli, 2007). Il est difficile de prédire à l'avance quel sera son impact global sur le marché du travail.

Au niveau empirique, une littérature foisonnante<sup>4</sup> s'intéresse d'ores et déjà aux effets de l'innovation sur l'emploi. En général, les études empiriques ont porté sur des entreprises ou des secteurs d'économies développés. Piva (2003) propose une synthèse de nombreuses évaluations empiriques réalisées sur divers corps de données (individuelles sectorielles ou macroéconomiques), principalement au niveau des PED. Il montre que ces travaux, souvent rudimentaires, s'intéressent plutôt à l'impact des

---

<sup>3</sup> On entend par capacité d'absorption d'un pays la capacité d'apprendre et mettre en application les technologies et les pratiques associées des pays développés (Dahlman et Nelson, 1995). La capacité d'absorption inclut la capacité de rechercher et choisir la technologie la plus appropriée pour être assimilée aussi bien que les activités liées à créer de nouvelles connaissances. Elle reflète également la capacité d'un pays d'intégrer les ressources existantes et exploitables - occasions technologiques - dans la chaîne de production, et la prévoyance pour prévoir la trajectoire technologique potentielle et appropriée.

<sup>4</sup> Pour une revue de littérature, voir (Bouabdallah, 1998 ; Channells et Van Reenen, 1999 ; Pianta, 2003).

technologies sur les différentes catégories de la main-d'œuvre, qu'à leur effet global sur l'emploi<sup>5</sup>.

L'économie tunisienne, comme toutes les économies en développement, constitue un terrain fertile pour l'analyse des effets de la diffusion des innovations technologiques sur l'emploi. Cette thèse vise en premier lieu s'offrir l'opportunité de combler le manque de recherches à ce sujet en Tunisie. Le manque de travaux empiriques sur les effets de l'innovation sur l'emploi en Tunisie suscite notre attention et stimule notre réflexion en vue d'apporter une contribution, la plus modeste qu'elle soit, dans ce domaine. Même si le lien emploi-changement technologique, devenu aujourd'hui un sujet classique, a été largement traité dans la littérature, son exploration dans un pays en voie de développement demeure très pertinente.

La Tunisie pourrait constituer un champ d'analyse éclairant, étant donné la stratégie de libéralisation commerciale suivie par ce pays et la place centrale qu'occupe le secteur industriel dans l'économie. Ainsi, d'après l'Agence de Promotion de l'Industrie (API), la valeur de la production des industries manufacturières a atteint, en 2006, 29,2 milliards de dinars contre 19,6 milliards de dinars en 2000; soit un taux de croissance annuel moyen de 7%. En 2006, la valeur ajoutée dans ce secteur a représenté 31% de la valeur de la production contre 26% un an plus tôt. En 2005, la contribution au PIB des industries manufacturières a été de 16,9% soit à peine 1% de plus qu'en 2004, tandis que le PIB a progressé de 4%.

Par ailleurs, les réformes du commerce extérieur au cours des deux dernières décennies ont permis la suppression des restrictions quantitatives aux importations. Ainsi, après avoir poursuivi une stratégie de développement basée sur la substitution aux importations au cours des décennies 1960 et 1970, l'économie tunisienne a changé de cap depuis 1986, date à partir de laquelle diverses mesures ont été prises pour favoriser les exportations et libéraliser les importations<sup>6</sup>. Depuis le milieu des années 1980, l'État Tunisien a adopté une politique d'ajustement structurel et d'ouverture économique impliquant une insertion dans le mouvement de globalisation

---

<sup>5</sup> Piva (2003) précise que le manque de données est l'une de principales causes qui explique la rareté des études empirique concernant l'effet global de la diffusion technologique sur l'emploi au niveau de PED.

<sup>6</sup> Pour plus de détails, voir (Cherkaoui et Naini, 2002 ; Mouelhi, 2007).

et de compétition internationale. Ainsi, dès 1994, la Tunisie a adhéré au GATT et, par la suite, a signé un accord de partenariat avec l'Union Européenne en 1995. Suite au démantèlement de l'accord multifibres (AMF), amorcé en début 2005, la part des exportations tunisiennes en matière de textiles sur le marché européen n'est plus garantie mais plutôt soumise à la force compétitive de la Tunisie face aux différents exportateurs et plus particulièrement les pays asiatiques. Dans ce contexte, la technologie constitue un choix stratégique pour assurer la compétitivité des industries tunisiennes. C'est ainsi qu'à partir de la fin des années 90, la politique industrielle en Tunisie s'est orientée, vers le soutien à la R&D et à l'innovation technologique.

Dans ce contexte macroéconomique particulier qui a caractérisé l'économie tunisienne, la question qui se pose est de savoir si les innovations technologiques ont un impact positif ou négatif sur le marché de l'emploi. La problématique générale ainsi présentée vise en particulier à atteindre trois objectifs essentiels.

**Le premier objectif** s'inscrit dans le cadre d'une conception évolutionniste de l'innovation où cette dernière est vue comme un processus de résolution de problèmes, un processus d'apprentissage qui met en jeu des connaissances, des savoirs, des compétences, des savoir-faire, des capacités et des aptitudes (Winter, 1987). Etant donné que les pays en développement ne produisent que rarement de nouvelles technologies et qu'ils se limitent, en général, à un exercice d'adaptation des technologies importées, la réalisation d'un progrès technique serait le résultat d'un processus d'apprentissage. Celui-ci est défini comme étant « *un processus par lequel la répétition et l'expérimentation font que des tâches sont effectuées mieux et plus vite et que de nouvelles opportunités de production sont identifiées* »<sup>7</sup>. Ainsi, un taux d'apprentissage élevé favorise une grande rapidité d'acquisition des connaissances.<sup>8</sup> Conformément à la perspective évolutionniste, ce premier objectif aura comme vocation de montrer que la relation changement technique-emploi est étroitement liée au processus d'apprentissage et à la capacité d'absorption de la diffusion technologique.

---

<sup>7</sup> Dosi, G., Teece, D. et Winter, S. (1990), « Les Frontières des Entreprises: vers une Théorie de la Cohérence de la Grande Entreprise », *Revue d'Economie Industrielle*, vol. 51, pp.242-243.

<sup>8</sup> Le taux d'apprentissage pourrait être mesuré par la durée nécessaire pour maîtriser telle ou telle opération productive ou une technologie (Le bas, 1995).

Dans le sillage de ce premier objectif, nous adoptons une approche qui est à la fois conceptuelle et empirique. Nous montrons dans un premier temps pourquoi une conception évolutionniste de l'innovation doit être introduite dans l'analyse des effets du progrès technique sur l'emploi. Nous proposons ensuite d'étudier, à l'aide d'analyses économétriques conduites sur un panel de secteurs industriels, les effets de la diffusion des innovations technologiques sur l'emploi en Tunisie : **La diffusion des innovations technologiques a-t-elle contribué à la création d'emplois ou bien a-t-elle aggravé le déséquilibre sur le marché du travail**<sup>9</sup> ? S'adossant à un cadre théorique combinant la théorie de compensation et celle de la croissance endogène, nous proposons de mettre en évidence l'effet de la diffusion des innovations technologiques sur l'emploi total, tout tenant compte des interactions qui entrent en jeu.

Dans le cadre du **deuxième objectif**, la prise en compte de l'hétérogénéité du travail nous offre l'opportunité de tester l'hypothèse de « biais technologique » au niveau du secteur industriel tunisien. Il s'agit de voir, si la diffusion des innovations technologiques explique la réorientation du marché du travail tunisien vers la demande d'emplois qualifiés : **Y a-t-il un biais technologique en faveur les travailleurs qualifiés?** Au-delà, cette étude vise également à savoir si de tels changements dans la composition de la main-d'œuvre induisent des créations ou plutôt destructions d'emplois ou les deux à la fois. Une telle étude nous semble nécessaire, étant données les modifications des structures du chômage en Tunisie ces dernières années. Il s'agit de l'augmentation de la part du chômage des diplômés de l'enseignement supérieur qui est passé de 14% en 2005 à 22,9% en 2010.

À la suite d'une revue de la littérature sur la notion de biais technologique, nous tentons d'examiner les effets de la diffusion de technologies, à travers différents canaux<sup>10</sup>, sur la demande de la main-d'œuvre par qualification. L'étude proposée à ce niveau présente trois originalités. La première tient aux canaux de la diffusion des innovations technologiques. Plutôt que de considérer l'investissement direct étranger (IDE) et l'importation de technologies séparément, nous proposons

---

<sup>9</sup> La Tunisie est caractérisée par un chômage structurel avec un taux aux alentours de 14%.

<sup>10</sup> La littérature empirique relative à ce thème propose deux principaux canaux de la diffusion technologique dans les PED : importation des biens d'équipement (Robins, 1996 ; Mayer, 2001a ; Conte et Vivarelli, 2007) ; investissement direct étranger (Feenstra et Hanson, 1997 ; Maximin, 2003).

d'analyser conjointement les deux phénomènes. De façon plus précise, il s'agit d'étudier les interactions entre les différents canaux de la diffusion de technologies- y compris les activités d'innovations des entreprises locales- d'une part, et la demande de la main-d'œuvre par qualification, d'autre part. En fait, l'importation des technologies, les IDE et les activités d'innovation domestiques ne sont pas adoptées séparément mais sont souvent interdépendantes et complémentaires. Coe et Helpman (1995) ainsi que Coe et al. (1997) montrent à cet égard que les activités de R&D étrangère exercent une forte influence sur la productivité globale des facteurs lorsqu'elles interagissent avec la R&D domestique qui contribue à faciliter l'assimilation de la technologie étrangère et par suite à accélérer le processus de la diffusion des connaissances. Chehaider (2009) montre notamment qu'il existe une certaine interdépendance entre l'importation des biens d'équipement, les IDE et les activités de R&D des entreprises tunisiennes.

La deuxième originalité tient à la prise en compte des coûts d'ajustement ou d'adaptation (Borrego, 1998 ; Stankiewicz, 2004). Les coûts d'ajustement sont d'autant plus faibles que les marchés sont efficaces et flexibles, c'est-à-dire que les prix s'adaptent et que les barrières à la mobilité soient réduites. La souplesse du fonctionnement du marché du travail pourrait offrir aux entreprises la possibilité d'ajuster leurs effectifs en fonction des marchés et des changements technologiques ou d'organisation du travail. En revanche, selon de nombreux avis, en dépit des récentes réformes envisagées par les pouvoirs publics tunisiens, qui visent à introduire une certaine souplesse dans la législation sociale, à atténuer son caractère protecteur et à développer son aspect promotionnel des emplois et des revenus, les réglementations du travail (en particulier les procédures de licenciement) sont toujours rigides et trop protectrices<sup>11</sup> (Banque mondiale, 2004). Un tel système, fortement réglementé, peut être associé à des coûts d'ajustement trop élevés. Par conséquent, l'ignorance des coûts d'ajustement pourrait fausser les résultats d'un tel test empirique de la thèse du biais technologique. Dans cette thèse nous tenons compte de ce phénomène en introduisant un processus d'ajustement dynamique.

---

<sup>11</sup> À ce titre, Azaiez (2000) montre que la flexibilité, la vraie existe; les dernières modifications apportées au code du travail au début des années 1990 l'ont rendue plus palpable encore. La législation tunisienne du travail est très libérale dans son inspiration et très souple dans son interprétation, mais ce sont les comportements illogiques et les pratiques douteuses des partenaires sociaux qui font croire à l'existence de ces rigidités.



La troisième originalité tient à la nature de données utilisées. Une base de données originale, rassemblée en appariant de nombreuses sources, est explorée, en utilisant les modèles de panel dynamiques, pour étudier les effets de l'innovation technologique sur la demande de main-d'œuvre par qualification dans le secteur industriel tunisien.

Le **troisième objectif** de cette thèse est précisément de saisir l'importance de la diffusion des innovations technologiques à côté de la structure industrielle locale, mesurée par des indices de spécialisation, de diversité industrielle et de la concurrence, dans la croissance de l'emploi au sein des régions tunisiennes à partir d'un modèle empirique qui s'inspire de Glaeser et *al.* (1992) et de Henderson et *al.* (1995). À ce niveau, il est important de préciser qu'au sein de la littérature économétrique sur ce thème, on peut distinguer, comme le soulignent Massard et Riou (2002), deux grandes voies méthodologiques. La première consiste à estimer directement les effets des structures locales sur la croissance régionale (mesurée le plus souvent par la croissance de l'emploi) (Glaeser et *al.*, 1992 ; Henderson et *al.*, 1995 ; Catin et *al.*, 2007, Karray et Driss, 2009). La seconde voie consiste à estimer une fonction de production de connaissance au sein de laquelle les variables explicatives rendent compte des structures locales ou du caractère intra ou intersectoriel de flux de connaissance (Feldman, 1994 ; Audretsch et Feldman, 1996 ; Canelis, 1999, 2000). En revanche, l'analyse des liens entre innovation technologique et croissance régionale d'emplois semble globalement peu explorée.

Des contributions plus récentes de la littérature mettent en lumière l'idée que les innovations jouent un rôle incontestable dans l'évolution de l'organisation spatiale et des spécialisations (Boiscuvier, 2001). Selon la vision évolutionniste, cet effet spatial réside dans le fait que l'innovation relève de la combinaison de la découverte technique ou de l'invention et de la capacité organisationnelle et économique d'une collectivité de les mettre en valeur (Fontan et *al.*, 2004). Cresenzi (2005) en particulier avait montré que les activités d'innovation jouent un rôle important dans la détermination des différences de croissance régionale entre les pays de l'Union Européenne. En partant de cette hypothèse, ce travail propose de vérifier si la diffusion des innovations s'accompagne, voire provoque des créations ou des destructions d'emplois dans les régions innovatrices. L'originalité du modèle proposé vient du fait que, outre les variables qui caractérisent la structure industrielle, il

intègre les effets des innovations technologiques sur la croissance régionale de l'emploi.

Dans le sillage du troisième objectif, notre réflexion mobilise principalement deux champs de littérature. D'une part, les apports de la nouvelle économie géographique nous renseignent sur le rôle des externalités dynamiques dans la croissance régionale de l'emploi. D'autre part, la revue de la littérature concernant la géographie de l'innovation explique la concentration des activités innovantes par le caractère localisé des externalités de connaissances. Dans cette thèse, notre attention portera tout particulièrement sur la dimension territoriale de l'innovation : **les régions les plus innovantes sont-elles les plus créatrices d'emplois ?**

L'étude de cette question prend une dimension particulière en Tunisie. Ce pays se distingue par un déséquilibre structurel entre les régions littorales et les régions intérieures, un déséquilibre qui s'accroît à cause de l'exode rural vers les grandes villes et notamment la capitale Tunis. Cette inégalité spatiale se manifeste par une forte concentration de l'activité économique dans les régions côtières et par un écart entre les zones urbaines et rurales dans les domaines de la santé, de l'éducation et de l'accès à l'eau potable et à l'assainissement. En ce sens, nous tentons d'apprécier dans quelle mesure les structures industrielles de départ et les innovations localisées influent sur la croissance régionale. D'ailleurs, des travaux récemment réalisés sur la Tunisie ou sur les principales villes tunisiennes comme la métropole tunisoise ou la région du Nord-Est ont montré que la structure industrielle locale ainsi que les forces d'agglomération ont un effet significatif sur la croissance régionale en Tunisie (Kriaa et Montacer, 2009 ; Karray et Driss, 2009 ; Amara, 2010). Des résultats similaires ont été trouvés pour d'autres pays comme le Maroc (Catin et al., 2007), les Etats-Unis (Glaeser et al., 1992 ; Henderson et al., 1995) la France (Combes, 2000 ; Combes et al., 2004), l'Allemagne (Blien et al., 2006) et le Canada (Shearmur et Polèse, 2007).

La présente thèse s'articule en deux parties :

**La première partie** propose d'apporter des éclairages théoriques concernant l'impact de l'innovation technologique sur l'emploi. Dans le premier chapitre, nous présenterons les concepts fondamentaux de l'analyse économique standard de l'innovation et son adéquation avec les conceptions classiques « *technology push* »

versus « *demand pull* » (section 1). Dans une seconde section, nous aborderons les questions théoriques liées aux impacts du changement technique sur l'emploi. À cette occasion, après avoir présenté le point de vue des premiers économistes classiques, nous concentrons l'analyse sur la théorie de compensation qui accordait une place précise à la problématique innovation-emploi. Ensuite, à travers la présentation de quelques modèles théoriques, les contributions théoriques les plus notables des économistes néoclassiques seront mises en évidence.

Le deuxième chapitre propose d'étudier la problématique innovation-emploi dans une perspective évolutionniste. S'opposant au modèle linéaire et séquentiel de la théorie orthodoxe, soit la thèse de la « science push », selon laquelle les découvertes scientifiques coulent naturellement vers le marché et sont spontanément adoptées, dans les travaux évolutionnistes du changement technique initiés par Nelson et Winter (1982), l'innovation est considérée comme un processus non linéaire et interdépendant qui peut être créé à partir de différentes sources (non seulement à partir de la R&D), tant l'intérieur qu'à l'extérieur de l'entreprise (Kline et Rosenberg, 1986). L'innovation est alors analysée comme un processus cumulatif de résolution de problèmes qui impliquent différentes formes d'apprentissages (Dosi et *al.*, 1988). À cet égard, la théorie évolutionniste semble offrir une vision beaucoup plus ouverte des formes de processus innovatifs, vision qui semble approfondir la réflexion sur les mécanismes de destruction et de création d'emploi liés aux progrès techniques.

Au terme de ceux deux premiers chapitres, et sans viser une exhaustivité, notre modeste ambition est de proposer un cadrage théorique approfondi de la relation innovation technologique-emploi. Le troisième chapitre vient compléter les deux précédents en tenant compte de l'hétérogénéité du travail et en distinguant la main d'œuvre-qualifiée et la main-d'œuvre non qualifiée. L'objectif principal étant d'éclairer la notion de biais technologique en recourant aux enseignements de la théorie économique et en s'adossant sur des travaux empiriques récents. Après une courte présentation d'un certain nombre de faits stylisés relatifs à l'évolution des marchés du travail dans divers pays de l'OCDE, nous évoquons quelques arguments qui plaident en faveur l'hypothèse du progrès technique biaisé. En second lieu, notre analyse se focalise sur la représentation de quelques modèles théoriques, susceptibles de nous aider à mieux comprendre les mécanismes économiques intervenant dans l'augmentation des inégalités dans le salaire et face au chômage entre les différentes

catégories de la main-d'œuvre. Nous proposons par la suite de donner une vue d'ensemble, d'une manière non exhaustive et modeste, sur les différentes approches économétriques qui analysent les conséquences du progrès technique sur la demande de la main-d'œuvre qualifiée. La dernière section de ce chapitre se penche, plus particulièrement, à l'hypothèse de progrès technique biaisé dans le contexte des pays en développement.

**La deuxième partie** de la thèse propose un angle d'observation empirique de l'impact de l'innovation technologique sur l'emploi. Dans le quatrième chapitre, nous proposons une évaluation empirique de l'impact de la diffusion des innovations technologiques sur l'emploi industriel en Tunisie. Il s'agit de savoir si l'innovation technologique pourrait être un vecteur de création de nouveaux emplois au niveau des industries tunisiennes. Conscients que la Tunisie, à l'image de la majorité des PED, ne dispose toujours pas d'un système d'innovation opérationnel et bien structuré; l'absence de traditions de développement technologique au niveau des entreprises tunisiennes n'en est qu'une preuve parmi d'autres, nous proposons un modèle économétrique qui tient compte aussi bien de l'innovation locale, que de technologies étrangères. En outre, pour mettre en évidence les effets croisés entre les différents canaux de diffusion technologique, nous tentons d'évaluer les effets des variables d'interaction sur l'emploi des industries tunisiennes. Au-delà des relations d'interdépendance, l'introduction de ces termes en interaction permet de mesurer la capacité de l'économie tunisienne à absorber les technologies importées.

La difficulté principale sous-jacente à cette analyse empirique réside dans la disponibilité de données appropriées au niveau des secteurs industriels. A cet effet, nous mobilisons une base de données originale relatant le contexte industriel, le marché du travail et des indicateurs de l'innovation technologique. Cette base est obtenue en appariant de nombreuses sources. Les données sur les industries tunisiennes (valeur ajoutée, formation brute de capital fixe, importations des produits par groupement sectoriel, indice de prix, etc.) nous ont été fournies par l'Institut National de Statistique (INS). Celles sur l'emploi proviennent de l'Agence de Promotion de l'Industrie (API). Concernant les brevets, nous avons exploité la banque de données de l'Institut National de la Normalisation et de la Propriété Industrielle (INNORPI) qui est dépositaire des normes, brevets, marques de fabrique ou de commerce et dessins et modèles industriels protégés en Tunisie. S'agissant des

salaires, nous avons utilisé la base constituée par l'Institut d'Etudes Quantitatives (IEQ).

Le cinquième chapitre s'inscrit dans la même voie et s'intéresse aux conséquences de la diffusion de l'innovation technologique sur la demande de la main-d'œuvre par qualification. Dans une première étape, nous proposons une analyse de l'évolution de différentes catégories d'emploi au niveau de secteur industriel tunisien. Cette analyse souligne, d'une part, que le rapport entre le nombre de travailleurs qualifiés et le nombre de travailleurs sans qualifications avait augmenté. D'autre part, elle montre que les changements dans la structure de l'emploi en faveur des travailleurs qualifiés sont dominés par une mobilité intra-branche plutôt que par une mobilité inter-branche. Ce double constat, nous appelle, par la suite, à proposer un modèle économétrique afin de tester l'hypothèse de biais technologique au niveau du secteur industriel tunisien.

À l'encontre des ces deux premiers essais empiriques, où on ne tient pas compte du contexte territorial du processus d'innovation, nous essayons dans le sixième chapitre de la partie empirique d'intégrer cette dimension spatiale (localisation géographique) dans l'analyse de la relation innovation-emploi. L'objectif de ce dernier chapitre consiste à étudier, dans une première étape, la concentration industrielle de chaque secteur entre les différents gouvernorats de la Tunisie entre les deux dates 2004 et 2008. Nos résultats empiriques montrent que le paysage industriel tunisien se caractérise par une forte concentration des activités industrielles dans les régions de Grand Tunis, de Centre Est et du Nord Est. Néanmoins, progressivement, un redéploiement sectoriel et géographique, même si faible, de l'appareil productif tend à s'opérer. Nous menons par la suite une analyse économétrique dont l'objectif de mettre à l'épreuve les liens entre la diffusion des innovations technologiques et la croissance régionale des emplois.

## **PREMIÈRE PARTIE**

**INNOVATIONS TECHNOLOGIQUES ET EMPLOI  
INDUSTRIEL: VERS UNE THEORIE GLOBALE DE L'IMPACT  
DE L'INNOVATION SUR L'EMPLOI**



### **DIFFUSION DES INNOVATIONS TECHNOLOGIQUES ET EMPLOI : APPORTS DE LA THEORIE ECONOMIQUE STANDARD**

---

La peur du progrès technique n'est pas nouvelle. « *La peur du progrès technique n'a pas d'âge* » écrivaient Lorenzi et Bourlès (1995, p.VII). Elle semble inhérente à l'homme, quelle que soit la société, quelle que soit l'époque considérée. La question de la relation entre le changement technique et l'emploi est une question ancienne. Depuis Ricardo, les effets du progrès technique sur l'emploi préoccupent l'analyse économique. En fait, il y'a eu plusieurs étapes dans l'évolution de la pensée économique sur ce sujet. Dans ce premier chapitre, nous commençons par présenter les arguments théoriques, avancés par la théorie orthodoxe, liés à la question des relations progrès technique-emploi.

Au sein de la théorie économique standard, le débat démarre avec l'Ecole Classique. Les économistes classiques, comme le soulignent Lorenzi et Bourlès (1995), ont apporté une grande clarification dans le débat, en introduisant la notion de mécanisme compensateur résultant de l'introduction de nouvelles technologies qui, en fin de parcours donc dans le long terme, seraient positives pour l'économie au sens global du terme. Les néoclassiques se sont, plutôt, préoccupées des effets du changement technologique dans les modèles macroéconomiques à court terme (Neary, 1981, Sinclair, 1981 ; Stoneman, 1983).

Ce chapitre s'organise alors de la manière suivante : Dans une première section, nous présenterons les concepts fondamentaux de l'analyse économique standard de l'innovation et son adéquation avec les conceptions classiques

« *technology push* » versus « *demand pull* ». Dans une seconde section, nous aborderons les questions théoriques liées aux impacts du changement technique sur l'emploi. À cette occasion, après avoir présenté le point de vue des premiers économistes classiques, nous concentrons l'analyse sur la théorie de compensation qui accordait une place précise à la problématique innovation-emploi. Ensuite, en revanche, à travers la présentation de quelques modèles théoriques, notre attention se



portera sur les travaux d'économistes néoclassiques. Chez les économistes dont il sera question, le progrès technique est défini comme « *une manne tombée du ciel* ». Le progrès technique, parfaitement homogène, est incorporé aux machines au fur et à mesure qu'il apparaît.

## **1. Les analyses « orthodoxes » de l'innovation**

Dans cette première section, nous allons d'abord commencer par mettre en place un ensemble de définitions de base concernant le processus d'innovation. Nous allons préciser, ensuite, le rôle de la technologie et de la demande dans l'incitation au changement technique.

### **1.1. Les définitions « conventionnelles » de l'innovation**

L'innovation est souvent définie par le marché d'une nouvelle technologie offrant aux consommateurs des services objectivement nouveaux ou améliorés. Joseph Schumpeter définit l'innovation comme l'exécution de nouvelles combinaisons de moyens de production. Schumpeter distingue 5 types d'innovation : 1) La création de nouveaux produits. 2) L'introduction de nouvelles méthodes de production. 3) La création de nouvelles formes d'organisation industrielle. 4) Le développement de nouvelles ressources. 5) L'ouverture de nouveaux marchés (Schumpeter, 1911, p.95). Cette définition conduit Schumpeter à établir une distinction entre invention et innovation : « *La réalisation d'une invention et la mise en pratique de l'innovation correspondante sont, économiquement et sociologiquement, deux choses entièrement différentes* » (Schumpeter, 1939, pp. 85). L'innovation, c'est la mise en exploitation d'une invention. Elle ne peut donc se confondre avec celle-ci. Elle s'intègre dans un processus qualifié en 1942 de « *destruction créatrice* ». C'est ce processus de *destruction* qui « *révolutionne incessamment de l'intérieur la structure économique* » en écartant régulièrement les structures vieilles au profit d'éléments neufs.

Bien que toujours intéressantes, les classes d'innovations de Schumpeter, impliquent une dimension d'analyse très large. C'est pourquoi, une distinction est habituellement opérée entre les innovations des produits et les innovations des procédés. Selon les définitions proposées par le *Manuel d'Oslo* OCDE (1997): « *On entend par innovation technologique de produit la mise au point/commercialisation d'un produit plus performant dans le but de fournir au consommateur des services objectivement nouveaux ou améliorés. Par innovation technologique de procédé, on*

*entend la mise au point/adoption de méthodes de production ou de distribution nouvelles ou notablement améliorées. Elle peut faire intervenir des changements affectant – séparément ou simultanément – les matériels, les ressources humaines ou les méthodes de travail »* (pp.9). Par rapport à ces définitions, Gaffard (1990), constate qu'une innovation de produit au niveau de la firme peut constituer une innovation de processus au niveau du secteur, de même qu'une innovation de processus pour la firme peut être une innovation de produit à l'échelle du secteur.

Dans la littérature économique, On trouve également une classification alternative des innovations : celle des innovations radicales (ou majeures) et innovations incrémentales (mineures). Cette distinction est déjà présente dans les écrits de Schumpeter (1939): « *we observe that major innovation and also minor ones entail construction of new plant (and equipment) – or the rebuilding of old plant* » (pp.93). Une innovation est dite radicale lorsque caractéristiques technologiques ou les utilisations prévues présentent des différences significatives par rapport à ceux produits antérieurement. De telles innovations peuvent reposer sur des technologies nouvelles, ou sur l'association de technologies existantes dans de nouvelles applications. Par contre une innovation est dite incrémentale lorsqu'il s'agit d'une amélioration des performances d'un produit ou procédé déjà existant (OCDE, 1997) L'innovation incrémentale peut elle-même prendre deux formes : (i) l'amélioration des performances ou l'abaissement du coût de production d'un « *produit simple* » grâce à l'utilisation de composants ou de matériaux plus performants, et (ii) l'amélioration d'un « *produit complexe* » composé de plusieurs sous-systèmes techniques intégrés, à travers des modifications partielles apportées à l'un de ces sous-systèmes (Boyer et Didier, 1998).

Néanmoins, la distinction entre innovation radicale et innovation incrémentale ne manque pas d'ambiguïté. A cet effet, Rosenbloom et Christensen (1998) proposent une définition alternative de l'innovation radicale articulée autour de la notion de discontinuité : « *Une innovation est radicale quand elle introduit une discontinuité dans la manière dont la performance est évaluée. Les innovations radicales perturbent l'avance technologique des trajectoires établies, contrairement aux innovations incrémentales qui les renforcent et les élargissent* » (pp.219).

## **1.2. L'origine de l'innovation et le débat « technology push » versus « demand pull »**

Cette section se propose de présenter les principaux facteurs, discutés dans la littérature économique standard, et qui interviennent dans l'impulsion de l'innovation : la technologie et la demande de marché.

### **1.2.1. L'innovation poussée par la technologie et les opportunités technologiques**

En 1945, le célèbre rapport<sup>12</sup>, remis par Vannevar Bush au Président Franklin Roosevelt, constitue un texte fondateur de la politique de la science et des théories « technology push ». Bush récapitule ce rapport au Président avec le commentaire :

*« The pionner spirit is still vigorous within this Nation. Science offers a largely unexplored hinterland for the pionner who has the tools for his task. The rewards of such exploration both the Nation and the individual are great. Scienific progress is one essential key to our security as a nation, to our better health, to more jobs, to a higher standard of living, and to our cultural progress »<sup>13</sup>.*

Le rapport propose un modèle linéaire pour le processus d'innovation. La recherche fondamentale, financée par l'Etat, s'effectue dans les universités ; elle est imprévisible et doit être libre. Cette recherche fondamentale permet de découvrir les lois de la nature favorisant l'invention des nouvelles techniques et de nouveaux produits. Ces inventions se traduisent par le développement de la compétitivité des entreprises, qui assurent le plein emploi et donc une meilleure vie pour tous. Le modèle linéaire d'innovation met l'accent sur la qualité de la recherche comme déterminant de son utilisation par les entreprises. Il repose sur le postulat que la recherche de qualité sera automatiquement et rapidement appropriée et utilisée par les entreprises. Dans ce contexte, le rôle des gouvernements est limité au financement de la recherche.

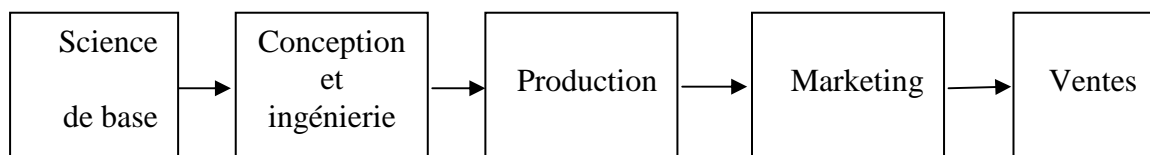
---

<sup>12</sup> Report of the Committee on science and Public Welfare intitulé « *science the Endless frontier* ».

<sup>13</sup> cité par Steinmueller (1994), « Industrial Innovation: Success, Strategy, Tends », in Rothwell R. et Dodgson M. (eds) *The Handbook of Industrial Innovation*, Edward Elgar, pp. 55.

Traditionnellement, les auteurs proposent un découpage détaillé de processus d'innovation. En étudiant les innovations réalisées par des entreprises de différentes tailles et secteurs, Kamin et al. (1982) ont découpé le processus d'innovation en quatre phases. Il commence par une phase de recherche, incluant les prototypes de laboratoires et les procédures de base de pilote ou les bancs d'essai. Cette phase est suivie d'une phase de transition vers le produit ou le procédé industriel incluant les préparations de la production industrielle, les prototypes industriels, les pilotes et les activités à l'échelle industrielle. Vient ensuite la conception, la construction et le démarrage de la production industrielle. Le processus s'achève par le lancement commercial de nouveau produit sur le marché.

Selon Rothwell (1994), « la première génération » des modèles d'innovation dit « *technology- push model* », comme le montre la figure suivante se compose de cinq étapes.



Source : Rothwell (1994, pp.41)

Le modèle décrit par Rothwell suppose que le processus d'innovation se compose de cinq étapes qui s'enchaînent linéairement. Les découvertes scientifiques par la recherche fondamentale débouchent sur des activités de développement technologique et de production réalisés dans les entreprises et le lancement commercial de nouveaux produits sur le marché. « *This was a simple linear model that assumed a stepwise progression from scientific discovery through applied research to technological development and production activities in firms, leading to a stream of new products into marketplace* » ( Rothwell, 1994, pp.40). La recherche fondamentale est généralement dédiée à la production de nouvelles connaissances (Mansfield, 1971). Ce type de recherche est financée par l'Etat et réalisée par des institutions de « *types universitaires* » (Patel et Pavitt, 1995). En revanche, la recherche appliquée implique des activités dans lesquelles l'objectif peut souvent être fixé à l'avance et elle est de valeur pratique ou commerciale. Elle est censée avoir une rentabilité spécifique (Mansfield, 1971). Généralement, la recherche appliquée est réalisée et financée par les entreprises (Patel et Pavitt, 1995).

Jusqu'à le début des années 60, l'innovation était principalement considérée comme une affaire de « science push ». C'était la science qui était considérée comme essentielle et fondamentale pour la chaîne de l'innovation. La science, selon les mots de Bush, était une frontière sans fin, une source jamais tarie des choses nouvelles, armes pour militaires aussi bien que produits pour le consommateur. Bien que s'inspirant initialement de la séquence schumpétérienne *invention – innovation – diffusion*, et même s'il est souvent évoqué dans la littérature théorique économique, consacrée à la modélisation des processus d'innovation, le modèle linéaire d'innovation ne repose pas sur un cadre théorique clairement établi. En effet, il est principalement utilisé comme une heuristique, une conception « implicite », plutôt qu'une théorie ayant fait l'objet de propositions, de discussions et de révisions ultérieures en fonction des retours d'expériences de son application. Ces propriétés expliquent pour une grande part la longévité de ce modèle.

### **1.2.2. La demande comme facteur de l'innovation**

La controverse principale de tenants du *demand pull* était que, ce n'est pas la science qui pousse l'innovation mais le marché – en d'autres termes la demande – qui incite et explique l'innovation. Les demandes du marché sont prises en compte par un entrepreneur, un inventeur voire une entreprise qui cherchent des solutions innovantes pour y répondre. Schmookler (1966) a été un pionnier de l'analyse des déterminants de l'inventivité et sa pensée a eu une influence profonde sur les études ultérieures. Dans son ouvrage *Invention and Economic Growth*, Schmookler (1966) soutient que la demande et la croissance de la demande dans les différentes industries déterminent le nombre d'inventions en biens de capitaux destinées à ces industries en tant qu'utilisateurs : « *From a broader point of view, demand induces the inventions that satisfy it* » (Schmookler, 1966, pp.184)

Deux prémisses fondent l'analyse de Schmookler. La première stipule que les capacités d'innovation sont largement répandues au sein des entreprises et que ces dernières s'adaptent à des opportunités de profit émanant du marché. La seconde renvoie à l'étendue du marché : plus la taille de celui-ci est grande, plus l'innovation est intense. La thèse principale défendue par Schmookler montre que les équipements issus des innovations dans les industries d'origine ont tendance à être adoptés ensuite dans les industries où la demande est plus élevée. L'idée de base des modèles

« demand pull » n'est pas de prendre en compte la demande comme le seul déterminant de l'innovation mais de rétablir un équilibre entre le flux exogène d'inventions considéré comme le seul moteur de l'investissement et de l'activité économique dans les modèles « technology push » et les besoins du marché. Schmookler utilise l'image des deux lames d'une paire de ciseaux pour rendre compte de l'interaction entre ces deux éléments.



Source : Rothwell (1994, p.41)

Par la suite, plusieurs études ont voulu tester les hypothèses de Schmookler. En distinguant la nature de l'invention correspondante (processus interne, bien d'équipement, matériaux), l'industrie d'origine de l'invention et les industries d'utilisation, Scherer (1982) a pu déceler l'origine de tous les brevets (plus de 15000) utilisés par un échantillon de 443 entreprises américaines sur une période d'un an. L'analyse de Scherer (1982) montre que les hypothèses de Schmookler (1966) concernant le rôle déterminant de la demande sur la production inventive ne sont validées que partiellement lorsque l'on considère tous les secteurs de l'industrie manufacturière et que les brevets de matériaux industriels font l'objet d'analyse. La corrélation entre, d'une part, les brevets utilisés par une industrie d'utilisation, portant sur des biens d'équipement produits dans une industrie d'origine et, d'autre part, les investissements (pris comme indicateurs de demande) réalisés par les industries d'utilisation, est assez forte. Dulude (1982), lui aussi, a testé l'hypothèse de Schmookler dans le cas de quatre industries canadiennes (la machinerie, les produits chimiques, la fabrication de produits métalliques et les instruments scientifiques et professionnels). En analysant les brevets émis au Canada en 1978, l'auteur montre que l'hypothèse de Schmookler de l'attrait de la demande sur l'invention n'est valable que pour l'industrie de la machinerie. Les résultats suggèrent qu'un grand nombre d'industries bénéficient d'un approvisionnement externe en technologie en provenance d'un nombre restreint d'industries.

Kleinknecht et Verspagen (1990) ont essayé de reconsidérer la thèse de Schmookler en réexaminant la même base de données pour déterminer le sens de la causalité entre les indicateurs de la demande et ceux de l'innovation. En réexaminant les corrélations entre investissements et brevets, estimées par Schmookler, les auteurs remarquent que ces corrélations étaient très fortes et expliquent cela par la non prise en considération de l'effet taille des secteurs. En procédant à une correction de cet effet, les hypothèses de Schmookler n'ont pas pu être vérifiées sur sa propre base de données. Kleinknecht et Verspagen (1990) ont testé, ensuite, les hypothèses Schmookler dans l'industrie manufacturière hollandaise. Les auteurs concluent que la réalité empirique des hypothèses de type « Technology-Push » est aussi forte que celles de type « Demand-Pull ».

Par ailleurs, Rosenberg (1974) a souligné que la théorie des opportunités de marché ne représentait qu'un des deux éléments explicatifs de la production de l'innovation. Rosenberg (1974) avance que le modèle de l'inventivité basée sur les opportunités de marché n'est valable qu'à la condition que l'élasticité de l'offre d'inventions soit infinie pour toute industrie à un coût constant et qu'au contraire le modèle de l'inventivité basée sur les opportunités scientifiques n'est valable qu'à la condition que l'élasticité demande d'inventions soit infinie à un prix constant dans toute industrie. Il en conclut que chaque modèle apporte un élément important dans l'explication de l'inventivité mais qu'aucun modèle ne peut prétendre s'appliquer en toute période, dans tout pays et pour toute industrie.

En guise de conclusion, le modèle linéaire de l'innovation nous apparaît être une simplification excessive d'un processus beaucoup plus complexe qu'est le changement technique. Afin de cerner au mieux la complexité de la réalité du processus d'innovation et ses effets sur l'emploi nous serons conduits dans le deuxième chapitre à remettre en question cette image linéaire du changement technique et à opter pour une représentation fondée sur les interactions.

## **2. La théorie économique standard et le débat innovation-emploi<sup>14</sup>**

L'innovation technologique est-elle créatrice ou destructrice d'emplois ? Sur cette question les avis sont partagés. Il serait bien sûr impossible d'aborder l'ensemble de la littérature ayant traité la question. Néanmoins, nous nous concentrons sur la théorie de compensation. Cette théorie se décompose des différents mécanismes de compensation qui sont déclenchés par le changement technologique et qui peuvent équilibrer l'effet destructif de l'innovation de procédés. Notre choix s'explique par le fait, que les économistes partisans de cette théorie sont ceux qui ont fait de cette question l'un des éléments principaux de leur réflexion.

### **2.1. Les premiers classiques: SMITH, RICARDO, SCHUMPETER**

Nous allons maintenant proposer une relecture de la théorie de compensation. Pour des besoins d'analyse, nous rappelons, dans un premier temps et de manière synthétique, les traits saillants des économistes classiques, fondateurs de cette théorie. Nous mettons, ensuite, en avant les apports des théoriciens contemporains. Dans ce cadre d'analyse, nous relierons les différentes prédictions théoriques aux principaux résultats de la littérature empirique.

#### **2.1.1. Adam Smith et la notion de division du travail**

Si le but principal de son ouvrage « *Richesse des Nations* » (1776) est clairement expliqué la prospérité des pays, de découvrir d'où vient ce fait que les pays croissent à un rythme très différent les uns des autres, de manière à proposer la politique la plus appropriée pour s'engager. Adam Smith (1723,1790) peut être considéré le premier à avoir développé un argumentaire qui pourrait être assimilé à une première théorie de la compensation. L'originalité d'Adam Smith est de donner une importance primordiale à la division du travail. En donnant l'exemple de la

---

<sup>14</sup> Cette partie repose sur les contributions suivantes :

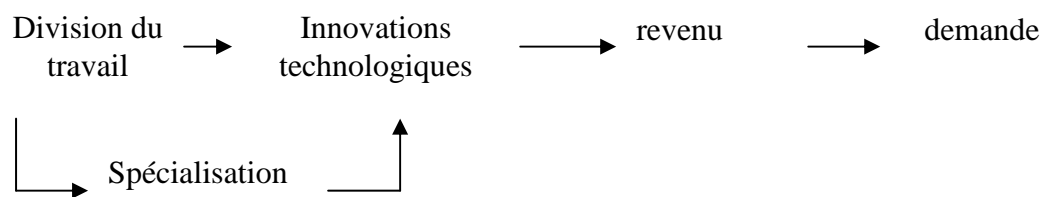
Saafi S. (2008), « Diffusion des innovations technologiques, emploi et théorie de compensation », *Cahiers du LAB-RII*, doc n° 184.

Saafi S. et Sboui F. (2011), « Conséquences de la diffusion des innovations technologiques sur l'emploi industriel en Tunisie : Une analyse par les données de panel », *Revue d'Économie Industrielle*, à paraître.



fabrique d'épingle, il montre que la division du travail permet d'accroître énormément la quantité des biens produits. D'où vient ce gain de productivité? Smith distingue trois raisons à la supériorité de la division du travail : 1) l'accroissement d'habileté de chaque travailleur pris isolément ; 2) le gain du temps sur le passage d'une activité à une autre ; 3) l'invention d'un grand nombre des machines qui facilitent et abrègent le travail. Ainsi, Adam Smith note que ces inventions de machines sont elles-mêmes liées à la division du travail, la majorité des inventions de l'époque étant, selon lui, réalisées par des simples ouvriers qui cherchent à faciliter leur propre travail. Il observe toutefois, à mesure que la fabrication de machines devient une industrie particulière, l'apparition des spécialistes : des « savants » ou « théoriciens », auxquels on doit une proportion croissante des inventions.

Modèle de croissance de long terme d'Adam Smith



Source : Le Bas (1995, p.8)

Adam Smith avance, ainsi, que l'apparition d'une branche particulière de l'industrie consacrée à la production de machine ne crée pas que des emplois d'inventeurs, mais aussi de nombreux emplois d'ouvriers. Dans la construction de Smith, c'est l'échange, qui pousse l'entrepreneur (l'artisan ou l'homme de métier, dans la terminologie smithienne) à développer la division du travail et la spécialisation et par là, l'apparition des innovations technologiques.

### 2.1.2 Ricardo, une opinion optimiste nuancée

D. Ricardo (1772-1823) est l'un des, économistes classiques, celui qui fait le plus de référence, directement ou indirectement, aux conséquences du progrès technique sur l'emploi. Dans ses premiers écrits, Ricardo considère à la suite d'Adam Smith que la demande de travail est toujours suffisante si l'épargne l'est aussi. Dans un premier temps Ricardo avait une opinion relativement positive de l'utilisation des

machines. Il montre que, dans le cas d'une augmentation des salaires, l'introduction d'une machine permet, en utilisant une moindre quantité de travail, de maintenir le coût de production de la marchandise ainsi que le prix. Le manufacturier qui fait recours à cette machine ne peut de conserver de façon durable un taux de profit supérieur au taux normal et par conséquent diminue son prix. Donc, l'utilisation de machines peut être bénéficiée au consommateur. Dans la vision originale de Ricardo bénéficie ainsi à toutes les classes – propriétaires fonciers, capitalistes, travailleurs-mêmes si ces derniers, à cause de la loi d'airain des salaires, n'en retirent qu'un bénéfice limité dans le temps. La demande de travail ne doit pas diminuer. Même si la demande et la production de la marchandise n'augmente pas dans la même proportion que la productivité, le capital libéré trouve forcément à s'employer dans la production d'autres biens ce qui permet de réembaucher les travailleurs privés dans leur emploi.

Mais là n'est pas le fond de la réflexion de Ricardo qu'on retrouve dans le chapitre « *Des machines* » dans son ouvrage « *Des principes de l'Economie Politique et de l'Impôt* » (publié en 1821). En effet, il présente des applications numériques qui mettent en lumière une idée simple : seul le capital circulant correspond à une demande de travail pour la main-d'œuvre disponible. Si le rapport capital fixe/capital circulant reste constant, l'accroissement de l'ensemble du stock de capital va évidemment accroître la demande de travail. En revanche, si ce rapport augmente, ceci aura évidemment un effet négatif sur la croissance ou même le maintien de cette demande de travail. Ricardo prend l'exemple d'un capitaliste exerçant à la fois une activité de fermier et de manufacturier et employant des ouvriers qui consomment une partie de leur propre production, le reste l'étant par le capitaliste. L'introduction d'une machine, construite par une partie des ouvriers n'affecte pas l'emploi dans la première année, mais il montre que, pour l'année suivante, le capital total a augmenté du montant du profit, mais que la répartition capital fixe/capital circulant s'est modifiée de telle sorte que ce dernier, c'est-à-dire les moyens pour employer du travail, se sont réduits. Dans cet exemple, Ricardo montre que le capital total ne varie pas mais sa composition est modifiée : il y'a désormais plus de capital technique et moins de capital salarial car celui-ci est amputé de la valeur de la machine. C'est ce raisonnement que Ricardo adopte dans le chapitre sur les machines.

L'exemple numérique donné par Ricardo compare, en fait, deux états dont faisait justement remarquer que le second n'est pas un état d'équilibre définitif. Dans son *Histoire de l'analyse économique*, Schumpeter<sup>15</sup> signalait également que dans ce chapitre que Ricardo raisonne en termes de travail incarné mais franchit sans arrêt la frontière qui sépare cette position de l'analyse en termes de marchandise.

### 2.1.3. Schumpeter et le processus de destruction créatrice

La théorie schumpétérienne marque, à bien des égards, un tournant dans l'analyse du rapport entre progrès technique et emploi. J.A. Schumpeter (1883-1950) va en effet analyser le problème sous un angle entièrement différent. Les économistes classiques ont adopté un raisonnement macro-économique avec une question centrale : les mécanismes de compensation éliminent-elles les suppressions d'emplois liées à la substitution du capital au travail ? Schumpeter va sortir de cette problématique en cherchant avant tout à expliquer l'évolution économique et son caractère saccadé (les cycles économiques). Pour Schumpeter, l'évolution économique ne peut venir d'une modification quantitative (comme la hausse de la population ou du capital).

Ainsi, il montre au terme de son analyse que le facteur déterminant entraînant l'évolution économique est l'innovation, au moins les innovations majeures<sup>16</sup>. Conduite par l'entrepreneur, l'innovation modifie les structures de production existantes, crée la nouveauté en perturbant les équilibres des marchés et change en profondeur l'économie et la société tout entière.

Schumpeter soutient la thèse que « *la marche de l'évolution ne se produit-elle pas continûment, mais par à coup..., c'est exclusivement parce que l'exécution de nouvelles combinaisons n'est pas également répartie dans le temps* » (pp.313)<sup>17</sup>. Par conséquent, le décollage économique qu'elle provoque se produit nécessairement sous une forme cyclique, et ces fluctuations, loin de signifier une pathologie du système économique, constituent plutôt la réponse normale de l'économie à l'absorption de la nouveauté. La phase d'expansion s'explique par l'apparition en grappe de nouvelles combinaisons permettant la hausse des salaires, des taux d'intérêt ainsi que la baisse

---

<sup>15</sup> Schumpeter J. (1954), *Histoire de l'analyse économique*, tome 1, Gallimard,

<sup>16</sup> Dans sa *Théorie de l'évolution économique* (publié en 1912), Schumpeter parle de « *révolutions productives* » (pp.313)

<sup>17</sup> ibd, pp.329.

du chômage. Le mécanisme de compensation est, ainsi, inscrit dans la vision schumpétérienne, bien qu'il soit présenté différemment. C'est un processus de la destruction créatrice. Le progrès technique engendre des occasions de profit, donc des opportunités d'investissement, qui lorsqu'elles sont saisies par les entreprises, se transforment en emplois. Certes, les investissements nouveaux dévalorisent les équipements préexistants et les emplois attachés, en revanche ils en créent tout à côté. L'innovation ne crée pas forcément d'emploi là où elle est réalisée. Mais, on peut considérer implicitement que l'innovation crée des emplois par la dynamique économique qu'elle engendre.

## **2.2. Théorie de compensation et propositions empiriques vérifiables**

Depuis la première moitié du XIX<sup>ème</sup> siècle, des économistes proposent une théorie dite « théorie de compensation » : le progrès technologique détruit des emplois à court terme (effet de remplacement), mais en crée à moyen et à long terme (effet de compensation). En raison des gains de productivité qu'il permet, le progrès technique est souvent accusé de créer du chômage. La première correction que les économistes apportaient à l'opinion populaire est la démonstration qu'il existait un certain nombre d'effets compensateurs.

### **2.2.1. Les mécanismes de compensation**

Au risque d'une simplification abusive, la littérature économique identifie six mécanismes de compensation (Vivarelli, 1995, 2007 ; Simonetti *et al.*, 2000).

#### **2.2.1.1. Le mécanisme de compensation « via les nouvelles machines »**

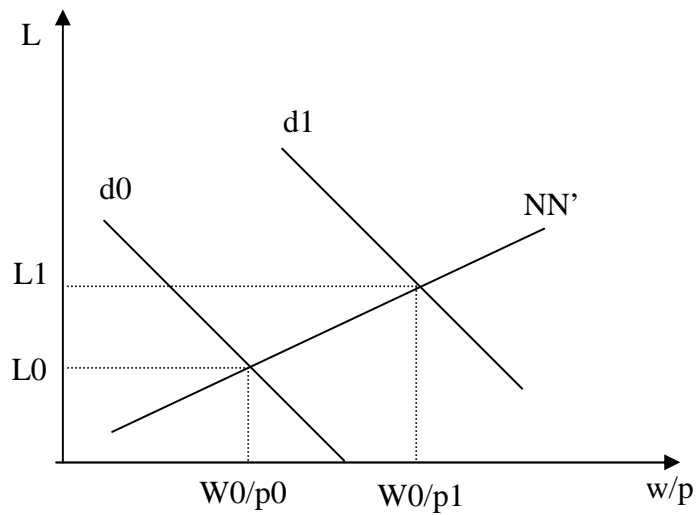
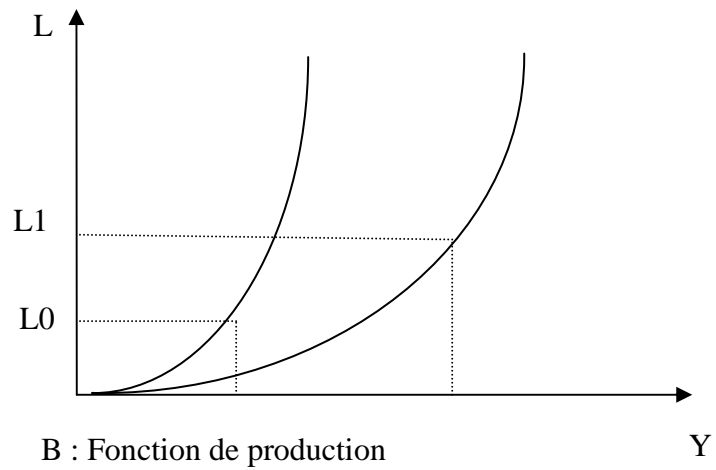
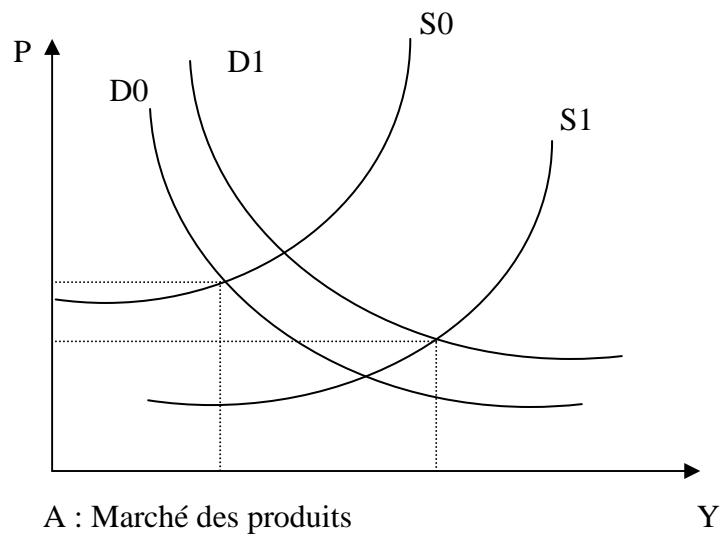
Il est plus fréquent que les emplois détruits dans le secteur innovant (le secteur utilisateur des innovations de procédés) soient remplacés par des emplois créés dans d'autres secteurs (les secteurs où les innovations sont produites). Il va y avoir une « compensation » d'un secteur à un autre de l'économie (Say, 1767-1832). Stuart (1806-1873) avait aussi donné une interprétation assez précise de la manière dont la mécanisation pouvait conduire à un chômage temporaire, compensé dans le long terme par la croissance de l'emploi liée à la fois aux secteurs de production des machines et à l'effet de compensation dû à la croissance de la production liée à la baisse des prix. Concernant le mécanisme de compensation « via les nouvelles machines », comme rappelle Sauvy (1980), trois arguments ont été donnés par les

économistes classiques. Premièrement, il faut des ouvriers pour produire des machines. Deuxièmement, il y a extension du marché et la consommation du produit ainsi fabriqué dans des conditions plus efficaces s'élève parce qu'il y a baisse des prix. Troisièmement, il y a apparition de nouvelles activités répondant à des besoins nouveaux.

#### **2.2.1.2. Le mécanisme de compensation « via la diminution des prix »**

D'une part l'utilisation des innovations de procédés fait réduire le nombre d'employés, d'autre part, ces innovations eux-mêmes devraient réduire le coût unitaire de production. Dans un marché compétitif, cet effet se traduit par une diminution des prix. Les prix décroissants stimulent une nouvelle demande adressée à l'entreprise innovante ou à d'autres entreprises et donc une augmentation de la production et des nouveaux emplois sont créés. L'accroissement de la demande est à long terme créateur d'emplois. La figure (1.1) nous aide à comprendre les conséquences en termes d'emplois de la diffusion des innovations technologiques. Comme il apparaît dans la figure, la diffusion des innovations technologiques déplace les courbes des fonctions dans les trois secteurs. Pour un même niveau de prix, l'offre de produits augmente. La courbe (S0) se déplace vers le bas (S1). Pour une même quantité de travail la production sera plus élevée (déplacement de la courbe de la fonction de production vers le bas (courbe B). Pour un même salaire réel, la demande de travail par les producteurs augmente, étant donné que la productivité marginale de travail augmente. La courbe de la demande des emplois se déplace vers le haut (courbe C).

**Figure 1. 1 : Le mécanisme de compensation « via la diminution des prix »**



Source : auteur inspiré de Stoneman (1983)

En cas de flexibilité des prix, une diminution des prix peut augmenter la demande sur le marché de produit. La courbe de la demande se déplace vers le haut (D1). L'équilibre sur le marché de l'emploi peut être atteint au point E avec un prix,  $p_1$  est inférieur à  $p_0$  et un salaire réel plus élevé. Le mécanisme de compensation « via la diminution des prix » a été reproposé plusieurs fois dans l'histoire de la pensée économique. Ce mécanisme de compensation a été proposé par les économistes néoclassiques (Clark, 1907 ; Pigou, 1962) et ensuite développé par les théoriciens (Neary, 1981 ; Stoneman, 1983). Pour sa part, Vivarrel (1995), a développé un modèle pour examiner les mécanismes de compensation aux Etats-Unis et en Italie. En considérant les heures totales de travail dans le système économique comme variable pour l'emploi, il a constaté le bon fonctionnement de mécanisme « via la diminution de prix » aux Etats-Unis.

### **2.2.1.3. Le mécanisme de compensation « via les nouveaux investissements »**

Proposée par Ricardo avec les réserves que l'on sait, le mécanisme de compensation « via les nouveaux investissements » est discuté par les néoclassiques (Marshall, 1961 ; Douglas, 1930) et par les modèles dynamiques relativement récents (Hicks, 1973 ; Stoneman, 1983). L'une des conséquences du changement technologique est la diminution des coûts. Cette diminution engendre une chute dans les prix et par la suite un profit supplémentaire qui peut être accumulé par les entrepreneurs innovateurs. Ces bénéfices peuvent être réinvestis, donc là encore, d'augmenter la production, donc plus d'emploi. Plus récemment, cet argument a été démontré au niveau microéconomique par Van Reenen (1997). En combinant les données de brevets (US patent) issues de la base SPRU, et les données d'innovations recueilli d'un échantillon de 598 entreprises britanniques (il distingue entre deux types d'innovations à savoir les innovations produites et celles utilisées), Van Reenen, étudie l'impact des innovations sur l'emploi pour la période (1976-1982). Il montre, par le biais de l'estimation d'une fonction de production de type CES (à élasticité de substitution constante) que, les innovations des années passées stimulent la création de nouveaux emplois. En d'autres termes, à travers la technique des variables retardées, Van Reenen trouve que les innovations de produits jouent un rôle important dans l'évolution de l'emploi.

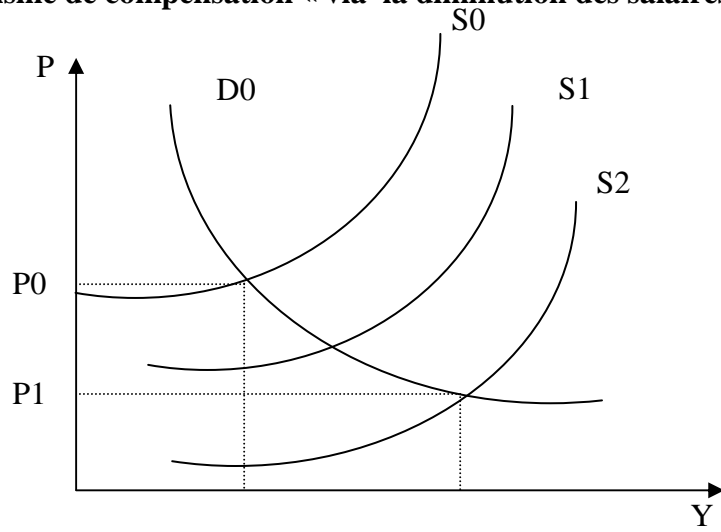
#### **2.2.1.4. Le mécanisme de compensation « via la diminution des salaires »**

L'effet direct (destruction d'emplois) de l'innovation peut être compensé par un ajustement des salaires dans le marché du travail. Une réduction des salaires favorise l'augmentation de la demande d'employés (figure 1.2). Suite à une diminution du salaire nominal  $w$ , la courbe d'offre des produits se déplace donc encore vers la droite (courbe  $S_2$ ). Les producteurs sont prêts à produire plus au même prix vu la baisse des salaires nominaux. D'où une nouvelle baisse des prix  $p$ , une hausse de la production et de l'emploi. Tant que l'équilibre n'est pas atteint- tant qu'il y a chômage-, les salaires nominaux baisseront. L'équilibre ( $y_1, p_1, w_1/p_1$ ) est un équilibre de plein emploi avec  $p_1$  inférieur à  $p_0$  et salaires réels plus élevés.

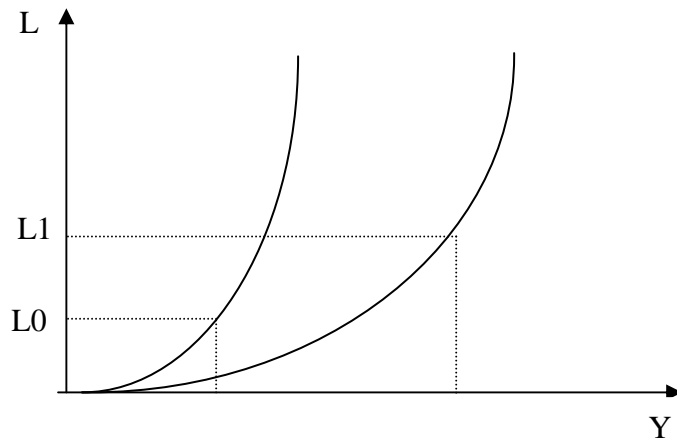
Le mécanisme de compensation « via la diminution des salaires » a été proposé par Hicks (1932). Plus tard, cet argument a été développé dans les modèles d'équilibre partiel (Neary, 1981 ; Sinclair, 1981). Un certain nombre d'essais empiriques (Layard et Nickell, 1985 ; Nickell et Kong, 1989 ; Layard et al., 1991, 1994) ont montré que, parmi les mécanismes, qui ont éliminé la possibilité de l'existence d'un chômage technologique dans l'Angleterre, est le mécanisme de compensation « via la diminution des salaires ».



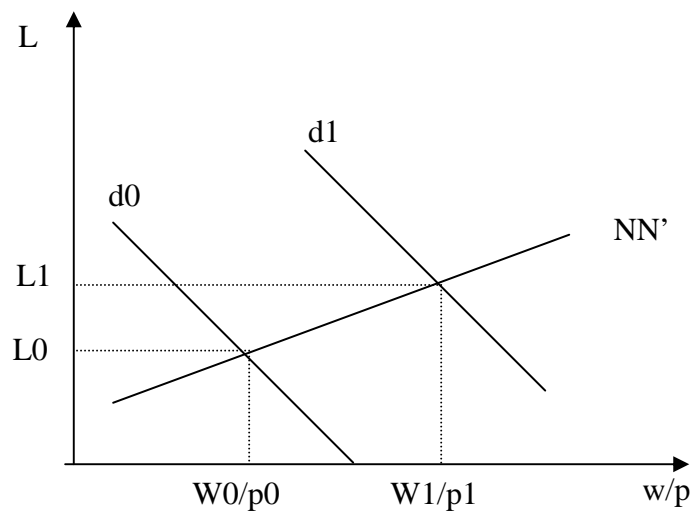
**Figure 1. 2 : Le mécanisme de compensation « via la diminution des salaires »**



A : Marché des produits



B : Fonction de production



C : Marché du travail

Source : auteur inspiré de Sinclair (1981)

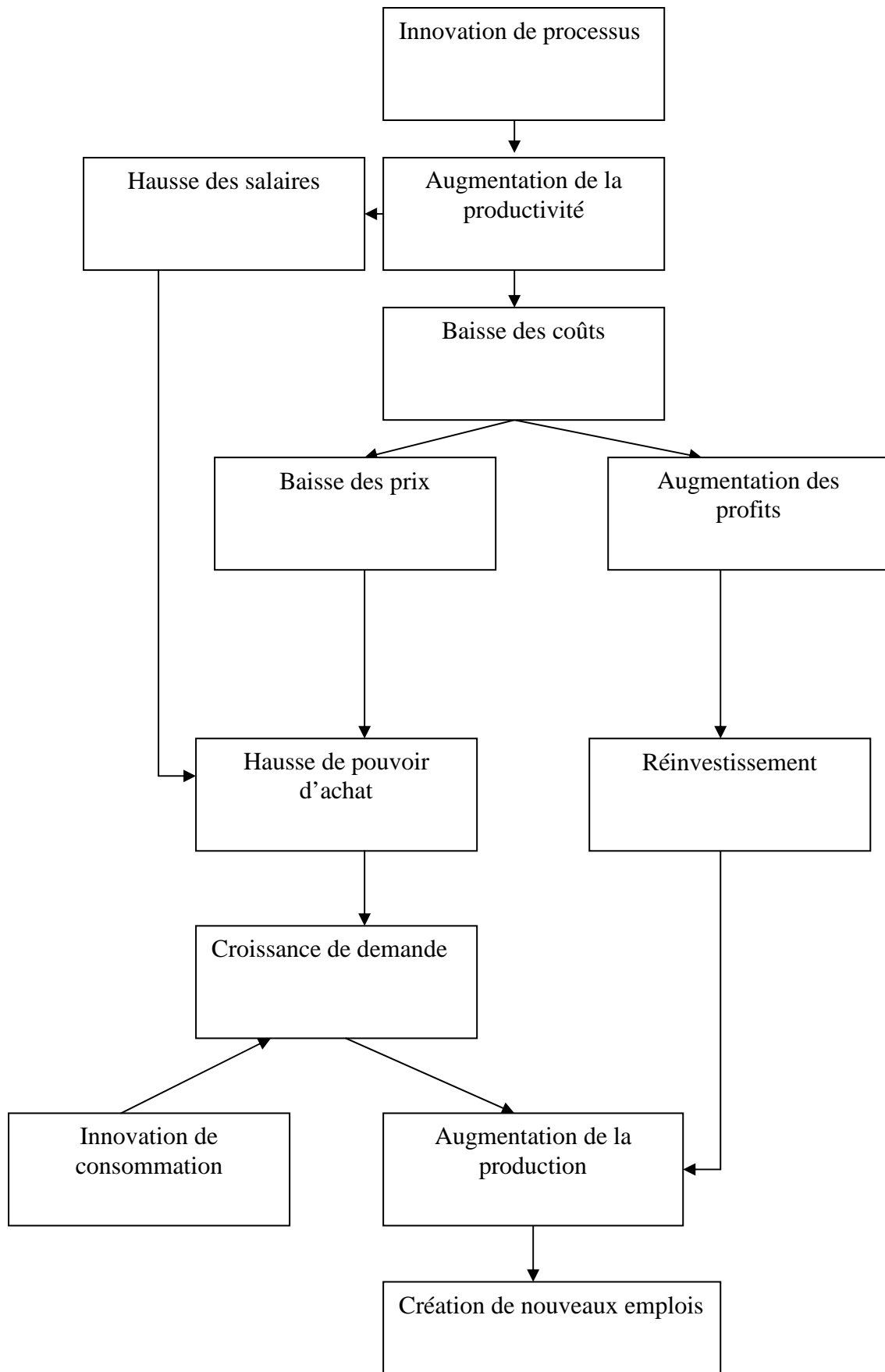
#### **2.2.1.5. Le mécanisme de compensation « via l'augmentation des revenus »**

L'augmentation de la productivité favorise la diminution de coût de production. Les consommateurs bénéficient, ainsi, d'une réduction de prix, qui augmente leur revenu réel. Cela a alors pour effet logique d'augmenter la consommation, donc la production. Cette augmentation de la demande favorise une augmentation de l'emploi et qui peut compenser les pertes initiales d'emplois dus aux innovations de procédés (Pasinetti, 1981). Selon le fameux effet de déversement décrit par Sauvy (1980), le progrès technique crée un revenu supplémentaire qui se répartit entre les salariés, l'Etat, l'entrepreneur et le capitaliste. La notion de déversement signifie le transfert d'utilisation de revenu. Le nombre d'emplois créés va dépendre de l'utilisation qui est faite de la somme ainsi obtenue.

#### **2.2.1.6. Le mécanisme de compensation « via les nouveaux produits »**

D'un point de vue théorique, Katsoulakos (1984) montre que, si l'innovation de procédés réduit l'emploi, l'innovation de produit a un effet inverse. Les produits nouveaux suscitent une demande nouvelle, qui amène les entreprises à produire davantage et donc à embaucher. Les faits historiques peuvent confirmer ce résultat théorique. Ainsi, les périodes dominées par les innovations de procédés (comme la période actuelle avec l'informatique par exemple) engendrent du chômage, tandis que celles où dominant les innovations de produit (les «trente glorieuses» avec l'automobile, l'électroménager) engendrent de l'emploi. Plus récemment, Entorf et Pohlmeir (1991), en utilisant les équations simultanées (en reliant l'innovation, les exportations et l'emploi) montrent que les innovations de produit ont un effet positif sur l'emploi. Ce même résultat a été confirmé par Van Reenen (1997) et (Antonuci et Pianta, 2002). Tout différent, Jaumandreu (2003), Peters (2004) et Harrison et al. (2005) ont estimé l'effet de la part du chiffre d'affaires relatif aux produits nouveaux (ou significativement améliorés) sur la demande d'emploi. Ils ont trouvé que la commercialisation de produits nouveaux (ou significativement améliorés) a un effet positif sur le marché du travail. Les entreprises embauchent plus des employés.

**Figure 1. 3 : Représentation schématique des mécanismes de compensation**



Les mécanismes de compensation étant, l'effet des innovations technologiques sur l'emploi dépend étroitement de plusieurs facteurs et les interactions qui entrent en jeu sont multiples. Le premier facteur est la flexibilité du marché du travail. En d'autres termes, il faut que les travailleurs, en fonction des besoins de l'économie, puissent facilement changer d'emploi et que, la nature de travail offert par les entreprises a besoin d'adapter au contexte. S'ajoute la flexibilité des salaires. Le second est la croissance de la demande sur le marché des biens et services. Cette condition est nécessaire pour le fonctionnement des mécanismes de compensation. Enfin, les relations entre les facteurs de production, et particulièrement le degré de substituabilité des facteurs influence la relation innovation-emploi.

### **2.2.2. Critiques de la théorie de compensation**

Souvent, lorsque les économistes évoquent le redéploiement de travailleurs dans d'autres secteurs après des suppressions d'emplois, ils présupposent que certains mécanismes nécessaires à la réussite de ce redéploiement sont en place. Ce n'est pas toujours le cas. Selon Lederer (1931), « *au contraire le rythme trop accéléré du développement technique peut libérer de nombreux ouvriers, en face desquels l'accumulation peut être insignifiante; la conséquence en sera un chômage structurel...La loi de la compensation ne pourra pas jouer....* » (pp.287). Pire encore, Marx (1965) admet que « *Le progrès industriel qui suit la marche de l'accumulation non seulement réduit de plus en plus le nombre des ouvriers nécessaire pour mettre en œuvre une masse croissante de moyens de production mais il augmente en même temps la quantité de travail que l'ouvrier individuel doit nous fournir* »<sup>18</sup>. La «construction» de la machine peut employer un certain nombre de mains pendant un certain temps, mais jamais le nombre total des emplois supprimés.

Marx (1965) conteste la théorie de compensation, selon laquelle le capital libéré par les économies réalisées sur le travail par la machine permet de les réemployer dans une autre occupation. Marx avance que la « libération de capital » n'est en fait qu'un transfert d'un capital variable vers un capital fixe. Et, même en considérant que ce transfert n'est que partiel (la machine coûte moins cher que les salaires économisés), il ne peut y avoir réemploi total de la main-d'œuvre libérée.

---

<sup>18</sup> Marx K. (1965), *Le Capital*, La Pléiade Gallimard, pp.115.

« Donc, au lieu de prouver qu'en privant des ouvriers de leurs subsistances, la machine convertit en même temps celles-ci en nouveau fonds d'emplois pour ceux-là, l'apologiste prouve au contraire, d'après sa loi de l'offre et de la demande, qu'elle frappe non seulement les ouvriers qu'elle remplace, mais aussi ceux dont ils consomment les produits » (pp.315-316).

Labini (1969) soutient à juste titre que :

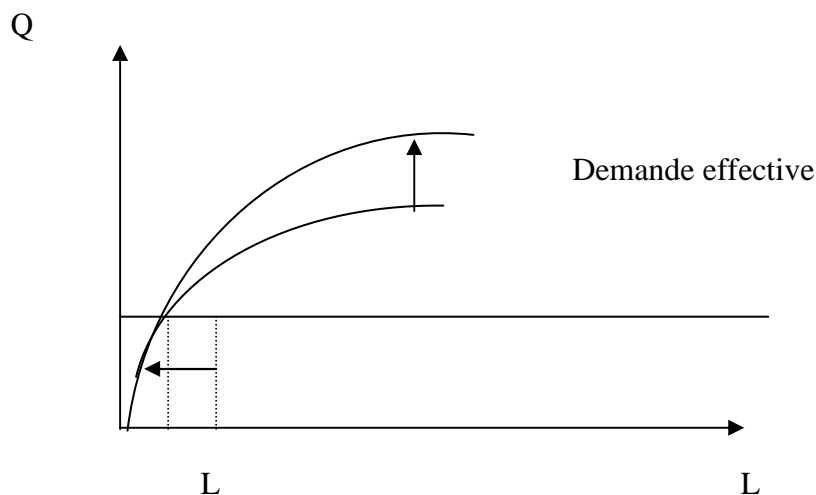
« If the other hand, demand rises slowly or not at all, oligopolistic firms tend to invest only in minor innovations, which do not raise total cost and can be financed out of depreciation funds. The average productivity of labor then still rises, but unemployment also tends to rise » (pp.168).

La théorie de compensation postule qu'une hausse de productivité peut permettre de produire à un coût inférieur et donc entraîner une baisse des prix. Cette baisse des prix peut ensuite stimuler la demande. On suppose ici que les prix réagissent aux gains de productivité et que les consommateurs réagissent à la baisse des prix en augmentant la demande. Mais si les prix baissent sans que la demande n'augmente suffisamment pour compenser l'économie de main-d'œuvre résultant de l'accroissement de la productivité, l'emploi diminuera. « *L'emploi des machines pour remplacer le travail de l'homme, est une opération analogue à l'appel et à la formation de nouveaux ouvriers...l'augmentation de production qui en résulte est un avantage si elle excitée par la demande, et si elle ne fait pas que correspondre à une augmentation de consommation; mais elle est une cause souffrante générale, si elle n'est déterminée que par l'accroissement des capitaux et non celui des revenus, si elle donne seulement à l'inventeur un moyen de faire guerre à ses confrères* » (Sismondi, 1971, pp.284).

De plus, pour qu'il ait compensation d'un secteur à un autre, il faut, bien sûr, que la demande déjà existe. Dans le cas d'un chômage keynésien, lié à la faiblesse de la demande effective, toutes choses étant égales par ailleurs (rigidité des salaires et des prix) la diffusion des innovations technologiques ne fait que baisser la demande d'emplois puisque la production ne peut augmenter (voir figure 1.4). Il faut aussi, que les travailleurs aient les qualifications requises ou qu'ils puissent les acquérir rapidement, qu'ils aient accès à l'information sur le marché du travail, qu'il n'y ait

pas de discrimination sur le marché du travail et qu'il n'y ait pas d'obstacle à la mobilité.

**Figure 1. 4 : Chômage keynésien**



Source : Lorenzi et Bourlès (1995)

Les partisans de la théorie de compensation supposent que les entreprises innovantes peuvent répercuter sur les salaires une partie des profits supplémentaires qu'ils ont réalisés grâce aux gains de productivité. Cela peut doper le pouvoir d'achat et faire augmenter la demande de biens et services non seulement dans les secteurs qui ont enregistré des gains de productivité mais aussi dans d'autres secteurs de l'économie où, par conséquent, la croissance de l'emploi serait stimulée. Toutefois, cela suppose que les producteurs ne s'approprient pas la totalité des gains de productivité sous forme de profits supplémentaires. Une question s'impose : les revenus complémentaires des entrepreneurs dynamiques ne permettent-ils pas, en investissant dans une nouvelle demande, de contrebalancer les effets négatifs du progrès technologique. Là la réponse de Lederer (1938) est claire. En mettant l'hypothèse, que la production des entrepreneurs dynamiques ne dévie pas du trend et que leur prix de vente reste inchangé, la demande complémentaire que les entrepreneurs peuvent exprimer ne peut servir qu'à prévenir le licenciement de nouveaux groupes de travailleurs, ceux qui justement produisaient initialement des biens de consommation pour travailleurs qui ont déjà été licenciés.

### 2.3. L'approche néoclassique

Le court terme est le domaine privilégié de l'approche néoclassique. A court terme, par définition le stock de capital, c'est-à-dire les capacités productives, reste fixe. La production et l'emploi sont alors déterminés par la demande globale. Le mécanisme d'équilibrage de l'offre et de la demande, en biens de consommation et en biens de production, ne fait pas apparaître le travail comme variable puisque le seul «signal» pour les entreprises est le niveau de la demande.

#### 2.3.1. Le modèle de Neary

La fonction de coût pris par Neary (1981) est de la forme :

$$a_i(w, r, t) \quad i = L, K$$

Où  $w$  est le coût du facteur travail,  $r$  coût du capital et  $t$  symbolise la technique utilisée.  $a_L$  et  $a_K$  sont homogènes et de degré zéro en  $w$  et  $r$ .

La minimisation de la fonction des coûts de production donne :

$$\hat{a}_L = -\theta_K \sigma(\hat{w}-\hat{r}) - \hat{b}_L \quad (1.1)$$

$$\hat{a}_K = \theta_L \sigma(\hat{w}-\hat{r}) - \hat{b}_K \quad (1.2)$$

avec  $\theta_L = \frac{\partial c / c}{\partial w / w}$ , élasticité du coût par rapport au salaire,

$\theta_K = \frac{\partial c / c}{\partial r / r}$ , élasticité du coût par rapport au taux d'intérêt, et  $b_i$ , réduction dans  $a_i$  due

à l'effet du progrès technique.

$\theta_K$  et  $\theta_L$  peuvent aussi être interprétés comme la part de K et L dans le coût total, avec

$$\theta_K + \theta_L = 1$$

$$(1.1)-(1.2) \text{ donne } \hat{K} - \hat{L} = \hat{a}_K - \hat{a}_L = \sigma(\hat{w}-\hat{r}) + \beta \quad (1.3)$$

avec  $\beta = \hat{b}_L - \hat{b}_K$

$\beta$  est un indicateur de la nature du changement technologique. Le changement technologique est dit « labour-saving » si  $\beta$  est positive et « capital-saving » si  $\beta$  est négative.

Autrement l'équation (1.3) peut s'écrire :  $\hat{K} - \hat{a}_K = \hat{L} - \hat{a}_L = \hat{X}$

Où  $X$ , est le niveau d'output.

L'équation (1.3) peut encore s'écrire comme :  $\hat{X} = \theta_L \hat{L} + \theta_K \hat{K} + \pi$

Où  $\pi = \theta_L \hat{b}_L + \theta_K \hat{b}_K$  peut être interprété à la fois comme le taux de changement de la production dû au changement technologique à quantité 'inputs constante, mais aussi comme la baisse des coûts unitaires, donc du prix qu'on note  $p$ , dans les mêmes circonstances.

$$\hat{p} = \theta_L \hat{w} + \theta_K \hat{r} - \pi$$

Le changement dans produit marginal du facteur travail peut s'écrire donc :

$$\hat{w} - \hat{p} = \theta_K (\hat{w} - \hat{r}) + \pi = \frac{\theta_K}{\sigma} (\hat{K} - \hat{L} - \beta) + \pi$$

Pour que la productivité marginale du travail reste constante, sachant que  $K$  est fixe ( $\hat{K}=0$ ); il faut à l'équilibre :

$$\hat{L} = \frac{\sigma}{\theta_K} \pi - \beta = \left(\sigma \frac{\theta_L}{\theta_K} - 1\right) \hat{b}_L + (\sigma + 1) \hat{b}_K \quad (1.4)$$

À partir de l'équation (1.4), on peut déduire que «pour que le progrès technique réduise dans le court terme le niveau d'emploi associé à une productivité marginale du travail donnée, il est nécessaire : (a) que le progrès technique économise du travail au sens de Hicks ( $\beta > 0$ ); et (b) que l'élasticité prix de la demande à court terme soit inférieure à l'unité ( $\sigma \frac{\theta_L}{\theta_K} < 1$ ).



### 2.3.2. Le modèle de Sinclair

Pour son raisonnement, Sinclair (1981) émet l'hypothèse d'une fonction de production à élasticité de substitution  $\sigma$  constante. Cette fonction lui permet de distinguer les différents concepts de neutralité du progrès technique : neutralité au sens de Hicks (changement en T avec K/L constant, neutralité selon Solow (changement en A avec L/Q constant) et celle de Harrod (changement en B avec K/Q reste inchangé). Cette fonction s'écrit :

$$Q = T \left[ a(AK)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} + b(BL)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} \right]^{\frac{\sigma}{\sigma-1}} \quad (1.5)$$

L'égalisation du produit marginal du travail au salaire réel permet d'écrire :

$$\frac{w}{p} = BTb^{\frac{\sigma}{\sigma-1}} \left[ \frac{a}{b} \left( \frac{AK}{BL} \right)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} + 1 \right]^{\frac{1}{\sigma-1}} \quad (1.6)$$

La fonction de demande s'écrit :

$$Q_D = P^{-\eta} \left( \frac{e}{1-c} \right)^{\lambda} h - \theta \lambda^{\lambda(\alpha+\theta)} \quad (1.7)$$

où  $\eta$  est l'élasticité prix de la demande.

Pour évaluer l'impact du changement technologique sur la demande de l'emploi, Sinclair (1981) considère quatre modèles dans lesquelles, il distingue entre quatre types de rigidité : 1) rigidité du salaire réel (w/p fixe); 2) rigidité de la part du salaire nominal dans le produit; 3) rigidité du salaire nominal; 4) relation fixe entre le salaire nominal et les prix.

#### 2.3.2.1. Cas 1: salaire réel horaire fixe

Comme le stock de capital est supposé fixe, à partir de l'équation (1.6) on peut déduire L, d'où :

$$\frac{dL}{L} = \frac{\sigma}{\pi} \frac{dT}{T} + \frac{\sigma - \pi}{\pi} \frac{dB}{B} + \frac{dA}{A}$$

Avec  $\pi$  est la part du profit dans le revenu :

$$\pi = \left( 1 + \frac{b}{a} \left( \frac{BL}{AK} \right)^{\frac{\sigma+1}{\sigma}} \right)^{-1}$$

La variation de L dépend donc du type du progrès technique. Premièrement, si l'indice d'efficacité du facteur capital augmente (A augmente), le système ne reste en équilibre, à K constant, que par une augmentation du facteur travail. Deuxièmement, si à l'opposé c'est T qui augmente, la demande de l'emploi augmente d'autant plus que l'élasticité de substitution est élevée et que la part des salaires dans le revenu est élevé. Troisièmement, si c'est B qui croît, l'effet sur l'emploi dépendra du signe de la différence entre l'élasticité de substitution et la part du profit dans le revenu ( $\sigma - \pi$ ). La demande d'emploi augmente si cette différence est positive.

### 2.3.2.2. Cas 2: part du travail dans le revenu fixe

Par définition, la part du travail dans le revenu est :

$$\frac{wL}{pY} = 1 - \pi = \left( \frac{a}{b} \left( \frac{AK}{BL} \right)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} \right)^{-1}$$

On en déduit que :

$$\frac{dL}{L} = \frac{dA}{A} - \frac{dB}{B}$$

L'effet du changement sur la demande de l'emploi est négatif, seulement dans le cas où B croît en pourcentage plus vite que A. Ceci n'est absolument pas systémique, car il suffit que l'efficacité de capital évolue plus vite que celle du travail pour que cet effet devienne positif.

### 2.3.2.3. Cas 3 : salaire nominal fixe

En éliminant p et Y des équations (1.5), (1.6) et (1.7), on aura :

$$\frac{dL}{L} = \frac{\pi(\eta - \sigma)}{\sigma(1 - \pi) + \pi\eta} \left( \frac{dA}{A} - \frac{dB}{B} \right) + \frac{\sigma(\eta - 1)}{\sigma(1 - \pi) + \pi\eta} \left( \frac{dB}{B} + \frac{dT}{T} \right)$$

Supposons qu'un seul des trois paramètres (A, B et T) augmente. D'abord, dans le cas où B augmente, le progrès technique détruit de l'emploi si l'élasticité de substitution,  $\sigma$  est inférieure à la part des profits dans le revenu,  $\pi$ . Pour que le progrès technique crée des emplois, il faut que l'élasticité-prix de la demande,  $\eta$  soit suffisamment forte, d'autant plus que la part des salaires dans le revenu est élevée.

#### 2.3.2.4. Cas 4: Relation fixe entre les prix et les salaires nominaux

Sinclair (1981) émet l'hypothèse d'une relation log-linéaire entre les salaires nominaux et les prix.

Formellement cette relation s'écrit :  $w = up^\mu$

Où  $u > 0$  et  $0 \leq \mu \leq 1$ . Si  $\mu = 1$  nous retrouvons le cas 1; si  $\mu = 0$ , le salaire nominal est fixe et nous retrouvons le cas 3.

Les équations (1.5), (1.6) et (1.7) donnent:

$$\frac{dL}{L} = \rho\phi\left(\frac{dA}{A} - \frac{dB}{B}\right) - \xi\phi\left(\frac{dB}{B} + \frac{dT}{T}\right)$$

avec :

$$\xi = \sigma(1 - \mu - \eta) \geq 0$$

$$\rho = \pi(\eta - \sigma(1 - \mu)) < 0$$

$$\phi = (\xi + \rho + \sigma\eta)^{-1} > 0$$

L'effet du progrès technique sur la demande d'emplois dépend fondamentalement de l'élasticité-prix de la demande. Si A augmente l'élasticité-prix de la demande doit dépasser  $\sigma(1-\mu)$  pour que cet effet soit positif. Dans le cas, où B augmente,  $\eta$  doit être supérieure à  $\frac{(1-\pi)(1-\mu)}{1-\pi/\sigma}$ . Si T croît,  $\eta$  doit dépasser  $1-\mu$ .

#### 2.3.3. Le modèle de Stoneman

Dans son modèle, Stoneman (1983) se réfère essentiellement aux « changements dans la technologie de processus ». Les équations du modèle sont les suivant :

La fonction de demande est de la forme :

$$p = F(Y, \bar{G}, \bar{M})$$

où

-  $p$  est le niveau des prix,

-  $Y$  est le produit national brut,

-  $\bar{G}$  les dépenses de l'Etat (supposés exogènes),

-  $\bar{M}$  est l'offre nominal de la monnaie (supposée exogène).

Notons  $D$  : demande,  $S$  : offre,  $r$  : taux d'intérêt.

$$M^D = M^D(p, Y, r)$$

$$M^S = \bar{M}$$

$$M^S = M^D$$

Les conditions d'équilibre sur le marché s'écrivent :

$$Y = C + I + G$$

$$G = \bar{G}$$

$$I = I(r, Y)$$

$$C = C(Y, r)$$

où  $C$  : fonction de consommation et  $I$  : fonction de l'investissement.

La fonction de l'offre est de la forme :  $p = S(Y, w)$

Stoneman (1983) suppose aussi que la fonction de production est de la forme :

$$Y = M(\bar{K}, L)$$

avec  $\bar{K}$  est le stock de capital supposé fixe à court terme.

La maximisation du profit des entreprises donne :

$$\frac{\partial Y}{\partial L} = \frac{w}{p} \text{ avec } \frac{w}{p} \text{ est le salaire réel.}$$

Pour évaluer les conséquences en termes d'emploi d'un tel changement technologique, Stoneman (1983) considère les trois secteurs :

- secteur A : le marché des produits,
- secteur B: fonction de production,
- secteur C : marché du travail.

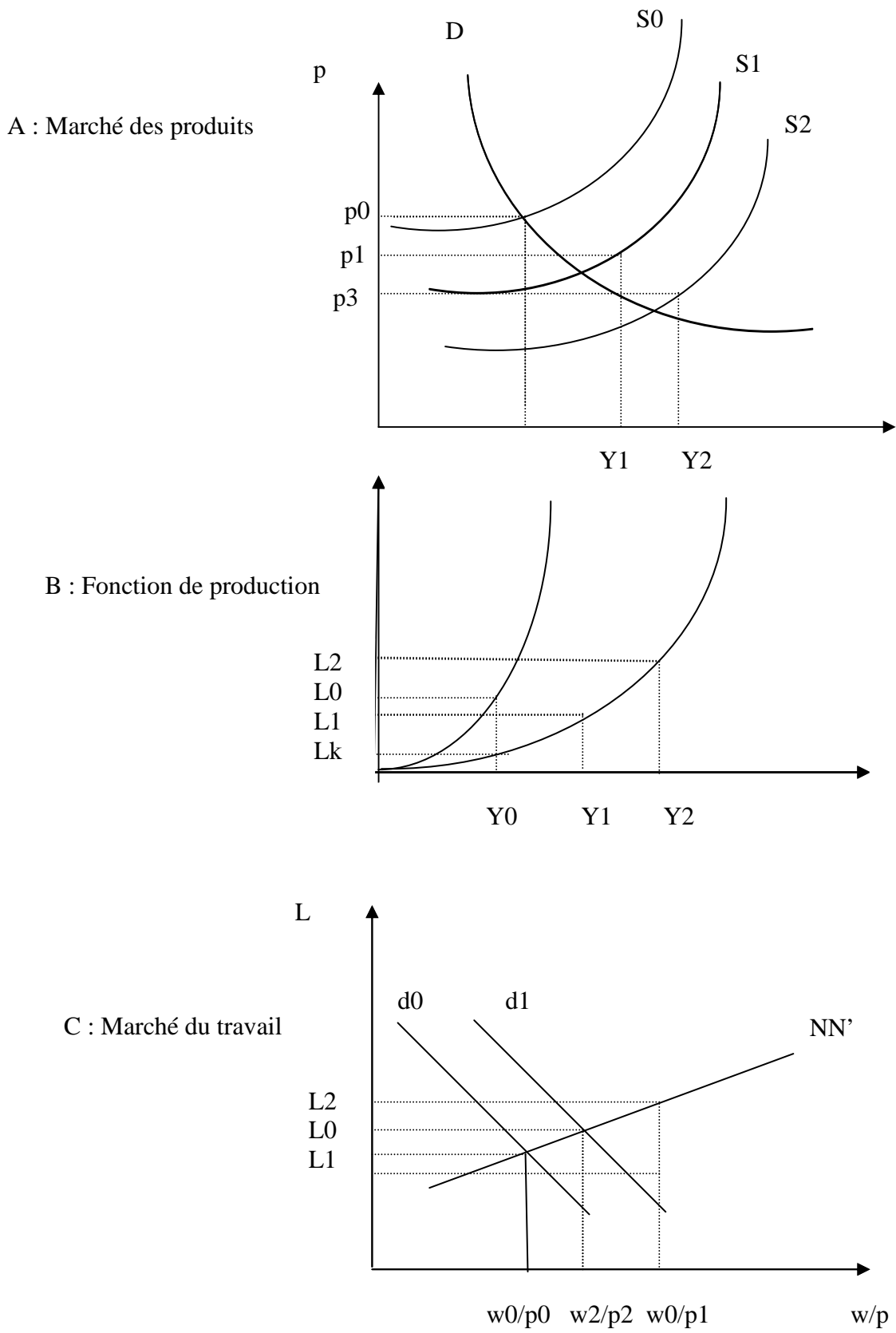
Comme il apparaît dans la figure (1.5), le progrès technique déplace les courbes des fonctions dans les trois secteurs. Pour un même niveau de prix, l'offre de produits augmente. La courbe (S0) se déplace vers le bas (S1). Pour une même quantité de travail la production sera plus élevée (déplacement de la courbe de la fonction de production vers le bas (courbe B). Pour un même salaire réel, la demande de travail par les producteurs augmente, étant donné que la productivité marginale de travail augmente. La courbe de la demande des emplois se déplace vers le haut (courbe C).

Dans un premier scénario l'auteur considère le cas où ni les prix ni les salaires réagissent au changement technique. Pour un même niveau d'emploi la production Y augmente. Mais, comme les prix n'ayant pas modifiés, la demande Y0 reste inchangée. La production reste donc au niveau Y0, ce qui entraîne une diminution de l'emploi jusqu'à Lk. Ce qui entraîne un chômage de L0-Lk.

Dans un second scénario, l'auteur considère le cas où le salaire nominal w est fixe, mais les prix p sont flexibles. L'équilibre sur le marché des produits est atteint avec des prix p1 inférieur à p0 et une production Y1 supérieure à Y0. Comme le nouveau salaire réel ( $w_0/p_1$ ) est plus élevé que ( $w_0/p_0$ ), la demande d'emplois L1 est confrontée à une offre supérieure à L0. Dans cette situation tout peut se produire suivant la valeur de L1, rien ne garantit que la nouvelle offre soit égale à L1.

Dans un dernier scénario, Stoneman (1983) prend le cas où les prix et les salaires sont flexibles. Si les salaires et les prix réagissent, l'équilibre peut être atteint au point (Y1,p1,w0/p1). Dans le cas opposé, le salaire nominal w va diminuer. Ainsi, la courbe de l'offre se déplace encore vers la droite. Comme les salaires ont baissé, les producteurs sont prêts à produire plus au même prix. Donc une nouvelle baisse des prix, une augmentation de la production et de l'emploi. A cet effet, l'auteur montre que théoriquement, en présence d'une flexibilité « suffisante » des prix et des salaires, le changement technique ne devrait pas donc dans tel système entraîner le sous emploi.

**Figure 1. 5 : Représentation schématique du modèle de Stoneman (1983)**



Source : auteur inspiré de Stoneman (1983)

D'un point de vue théorique, Stoneman (1983) montre ainsi que le progrès technique ne devrait pas dans un tel système entraîner le sous-emploi en présence d'une flexibilité « suffisante » des prix et des salaires.

#### **2.3.4. Commentaires**

Nous pouvons remarquer que les modèles exposés dans cette deuxième section sont d'une richesse théorique et analytique importante mais en même temps ne parviennent pas à établir un lien clair entre le progrès technique et emploi. On saurait donc prévoir *a priori* dans le court terme dans quel sens l'emploi va avoir une tendance à évoluer suite à un changement dans les processus de production. Il n'est bien sûr pas possible de tirer des conclusions générales d'un tel modèle. Les conséquences en termes d'emploi du progrès technique dépendront de la flexibilité des prix et des salaires. Ce qu'il faut cependant retenir d'essentiel est qu'en partant d'une analyse en termes d'équilibre nous pouvons, sans remettre en causes les principes et les résultats, revenir à une analyse en volume d'emploi, laissant ouvertes toutes possibilités de réflexion sur les modes d'ajustement à long terme (Lorenzi et Bourlès, 1995).

Par ailleurs, dans ces modèles dont il est ici question, l'introduction d'une technologie se traduit par un simple déplacement de la frontière de production, lequel, il est vrai, modifie la position d'équilibre de l'économie, mais n'affecte en rien les conditions de sa détermination ou de sa réalisation. La technologie n'est ainsi jamais décrite comme le résultat d'un processus complexe. C'est dans ce contexte que la théorie évolutionniste est née au cours des années 1980. Pour les économistes évolutionnistes, et à l'inverse de l'approche standard, l'innovation est appréhendé comme le résultat de l'action de firmes cherchant à exploiter diverses opportunités dans un environnement institutionnel qui constituent pour elles un ensemble des contraintes auquel elles répondent précisément par l'innovation (Nelson et Winter, 1982). Le chapitre suivant propose d'analyser la problématique innovation-emploi dans ce corpus théorique.

## Conclusion

Pour l'essentiel, la théorie économique standard de l'innovation ne s'intéresse qu'au résultat du processus de l'innovation et non au processus lui-même. Néanmoins, on peut retenir que la théorie de compensation nous a permis de distinguer entre les effets de court et de long terme de l'innovation sur l'emploi. L'innovation technologique détruit des emplois à court terme (*effet de remplacement*), mais en crée à moyen et à long terme (*effet de compensation*). La théorie de compensation postule qu'à long terme - c'est-à-dire lorsque l'accumulation de nouveau capital est possible et le revenu global disponible n'est plus supposé

constant -, l'extension des capacités de production, favorisée par l'augmentation des profits, permet de créer de nouveaux emplois. Bien entendu, il n'y a pas de fatalité dans le lien entre la diffusion des innovations technologiques et l'emploi. Pour que les mécanismes de compensation fonctionnent, il faut que certaines conditions soient réunies. Ces conditions concernent, d'une part, le marché du travail, d'autre part, les marchés des biens et des capitaux. Ce mécanisme requiert un transfert fluide de la main d'œuvre, du capital et de la demande entre les différentes activités. Un tel transfert s'opère d'autant mieux que les marchés sont efficaces, flexibles, c'est-à-dire que les prix s'adaptent et que les barrières de mobilités sont réduites (Guellec, 1999).

Tout différent, les nouvelles approches néoshumpéteriennes et évolutionnistes du changement technique (Nelson et Winter, 1982 ; Dosi, 1982 ; Dosi et al., 1988), élaborés comme une alternative au courant néoclassique, ont le mérite d'offrir une vision beaucoup plus ouverte des formes de processus innovatifs, vision qui semble approfondir la réflexion sur les mécanismes de destruction et de création d'emploi liés aux progrès techniques.





## ANALYSE ÉVOLUTIONNISTE DE L'INNOVATION ET APPORTS DANS LA PROBLÉMATIQUE INNOVATION-EMPLOI

---

Ce chapitre se propose d'étudier la problématique innovation-emploi dans une perspective évolutionniste. Dans la première section, nous présentons, à travers les critiques de l'approche standard mais surtout les inspirations positives, la construction des fondements de l'approche évolutionniste de l'innovation et du changement technique ainsi que ses hypothèses.

Dans la deuxième section, après avoir présenté le cadre théorique de l'analyse évolutionniste de l'innovation et du changement technique, nous aurons l'occasion ainsi d'utiliser les apports conceptuels de ce courant pour analyser les éventuels effets du progrès technique sur l'emploi. Plus précisément, nous tenterons, d'abord, d'illustrer l'interdépendance entre le cycle de vie de produit et la question de l'emploi. Nous essaierons ensuite de focaliser notre analyse sur la nature de trajectoires technologiques et leurs conséquences sur l'emploi. Enfin, dans une optique plus macro-économique, nous aborderons les types de régularités technico-économiques, structurant la dynamique des industries, reconnues par les auteurs évolutionnistes. Cela nous permettra d'insérer le lien entre le progrès technique et emploi dans une perspective de long terme.

Dans une troisième section, en se référant à la théorie de l'économie de la connaissance, nous discuterons le rôle croissant que jouent aujourd'hui les nouvelles technologies de l'information et de la communication dans un nouveau régime technologique fondé sur la production, la maîtrise et la circulation de l'information et des connaissances et plus particulièrement leurs effets probables sur l'emploi.

### **1. Origines de la théorie évolutionniste de l'innovation**

Pendant les années 70 et 80, un nombre d'études relatives à l'innovation technologique ont débouché sur la formulation de théories évolutionnistes (Nelson et Winter, 1982 ; Dosi, 1982 ; Dosi et al., 1988). L'ouvrage de Nelson et Winter (1982)

« *An Evolutionary Theory of Economic Change* », constitue le point de départ et de référence de cette littérature grandissante. Le champ des analyses de Nelson et Winter s'étend de la théorie de la firme à l'économie du progrès technique et de l'innovation. Leurs propositions ont depuis été reprises par d'autres économistes, suscitant d'autres recherches, à tel point qu'on parle aujourd'hui, en économie du progrès technique et de l'innovation, d'une « école évolutionniste ». L'insatisfaction qu'ils ressentent face à l'« orthodoxie contemporaine » ainsi que les œuvres respectives de Schumpeter et de Simon constituent les fondements sur lesquels Nelson et Winter bâtissent leur analyse.

### **1.1. Les critiques de l'« orthodoxie contemporaine »**

Une des motivations exprimée par Nelson et Winter (1982) dans l'élaboration d'une théorie évolutionniste s'appuie directement dans un rejet du programme de recherche de théories de la concurrence et de la croissance qui étaient prédominantes au début des années 1980, c'est-à-dire, pour l'essentiel, aux approches respectives de Friedman et de Solow. Les critiques qu'ils expriment renvoient à quatre reproches principaux.

#### **1.1.1. L'appréhension des problèmes économiques**

Tout d'abord, Nelson et Winter critiquent la théorie « orthodoxe » dans sa manière de poser les problèmes économiques. Cette dernière considère en effet comme donné au niveau microéconomique l'ensemble des plans de production possibles, c'est-à-dire le catalogue des techniques productives (Nelson et Winter, 1982, pp. 4, 14, 60, 61). Pour Nelson et Winter non seulement cette conception n'existe pas dans la réalité économique, mais accepter cette hypothèse conduit à s'interdire d'aborder des questions pertinentes comme l'explication du processus conduisant à établir le catalogue des techniques, l'analyse des facteurs conduisant au changement technique ou l'explication des raisons d'un accès différent des firmes à l'ensemble des techniques disponibles. Les auteurs insistent que, si l'on veut recenser les variables explicatives de la dynamique économique observée, il faut alors inclure l'analyse des « compétences » et des « règles de décision » des firmes (*ibid.* pp. 4). Celles-ci peuvent être données à un moment précis du temps, mais dans la réalité elles sont soumises à un changement perpétuel.

### 1.1.2. L'absence d'un équilibre unique

Nelson et Winter considèrent, comme tous les auteurs qui se réclament de l'évolutionnisme, que l'analyse économique ne doit pas porter une attention exclusive aux « états hypothétiques de l'équilibre du marché » :

« (...) *we do not focus our analysis on hypothetical states of 'industry equilibrium'* (...) », Nelson et Winter (1982, pp. 4).

A cet effet, l'attention doit se porter sur les processus dynamiques qui engendrent des changements économiques irréversibles sensibles aux trajectoires technologiques suivies. Ainsi l'une des prémisses que Nelson et Winter considèrent comme essentielle à la construction de leur théorie tient au fait que :

« (...) *economic change is important and interesting. Among the major intellectual tasks of the field of economic history, for example, certainly non is more worthy of attention than that of understanding the great complex of cumulative change in technology and economic organization that has transformed the human situation in the course of the past few centuries* ». (pp.3).

Ce type d'analyse des processus de changement implique le recours à des formes de modélisation particulières pour caractériser la dynamique et rendre compte des traits essentiels de l'évolution. Dans ce contexte Nelson et Winter (1982, pp. 46) font alors une distinction entre les théories « formelles » et les théories

« appréciatives ». Les auteurs croient que ces deux formes de théories ne s'excluent pas *a priori* et leur combinaison implique que la première puisse être modifiée en fonction des résultats obtenus par la seconde. Contrairement à la démarche néoclassique qui accorde une sorte de primauté à la théorie formelle, l'approche évolutionniste réalise une ouverture en direction de l'histoire à travers deux formes. D'un côté, Nelson et Winter (1982, pp. VII-VIII) mettent en avant l'importance des phénomènes d'irréversibilité et soulignent le poids du passé et ses effets décisifs sur les décisions microéconomiques, avec la notion de « *path dependence* », et ses effets décisifs sur les décisions microéconomiques. D'un autre côté, les auteurs préconisent que l'analyse doit prendre en compte les phénomènes liés au changement historique. Cela les a conduit récemment avec d'autres auteurs à proposer des modèles « *history friendly* » destinés à mieux comprendre le changement structurel qui se diffuse dans

plusieurs branches d'activités de l'économie, afin d'appréhender les dynamiques sectorielles et les moteurs de leur évolution (Malerba *et al.*, 1999).

### **1.1.3. L'hypothèse de maximisation du profit**

La troisième critique adressée à la théorie « orthodoxe » concerne l'hypothèse de maximisation du profit. Cette préoccupation est ancienne chez les évolutionnistes, puisqu'elle s'exprimait déjà par Winter (1964) qui s'interrogeait sur la portée de cette hypothèse dans le cadre du débat entre Alchian, Penrose et Friedman sur la sélection naturelle et la vraisemblance empirique des comportements économiques optimaux. Pour Winter (1964) la maximisation du profit présente un caractère normatif et ne peut pas être considérée comme empiriquement valide. Dans le cadre des processus concurrentiels auxquels une telle firme est confrontée, cette firme ne découvre que progressivement ses objectifs, ces derniers dépendant aussi bien des relations à l'intérieur de la firme que de son environnement externe. Winter s'interroge sur la possibilité qu'ont les firmes de réaliser des calculs optimaux dans un monde qui se transforme sans cesse et fait évoluer en permanence les sources d'informations disponibles pour le décideur. Ainsi, quand les décisions sont complexes et incertaines, les décideurs opèrent une division du travail pour rechercher des éléments de réponse et une solution « satisfaisante », puisque obtenir la meilleure solution s'avère impraticable dans un environnement non stationnaire. Dans ce cadre, la décomposition des tâches permet de trouver des procédures susceptibles de respecter la diversité des agents composant l'organisation : contrairement à ce que suppose l'hypothèse de maximisation des profits, la firme ne saurait se réduire à un individu unique, omnipotent, et capable d'assumer l'ensemble des décisions de façon parfaitement rationnelle. Winter (1964) choisit, non pas de repérer les firmes qui sont capables d'y entrer, mais plutôt d'observer celles qui survivent sur le marché. Il cherche à déterminer les critères de survie des firmes dans le but de déterminer les procédures robustes qui leur permettent de perdurer.

Pour Winter, lorsqu'on tient compte de la dimension temporelle rien ne prouve que le comportement maximisateur soit la norme, car il faudrait mettre comme hypothèse que toutes les firmes observées s'y conforment. Or, si certaines maximisent leur profit sur une courte période, d'autres ne le font pas, et rien ne garantit que sur la longue période les premières survivront et la règle de la maximisation se généralisera

à l'ensemble des firmes. Plusieurs critères interviennent dans le processus de sélection des firmes comme les économies d'échelle, l'accumulation de l'expérience, les caractéristiques de l'environnement qui modèlent les critères de rentabilité et de survie dans le temps. Dans la lignée de Winter (1964), il ne sera donc pas surprenant que Nelson et Winter (1982) réussissent à montrer que les mécanismes de sélection de l'évolution industrielle choisissent les firmes qui atteignent des résultats au moins satisfaisants et non celles qui ont obtenu des résultats optimaux.

#### **1.1.4. La remise en question la fonction de production**

La critique de la maximisation du profit, à côté de celle du « catalogue des techniques » déjà évoquée, conduit Nelson et Winter (1982) à développer un quatrième argument remettant en question la fonction de production. D'une manière générale, le recours à la fonction de production devrait impliquer l'établissement de la liste de tous les *inputs* initiaux ainsi qu'une description exhaustive de l'état de l'art des activités productives disponibles, ce que renvoie de mettre l'hypothèse d'additivité des processus productifs. La principale critique de cette hypothèse par les auteurs est d'ordre méthodologique : la fonction de production décrit les facteurs de production en simplifiant excessivement la manière dont les firmes produisent. De ce fait, le risque est double : il est d'oublier que les grandeurs mesurées dans une fonction de production présentent une dimension conventionnelle, voire métaphorique, et de prendre les conventions ou les métaphores pour des réalités. L'abstraction liée à l'hypothèse d'additivité de la fonction de production empêche d'observer correctement les aspects qualitatifs des connaissances productives, notamment les connaissances et les savoir faire tacites qui résultent des caractéristiques cognitives des individus composant les firmes. Nelson et Winter (1982) montre qu'il existe une contradiction dans le fait que la fonction de production agrège de manière abstraite et strictement quantifiée des *inputs*, alors que la définition des biens peut faire référence à la date et au lieu de leur utilisation. La question se pose alors de savoir comment la même quantité d'*inputs* utilisés dans un contexte spécifique (de temps et d'espace) peut changer de nature et engendrer des processus productifs différents. Une solution technique consisterait à introduire des « intervalles élémentaires » pour le temps et des « régions élémentaires » pour l'espace, mais cela ne résout pas le problème de l'additivité des facteurs (Arena et Lazaric, 2003). Pour Nelson et Winter, la solution ne consiste pas à ajouter des dimensions

supplémentaires dans la caractérisation de la fonction de production (intervalles, régions ou capital social) mais bien à reconnaître les combinaisons de facteurs et les connaissances productives spécifiques qui leur sont associées.

Si ces quatre principales critiques des fondements théoriques du modèle néoclassique illustrent la nécessité pour Nelson et Winter (1982) de construire une approche évolutionniste. Elles ne résument pas toutes les sources d'inspiration de leur analyse, puisque les auteurs ne souhaitent pas seulement s'opposer à « l'orthodoxie contemporaine », ils se réfèrent également positivement à d'autres contributions, notamment celle de Schumpeter, Alchian et Simon.

## **1.2. Les inspirations positives**

Parallèlement aux critiques, Schumpeter, Simon et Alchian représentent les trois grandes dettes intellectuelles de Nelson et Winter.

### **1.2.1. L'inspiration schumpétérienne**

Quatre thèmes principaux sont retenus par Nelson et Winter et leurs continuateurs parmi les apports réalisés par Schumpeter. Le premier thème, comme l'illustre la précédente citation, a trait au changement économique. Les auteurs reconnaissent à Schumpeter d'avoir développé « (...) *a view of capitalism as an engine of progressive change* » (ibid., pp. 39). Néanmoins, la référence dans leur ouvrage n'est guères plus précise et on peut déjà s'interroger sur le contraste entre l'utilisation de l'adjectif «schumpétérien» et la relative pauvreté de l'utilisation effective des concepts propres à Schumpeter.

Le deuxième thème porte sur l'innovation. Celle-ci est vue comme l'instrument qui permet d'assimiler ce que Nelson et Winter appellent la « concurrence dynamique » à un processus de sélection des firmes. Selon les économistes évolutionnistes modernes ce thème constitue un des apports principaux de Schumpeter (Clark et Juma, 1988). Par rapport à l'approche schumpétérienne, l'analyse évolutionniste réhabilite, comme le souligne Paulré (1997)<sup>19</sup>, le rôle des innovations mineures perçues comme le résultat (partiel) de processus incrémentaux

---

<sup>19</sup> Paulré B. (1997), « L'apport de l'évolutionnisme contemporain à l'analyse économique de l'innovation », *Economie Appliquée*, n°3, pp.240.

cumulatifs et endogènes. C'est parce que les travaux des évolutionnistes se consacrent principalement à l'étude du changement technique qu'ils accordent plus d'importance aux innovations incrémentales. Les changements radicaux ne sont pas totalement exclus de leurs analyses mais résultent d'un processus de recherches. C'est ce que le notent Nelson et Winter (1982): « *The broader connotations of 'evolutionary' include a concern with processes of long-term and progressive change* » (pp.10). Si l'analyse évolutionniste n'ignore pas les ruptures, elles sont considérées soit comme exogènes (Dosi, 1984), ou bien traitées comme un phénomène stochastique (Nelson et Winter, 1982). Schumpeter, quand à lui, privilégie le caractère discontinu des changements créés par les innovations. Pour Schumpeter, les innovations ne peuvent pas être dérivées par continuité ou de façon endogène à partir des techniques existantes.

Le troisième thème concerne l'appréhension schumpétérienne des comportements des agents économiques. Comme les évolutionnistes, Schumpeter est assimilé à un théoricien de la rationalité limitée. Cette interprétation trouve son origine dans le fait que, d'une part, l'issue des processus d'innovation est incertaine. D'autre part, l'entrepreneur schumpétérien n'est pas un acteur rationnel. Il agit en quelque sorte «à côté» de l'équilibre dans un contexte d'incertitude radicale et manque de données pour prendre des décisions s'écartant des routines habituelles. Le dernier thème porte sur « l'hypothèse schumpétérienne ». Cette dernière est évoquée par Nelson et Winter (1982) qui affirment que dans *Capitalisme, Socialisme et Démocratie* (Schumpeter, 1942) on retrouve l'idée selon laquelle « (...) *a market structure involving large firms with a considerable degree of market power is the price that society must pay for rapid technological advance* » (pp.278).

### **1.2.2. L'inspiration alchianienne**

En s'interrogeant sur les principes qui fondent la décision des firmes en univers d'information incertaine, Alchian (1950) entend d'intégrer dans la théorie économique «les principes de l'évolution biologique et de la sélection naturelle». Ceux-ci constituent deux de trois principaux piliers de la théorie évolutionniste. En effet Nelson et Winter (1982) identifient trois principes caractérisant les comportements des agents économiques :

– *un principe de permanence ou d'hérédité*: pour les évolutionnistes les routines à la base des actions des agents économiques vont jouer les mêmes rôles que



les gènes en biologie, c'est-à-dire qu'ils représentent le « patrimoine génétique » portant les informations utiles à la reproduction et à la transmission entre les générations ;

– *un principe de variations ou de mutations* : c'est un principe dynamique qui stimule les évolutions. Ce principe est repéré par les évolutionnistes dans les comportements de « *search* » qui sont à la base des innovations. Ces comportements fortement risqués, dont les résultats ne sont pas prévisibles, sont provoqués par les situations de menace que traverse la firme (ou l'économie) et en assure la transformation. Ainsi, (Nelson et Winter, 1982) affirment que « *La recherche de nouvelles routines et la sélection sont simultanément, des aspects interactifs du processus de l'évolution* » (pp. 19) ;

– *un principe de sélection* : ce principe, sur la base de certaines contraintes environnementales, va sélectionner en fonction du critère de non- négativité des profits certains comportements à partir des gènes, des mutations et des différentes évolutions possibles.

Suivant la référence biologique, la volonté de Nelson et Winter (1982) était la formulation d'une théorie destinée à mieux comprendre les processus d'interactions du changement économique : « *Our use of the term « evolutionary theory » to describe our alternative to orthodoxy also requires some discussion. It is above all a signal that we have borrowed basic ideas from biology, thus exercising an option to which economists are entitled in perpetuity by virtue of the stimulus our predecessor MALTHUS provided to DARWIN's thinking. We have already referred to one borrowed idea that is central in our scheme – the idea of economic 'natural selection'. Market environments provide a definition of success for business firms, and definition is very closely related to their ability to survive and grow* » (pp.9).

### **1.2.3. L'inspiration simonienne**

Outre la référence à Schumpeter et Alchian, Simon (1955) constitue une référence et un point de départ pour l'approche évolutionniste. Dans ce contexte, Dosi (2002) parle même de la théorie évolutionniste comme une théorie post-simonienne (« *post-Simonian Evolutionary Economics* ») (pp. 3). Cet hommage appuyé à Simon

permet de comprendre les fondements de l'approche évolutionniste qui s'appuie sur les hypothèses de rationalité limitée<sup>20</sup> au niveau individuel et justifie, par ce biais, les difficultés à maximiser dans un univers évolutif. Cette hypothèse stipule que l'objectif pour l'individu ou le décideur n'est pas d'explorer un ensemble infini de possibilités mais plutôt, de créer une procédure adéquate pour sélectionner un ensemble de choix possibles parmi un ensemble plus vaste. Le but est alors de mettre en place des « heuristiques » qui, en fonction de la complexité du problème à résoudre, vont recourir à un ensemble de règles plus ou moins sophistiquées.

Trois points principaux sont retenus par Nelson et Winter (1982) de l'héritage simonien. Tout d'abord, Simon met en avant l'apprentissage adaptatif qui s'effectue par recombinaison sur la base de matériaux *existants*, les croyances et les erreurs. De ce fait, l'auteur présente un caractère auto-renforçant très éloigné de la vision schumpetérienne de l'entrepreneur. Dans cette dernière, en effet, l'innovateur est avant tout un créateur tourné vers le futur et non un agent qui se contente de tirer les leçons du passé. Le deuxième point porte sur l'extension du processus de sélection au niveau d'une population de firmes. Dans la même lignée, l'argument de sélection est repris non plus simplement au niveau individuel mais au niveau des firmes dans le modèle de Nelson et Winter (1982). Ce point prend une importance toute particulière chez Nelson et Winter, en raison même de leur attachement aux principes de l'individualisme méthodologique. Le troisième point concerne les connaissances et à leur caractère tacite.

Pour Simon (1955), la dynamique des croyances et la révision de ces dernières se manifestent par un simple encodage des données qui se stockent dans la mémoire des individus selon deux types de mémoire : la mémoire de court terme et celle de long terme. L'individu a une rationalité limitée, selon la terminologie de Simon, car il ne peut traiter que quelques symboles à la fois et que ses capacités de mémorisation sont limitées. Il en découle une conception de l'apprentissage et de la mémoire essentiellement basée sur un codage des données. Si la mémoire de court terme permet le stockage des données de façon plus superficielle. La mémoire de long

---

<sup>20</sup> La rationalité limitée «est une rationalité qui est en cohérence avec notre connaissance du comportement humain réel qui préside aux choix, (elle) suppose que le décideur doit rechercher des solutions alternatives, a une connaissance incomplète et inexacte des conséquences des actions et choisit les actions dont il espère qu'elles seront satisfaisantes » (Simon, 1997, pp.17).

terme s'organise de façon diverse pour décomposer les données et les structurer en sous-éléments (Simon, 1981). Mais, Polanyi (1962) montre que les formes de mémorisation sont complexes et multiples et s'appuient sur un ensemble d'éléments intuitifs et contextuels qui permettent de définir la mémoire comme un ensemble de connaissances tacites et non articulées dont les procédures d'enregistrement dépendent plus d'un exercice ou d'une pratique que la construction d'une architecture *ad hoc*. Nelson et Winter (1982) ont réuni les deux formes de cognition de Simon et Polanyi dans les fondements de leur théorie évolutionniste. C'est ce qu'on trouve dans la mise en œuvre du concept de routines. Si certains auteurs peuvent délibérément se réclamer de l'œuvre de Simon. D'autres s'inscriront au contraire dans la tradition polanyienne des connaissances (Arena et Lazaric, 2003). Les premiers développent, à travers des simulations informatiques (de types algorithmes génétiques), une analyse des problèmes de complexité, alors que les seconds défendent une approche qualitative et font des études empiriques longitudinales pour cibler les diverses connaissances (Cohen et al., 1996).

## **2. Les faits stylisés de l'innovation dans l'approche évolutionniste**

A partir de la fin des années 60, les théories de « technology push » ont été remises en cause par les économistes qui ont mis l'accent sur les occasions d'innover provenant des idées, des informations et de la connaissance qui circulent dans les mécanismes du marché (Carter et Williams 1957 ; Mowery et Rosenberg 1979). Ils montrent que l'innovation apparaît comme un « phénomène de couplage » entre technique et marché (Freeman, 1974) qui opère sur un mode interactif (Mowery et Rosenberg, 1979). L'innovation est un processus de résolution de problème plutôt qu'un événement technologique (Dosi, 1982). Elle se présente comme un processus interactif impliquant des relations entre les firmes et les différents acteurs de leur environnement (Kline et Rosenberg, 1986). Ces relations sont à la fois formelles et informelles et insèrent les firmes dans des réseaux. En réaction au modèle linéaire, les approches nouvelles du processus d'innovation ont développé le modèle interactif. En particulier, Kline et Rosenberg (1986) ont proposé le « *chain-linked model* ». Dans le point suivant, nous présentons ce modèle et les différentes étapes qui le composent.

## 2.1. L'innovation est un processus interactif

Le processus d'innovation est interactif au sens où elle implique une interactivité entre des agents. Cette interactivité peut-être vue d'abord comme interne à la firme, elle renvoie au modèle « chain linked » de Kline et Rosenberg (1986). D'une manière générale, les modèles interactifs mettent l'accent sur le rôle de la conception industrielle et sur les phases aval (liées au marché) et les phases amont (liées à la technologie) de l'innovation. Ces modèles mettent en exergue les interactions entre la science, la technologie et les activités industrielles et commerciales d'innovation. Rothwell et Zegveld (1985)<sup>21</sup> définissent le modèle interactif ou « coupling model » comme « *a logically sequential, though not necessary continuous, process that can be divided into series of functionally distinct but interacting and interdependent stages* ». Kline et Rosenberg (1986) notent que la communauté scientifique et politique dénature « misrepresent » le processus d'innovation comme un processus linéaire de type opérationnel qui irait de l'activité « recherche » à l'activité « développement » puis à l'activité « production » et dont les produits irrigueraient enfin le marché. Le modèle « chain linked » propose une alternative au modèle linéaire. La principale critique que Kline et Rosenberg (1986) adressent au modèle linéaire de l'innovation est qu'il ne met pas en évidence l'existence de liens de « feed back ». Les différentes étapes s'enchaînent linéairement, la seconde étape ne commence qu'une fois que la première est achevée. Kline et Rosenberg (1986) ont ainsi caractérisé de manière très détaillée les interactions et itérations qui caractérisent le processus d'innovation et comment ces interactions et itérations contribuent au succès ou à l'échec des innovations.

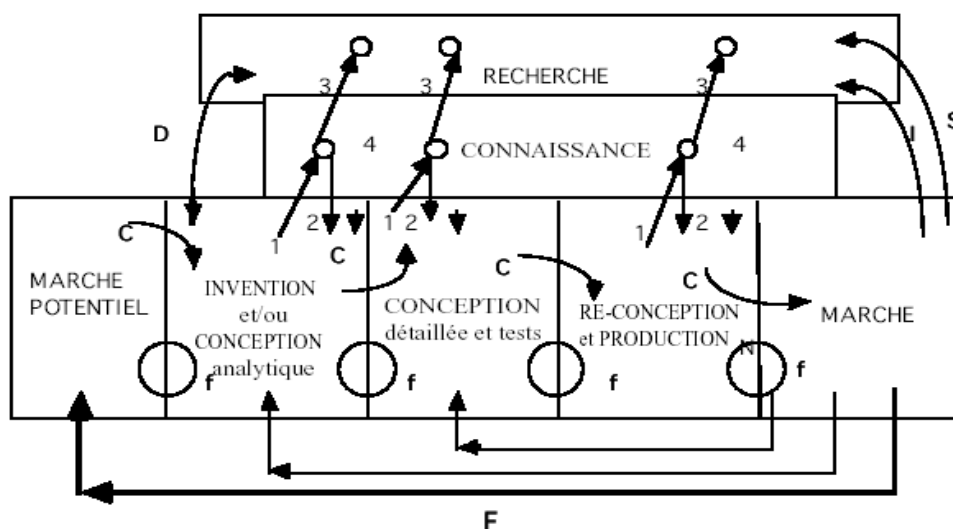
En citant de nombreux exemples historiques, qui montrent à la fois le caractère non opérationnel du processus d'innovation et la faible place de la recherche par rapport à la conception, Kline et Rosenberg placent la conception - et non pas la recherche- au centre de leur modèle. « *The central process of innovation is not science but design. A design in some form is essential to initiating technical*

---

<sup>21</sup> Cité par Rothwell R. (1994), *Industrial Innovation: Success, Strategy, Trends*, in Rothwell R. et Dodgson M. (eds) *The Handbook of Industrial Innovation*, Edward Elgar, pp. 40.

innovation »<sup>22</sup>. A partir de cette nouvelle compréhension du processus d'innovation, Kline et Rosenberg (1986) proposent leur modèle d'innovation de « la chaîne interconnectée » (« *the chain linked model* »). Les auteurs considèrent que le processus d'innovation commence avec l'invention et la conception et non pas avec les résultats de la science. « *The initiating step in most innovations is not research but rather design. Such initiating designs are usually either inventions or analytic design* »<sup>23</sup>. Comme le montre la figure (2.1), la chaîne centrale du modèle est composée de cinq étapes. La première étape est l'identification du marché potentiel. La seconde est celle de l'invention et la conception analytique. La conception produite est testée dans la troisième étape. La quatrième étape concerne la re-conception et le lancement de la production. Le processus finira avec le lancement commercial de l'innovation où le marché réapparaît à cette dernière étape.

**Figure 2. 1: modèle de « la chaîne interconnectée » de Kline et Rosenberg (1986)**



Source : Kline et Rosenberg (1986)

C : chaîne centrale de l'innovation ;

f : boucles courtes de rétroaction (*feedbacks*) entre des activités connexes de la chaîne centrale ;

<sup>22</sup> Kline S.J et Rosenberg N. (1986), An overview of innovation, in Landau R. and N. R. (Eds) *The Positive Sum Strategy: Harnessing Technology for Economic Growth*, Washington, DC, National Academy Press, pp. 286.

<sup>23</sup> ibd, pp. 302.

**F** : boucles longues de rétroaction entre des activités non connexes de la chaîne centrale ;

**D** : relations directes entre la recherche et l'invention ;

**S** : soutien de la recherche scientifique ;

**K-R** : lien connaissance-recherche ; si le problème est résolu au niveau K, ce lien n'est pas activé.

Le modèle de Kline et Rosenberg (1986) met en avant plusieurs processus d'innovation. Le premier et principal processus d'innovation est la chaîne centrale d'innovation indiquée par la lettre **C**. Elle est constituée par une série d'activités de conception : invention (nouveau principe technique qui remplit une fonction) ou conception analytique (« *analytic design* », nouvelles combinaisons de composants ou de sous-ensembles pour un artefact donné), conception détaillée, reconception, production et distribution. Le deuxième processus d'innovation porte sur les *feedbacks* courts (relations **f**), reliant chaque phase (aval) de la chaîne centrale avec celle qui la précède immédiatement, et les *feedbacks* longs reliant les besoins perçus sur le marché et les utilisateurs du produit aux différentes phases en amont (relations **F**). Le troisième type de processus concerne les relations entre la science et l'innovation, c'est-à-dire entre les sphères de la connaissance et de l'innovation. Au sein des activités de conception de la chaîne centrale, il y a une relation quasi-permanente avec la sphère de la connaissance (relations 1 et 2). Si les connaissances disponibles à un moment donné n'apportent pas des réponses aux problèmes des concepteurs, une question peut être adressée à la sphère de la recherche (relation 3). Les phases de la chaîne centrale de la conception réalisent ainsi des relations permanentes avec la sphère de la connaissance, les relations directes avec la recherche ou les innovations radicales sont assez rares (relations **D**). Le dernier processus d'innovation (relations **I** et **S**) correspond aux innovations technologiques nécessaires aux avancées de la science.

Dans le modèle de Kline et Rosenberg, le marché occupe une place importante dans le processus d'innovation. Comme le montre la figure précédente la première chose du processus d'innovation est l'identification du marché potentiel. Le modèle chain-linked met l'accent sur une étroite coordination entre le marché et la technologie et suppose l'existence des éléments interactifs entre la demande et l'offre

dans les relations utilisateur- producteur. La construction d'un processus d'innovation nécessite des ressources variées (connaissances scientifiques, technologiques, études de marché..) et requiert des compétences pour coordonner et organiser les différentes fonctions pour faciliter la circulation de l'information de manière transversale à l'entreprise.

## 2.2. L'innovation est un processus d'apprentissage

Une autre caractéristique fondamentale de la vision évolutionniste, c'est que l'on considère l'innovation comme un processus d'apprentissage. L'apprentissage peut ainsi être défini comme étant : « *un processus par lequel la répétition et l'expérimentation font que des tâches sont effectuées mieux et plus vite et que de nouvelles opportunités de production sont identifiées* »<sup>24</sup>. C'est à travers ce processus d'essai-erreur que se construisent les savoirs et les routines organisationnelles. Les connaissances ainsi créées sont difficilement transférables puisqu'elles sont encadrées dans des routines organisationnelles généralement tacites. Dans ce sens, le processus d'innovation est alors « *un processus d'apprentissage amorcé par des choix innovateurs et soutenue par l'expérience acquise en développant une activité productive nouvelle, et qui a comme résultat l'acquisition d'une nouvelles ressources spécifiques en travail* »<sup>25</sup>.

L'apprentissage est vu comme un processus « *localisé et irréversible - c'est-à-dire dépendant du contexte économique et de la trajectoire passé - un processus dont il est difficile d'accéder aux fruits, même lorsque ceux-ci apparaissent comme information publique* »<sup>26</sup>. Dans ce contexte Cohendet et al. (1992) soulignent que « *La compétition économique porte sur la connaissance opérationnelle de production, le savoir faire technique, et non sur les dernières découvertes théoriques* » inscrits dans *l'annuaire des technologies* » (pp.64). Cependant, la notion d'apprentissage décrit des phénomènes très variés. L'apprentissage peut être individuel. Il a pour référence les analyses traditionnelles de « l'apprentissage par la pratique » (Arrow, 1962). On

---

<sup>24</sup> Dosi G., Teece D. J. et Winter S. G. (1990), « Les frontières des entreprises : vers une théorie de la cohérence de la grande entreprise », *Revue d'économie industrielle*, 1er trimestre, pp. 242 – 243.

<sup>25</sup> Gaffard J.L. (1990), « Innovations et changements structurels », *Revue d'Economie Politique*, n°3, pp. 345.

<sup>26</sup> Cohendet P., Heraud J..A et Zuscovitch E. (1992), Apprentissage technologique, réseaux économiques et appropriabilité des innovations, in Foray D. et Freeman C. (eds) *Technologie et richesse des nations*, pp.64.

entend par « apprentissage par la pratique » comment un individu, en produisant, acquiert de l'expérience et peut favoriser le développement des techniques. L'apprentissage peut également prendre d'autres formes; apprentissage par l'usage « *learning by using* » (Rosenberg, 1982), apprentissage par l'apprentissage « *learning by learning* » (Stiglitz, 1987), dans lequel les connaissances issues d'une pratique et structurant le processus d'apprentissage peuvent également servir à mieux réaliser un autre processus d'apprentissage.

L'apprentissage peut résulter aussi par interaction, qui se manifeste par exemple entre les producteurs et les utilisateurs d'un bien d'équipement (Lundvall, 1988). En termes d'apprentissage, le profit net des interactions des « compétences » dépendent du degré et de la distance entre eux dite « distance culturelle » (Lundvall et Johnson, 1994). Dans ce cadre, deux éléments doivent s'interconnecter pour former suffisamment d'espaces d'interactifs à savoir les capacités d'apprentissage et les opportunités d'apprentissage (Arocena et Sutz, 2000). Le premier élément se rapporte à la construction de capacités à travers la recherche de solutions nouvelles (ou significativement améliorées). Ces capacités permettent la diffusion des connaissances existantes et la création de connaissances nouvelles. Le second est relatif à l'utilisation et l'application de ces dernières.

Au niveau des entreprises l'apprentissage peut résulter de connaissances internes ou externes aux entreprises : apprentissage interne, apprentissage externe (Dogson, 1991). Le premier découle des activités de R&D de la firme. Le second repose sur l'absorption de connaissances provenant de sources externes de la firme, telles que la recherche publique ou les effets des externalités au sein de l'industrie. Ce dernier type d'apprentissage renvoie à la capacité d'absorption de la firme (Cohen et Levinthal, 1989, 1990). De sa part, Malerba (1992) propose une taxonomie des processus d'apprentissage qui distingue trois types d'apprentissage : l'apprentissage relatif aux expériences de production et d'utilisation « *learning by doing and by using* », l'apprentissage découlant de l'exploitation de sources externes de connaissances et l'apprentissage résultant d'un processus interne de recherche. Les deux derniers types d'apprentissage renvoient à la distinction entre l'apprentissage externe et l'apprentissage interne. L'auteur souligne que ces différentes formes d'apprentissage sont à l'origine de la diversité de connaissances et des compétences technologiques des entreprises et sont celles qui favorisent les activités d'innovation.



Dans ce contexte, certains auteurs (David et Rothwell, 1993 ; Foray, 1994) proposent une seconde classification de l'apprentissage : l'apprentissage par la diversité et l'apprentissage par la standardisation. Cette classification fait référence au cycle de vie de la technologie, dont les différentes phases correspondent à des logiques distinctes d'apprentissage. Le premier type d'apprentissage peut être appréhendé comme « *un apprentissage extensif ou apprentissage de la diversité, qui implique l'exploration d'un grand nombre de directions possibles, conduit à l'élimination successive de certaines variantes et s'achève avec la sélection du standard* »<sup>27</sup>. Tandis que le second type d'apprentissage peut être défini comme un « *apprentissage intensif ou apprentissage de la standardisation. L'attention est alors concentrée sur une option particulière. L'usage répété et standardisé de celle-ci permet d'identifier certaines irrégularités et anomalies structurelles, qui seront à la source de nouvelles investigations* » (ibid, pp. 96).

Par ailleurs, l'apprentissage n'est pas seulement technologique mais également organisationnel. Silverberg (1991) parle d'apprentissage social, il montre que la capacité à faire circuler l'information entre les firmes dépend aussi d'un taux d'apprentissage public. Ceci nous renvoie à mettre l'accent sur d'autres types d'apprentissage à savoir l'apprentissage institutionnel et l'apprentissage organisationnel. Les institutions formelles (organisations gouvernementales, agences de développement, lois, etc.) et informelles (valeurs, routines, coutumes, confiance, etc.) jouent un rôle fondamental dans l'apprentissage. Johnson (1992) explique « *since almost all learning is done by some from interaction, it is shaped by institutions. It is a social process. It is seldom done individually, without support of, or isolated from, interpersonal relations. To observe nature and learn from it in splendid isolation is a rare learning. Not even Robinson Crusoe was very good at that. He was mostly experimenting with and using knowledge he had acquired earlier in social context* » (pp. 30-31). On entend par apprentissage institutionnel la capacité des institutions à se mettre en cause, à adapter leurs structures et leurs objectifs, à se renouveler en fonction des changements de l'environnement (Maillat et Kébir, 2006).

---

<sup>27</sup> Foray D. (1994), « Recherche et technologies – les nouveaux paradigmes de l'apprentissage technologique », *Revue d'économie industrielle*, 1<sup>er</sup> trimestre, pp. 96.

L'apprentissage organisationnel est un processus collectif qui présuppose interaction et communication. Il sous-entend l'aptitude de toute organisation à produire, accumuler et mémoriser de nouvelles connaissances. Scott et al. (1996) définissent l'apprentissage organisationnel comme « *the capacity of an organisation to learn how to do what it does, where what it learns is possessed not by individual members of the organisation but by the aggregate itself. That is, when a group acquires the know-how associated with its ability to carry out its collective activities, that constitutes organisational learning* » (pp.438). L'apprentissage organisationnel touche non seulement à ce que se passe dans une organisation, mais aussi aux relations organisationnelles (Maillat et Kébir, 2006).

Dans une opposition fondamentale à une « économie d'allocation », les évolutionnistes instaurent, ainsi, une « économie de l'apprentissage ». L'innovation est le résultat d'une procédure de résolution de problèmes scientifiques ou techniques ayant les caractéristiques d'un processus d'apprentissage : local, cumulatif et irréversible. Comme mécanisme d'orientation d'apprentissage, dans le contexte de rationalité limitée et de l'incertitude technologique et de la dynamique systémique de la technologie, les évolutionnistes proposent le concept de « trajectoires technologiques ». Les trajectoires technologiques décrivent les grandes configurations prises par l'apprentissage technologique au niveau des secteurs comme des firmes (Pavitt, 1984, 1989). Au-delà des travaux sur les trajectoires technologiques propres à une industrie ou ensemble d'industries, les évolutionnistes ont proposé les concepts de « paradigmes technologiques » et celui de « paradigmes techno-économiques » comme « façon dominante de penser globalement la production à l'échelle d'une économie considéré globalement »<sup>28</sup>.

### **3. Les concepts fondamentaux : paradigmes technologiques, paradigmes techno-économiques et trajectoires technologiques**

Dosi (1982) définit la technologie comme un ensemble de connaissances pratiques (liées à des problèmes et des appareils concrets) et théoriques (mais

---

<sup>28</sup> Dockès P. (1990), « Formation et transferts des paradigmes socio-techniques », *Revue Française d'Economie*, vol V, n° 4, pp. 38.

applicable en pratique bien que nécessairement déjà mis en pratique), de savoir-faire, de méthodes, de procédures, d'expériences de succès et d'échecs, et de matériel physique et d'équipements. L'équipement et le matériel constituent la partie incarnée de la technologie, conçue comme le résultat d'une activité de résolution de problème par la partie « désincarnée ». Si le changement technologique n'est pas régulier dans le temps, il tend le plus souvent à orienter l'évolution des systèmes technologiques dans une direction relativement bien identifiée. C'est ce qu'explicitent la notion de « paradigmes technologiques » et « paradigmes techno-économiques ».

### **3.1. Paradigmes technologiques et paradigmes techno-économiques**

Dosi (1982, 1988) souligne que toute innovation technologique implique le développement de procédures et des modèles formant ce qu'on appelle « paradigme technologique ».

#### **3.1.1. Paradigmes technologiques**

Le concept de paradigme technologique est défini par analogie avec celui de « paradigme scientifique ». Khun (1972) observe que toute théorie scientifique contient un cœur qu'il est impossible de remettre en cause sans renoncer à la théorie elle-même. C'est ce cœur que l'auteur qualifie de « paradigme ». Khun (1972) définit un paradigme comme un corps de pensée et d'interprétation qui a le pouvoir d'orienter le travail de conceptualisation et d'expérimentation. Dans le même cadre d'idées, Dosi (1982) souligne que le paradigme technologique est une approche qui décrit conceptuellement des problèmes à affronter et des exigences à satisfaire, des principes scientifiques auxquels recourir et des technologies spécifiques à utiliser concrètement. L'auteur précise aussi que l'émergence d'un nouveau paradigme technologique est déterminée par le progrès scientifique et est stimulée par les difficultés rencontrées. Dosi (1988) présente le paradigme technologique « *Comme un modèle de résolution de certains problèmes technico-économiques fondé sur des principes de connaissance hautement sélectionnés dérivés des sciences, conjointement avec des règles spécifiques conçues pour acquérir de nouvelles connaissances et les préserver, dans la mesure du possible, contre une rapide diffusion vers les*

*concurrents* »<sup>29</sup> . Un paradigme technologique est donc un programme qui consiste à définir d'une façon conceptuelle les questions et les problèmes technologiques à traiter. Il est à la fois une façon de penser l'état donné des solutions techniques et sa logique d'évolution, à la fois une vision des solutions acquises temporairement et des problèmes posés, des directions et des modalités du changement technique à partir d'un programme de recherche. En d'autres termes, un paradigme technologique dessine une certaine conception du progrès technique. Il construit, sur une base matérielle, les principes constitutifs des progrès techniques normalement attendus par la communauté des ingénieurs et par les autres communautés qu'elle intéresse (les milieux industriels et les usagers). Le paradigme normalise la recherche et le progrès technique ».

Selon Dosi et Nelson (1994) trois éléments peuvent caractériser un paradigme technologique : « *First, it refers to the set of understandings about particular technologies that are shared by firms and engineering communities about its present and innate limitations. Second and relatedly, it embodies the prevailing views and heuristics on « how to make things better » ; and third, it is often associated with shared ideas of « artefacts » which are there to be improved in their performances and made cheaper in their production* » (pp.161). Dosi (1982) souligne que le déplacement d'un paradigme à un autre ne peut avoir qu'avec des innovations radicales capables de susciter des ruptures dans la base de connaissances des ingénieurs. Le changement d'un paradigme technologique Le concept de paradigme technologique semble s'inspirer par la notion schumpétérienne de destruction créatrice.

Dans ce même cadre d'idée, Perez (1983, 1988) adopte la notion de paradigme technologique proposée par Dosi (1982), pour décrire les trajectoires des différentes technologies, et l'englobe dans un concept plus vaste qui définit une trajectoire commune ou «méta-paradigme» appelé « style technologique » ou « paradigme techno-économique ».

---

<sup>29</sup> Dosi G. (1988), « Sources, procedures, and microeconomic effects of innovation », *Journal of Economic Literature*, Vol. XXVI, September, pp. 1127.

### 3.1.2. Paradigmes techno-économiques

Le paradigme techno-économique réfère « à une combinaison d'innovations interreliées de produit, de procédé, techniques, organisationnelles et managériales, et incorporant un saut dans la productivité potentielle pour toute ou la plupart de l'économie et permettant de grandes opportunités d'investissement et de profit »<sup>30</sup>. Ainsi, un paradigme techno-économique pourrait être défini comme le contexte technologique, économique, social et institutionnel relatif à une période donnée. La succession des styles technologiques expliqueraient différentes phases de développement économique sur une longue période. Dans ce sens, le changement contemporain de paradigme techno-économique peut être interprété comme le passage d'une technologie basée principalement sur des prix faibles de l'énergie à une technologie fondée essentiellement sur des inputs d'information à prix bas suite aux progrès des technologies de la microélectronique et des télécommunications.

De fait la notion de paradigme techno-économique est à rapprocher du concept de paradigme technologique qu'elle se distingue cependant sur plusieurs points<sup>31</sup> :

- un changement du paradigme technico-économique concerne la conception commune du progrès à laquelle adhère une communauté nationale. Il se manifeste dans tous les secteurs d'une économie.

- la motivation économique à l'origine éventuelle d'un changement de paradigme trouve son origine dans, outre la disponibilité d'un ensemble d'innovations radicales notionnelles, la disponibilité universelle et à bas prix d'un facteur clé ou d'une combinaison d'inputs.

- une nouvelle période de prospérité et de croissance économique mondiale est généralement précédée par une période d'adaptation des structures socio-institutionnelles correspondant aux phases dépressives du cycle long schumpétérien.

---

<sup>30</sup> Freeman C. et Perez C. (1988), Structural crises of adjustment, business cycles and investment behavior, in Dosi G. et al. (éd.), *Technical Change and Economic Theory*, Londres, Pinter Publishers. 3 édition, pp. 47-48.

<sup>31</sup> Paulré B. (2004), L'analyse évolutionniste contemporaine du changement technique et de l'innovation, Contribution à *L'Economie Industrielle en Mutation*, Hamdouch A. (Ed.), Numéro spécial de *CLES*, Paris, L'Harmattan.

Dès lors, la notion de paradigme technico-économique est plus large que celle de paradigme pour deux raisons. D'une part, elle comprend, à la manière d'une grappe, plusieurs paradigmes. En effet, le paradigme technico-économique associé à l'usage moderne de l'électronique réunit celui des calculateurs, de l'automatisation, etc. D'autre part, les changements techniques impulsés par le paradigme technico-économique ne concernent pas seulement les produits et les techniques mais également doivent obéir à certaines contraintes économiques de coûts, de capacité de production, de commercialisation. Freeman (1991) écrit: «...*the expression of techno-economic paradigm is to be found not only in new range of products and systems but in the dynamics of the relative cost structure of all possible inputs to production* »<sup>32</sup>.

Selon Freeman et Perez (1988) un nouveau style technologique émerge quand le système techno-économique atteint les limites de ses possibilités de progrès de productivité. Le nouveau paradigme technico-économique pénètre d'abord dans une structure industrielle dominée par les anciens. Ensuite la diffusion technologique, à l'origine, anime le développement d'un ou quelques secteurs. Une plus grande période d'adaptation structurelle suit inévitablement lorsque qu'on trouve aux prises avec une nouvelle infrastructure, de nombreux changements institutionnels, des compétences universellement accessibles ainsi que de matériaux et de l'équipement d'un nouveau genre. Le nouveau paradigme technico-économique va s'accompagner très graduellement en démontrant sa supériorité en termes des coûts. Le changement d'un paradigme technico-économique s'accompagne par l'émergence des technologies génériques et omniprésentes, ainsi que de nouvelles pratiques organisationnelles favorisent une augmentation significative de la productivité potentielle de la majorité des activités existantes. Le changement que décrivent Freeman et Perez (1988) se rapproche du concept de destruction créatrice schumpétérien : « *Changes of techno-economic paradigm correspond to the creative gales of destruction which are at the heart of Schumpeter's long wave* » (Freeman, 1991, pp. 223).

Freeman et Perez (1988) soulignent que dans un nouveau paradigme techno-économique un input ou un ensemble d'inputs particuliers qui sont décrits comme des facteurs clés remplissent les conditions suivantes : (i) ils permettent une diminution

---

<sup>32</sup> Freeman C. (1991), « Innovation, Changes of Techno-Economic Paradigm and Biological Analogies in Economics », *Revue économique*, volume 42, numéro 2, pp.224.

majeure des coûts; (ii) ils sont largement disponibles, et; (iii) sont très utilisés ou incorporés dans plusieurs produits et procédés (existence de grands potentiels pour l'utilisation ou l'incorporation).

Perez (2004) ajoute que la construction et la diffusion de chaque paradigme techno-économique se fait à trois niveaux inter-reliés :

1- un ensemble de nouveaux systèmes technologiques qui se développent et se diffusent dans la sphère productive (dans le cas actuel ce seraient la microélectronique, les logiciels et les industries reliés aux ordinateurs, les télécommunications et tous les services liés à eux).

2- un ensemble de « meilleures pratiques » capables de tirer avantage de ces technologies, qui deviennent des pratiques génériques se déploient dans l'ensemble de des industries et des activités productives tout en créant le cadre propice de l'innovation.

3- Ces pratiques se propagent au niveau de « sens commun », permettant la conception d'un nouveau cadre institutionnel.

Dans cette optique, les institutions sont elles aussi soumises au processus de destruction créatrice schumpétérien. Toutefois, l'approche de Freeman et Perez, a une portée bien plus large que celle de Schumpeter. Ainsi, ce n'est pas tant l'apparition de grappes d'innovation (à un moment de cycle) qui va expliquer le changement technologique mais d'avantage d'une adaptation progressive des structures économiques et institutionnelles. Perez (2004) note: « *Thus, long wave transitions are processes of « creative destruction » not only in the economy, as shown by Schumpeter, but also in the socio-institutional sphere* »<sup>33</sup>.

---

<sup>33</sup> Perez C. (2004), *Technological Revolutions Paradigm Shifts and socio-institutional Change*, in Reinert E. (eds), *Globalization, Economic Development and Inequality: An alternative Perspective*, Edward Elgard, pp.33

### 3.2. Trajectoires technologiques

Comme l'a souligné Dosi (1988), le processus de changement technologique est par nature cumulatif et spécifique aux firmes. Par conséquent, plusieurs processus d'innovation locaux coexistent, générant des trajectoires technologiques spécifiques aux firmes. Étant donné, les caractères cumulatifs, spécifiques et irréversibles du processus d'innovation, l'approche évolutionniste de l'innovation suppose, au départ, l'existence d'un potentiel technologique donné qui se développerait dans un certain nombre de directions ou trajectoires, mais elles sont par définition mises en œuvre dans les limites du paradigme technologique. Nelson et Winter (1977, 1982) ont déjà introduit le concept de « trajectoire naturelle » qui « traduit l'idée selon laquelle certaines évolutions de la technologie sont des véritables impératifs qui s'imposent et ne peuvent être évités ». Selon Nelson et Winter (1977) deux types de trajectoires naturelles peuvent être appréhendées. Le premier type des trajectoires se trouve dans de nombreuses activités et qui peuvent être qualifiée de trajectoires naturelles générales ou génériques. Comme exemple, on peut citer celui de la mécanisation croissante et l'exploitation progressive des économies d'échelle. Le second type concerne les trajectoires qui sont caractéristiques de secteurs particuliers et qu'on qualifie de trajectoires naturelles spécifiques.

Dosi (1982) fut le premier qui a utilisé le terme de trajectoire technologique pour rendre compte que du fait que les processus de recherche des agents économiques sont localisés autour ce qu'ils connaissent (les routines). Plus précisément, une trajectoire technologique peut être définie comme « *the path of improvement taken by that technology, given technologist's perceptions of opportunities, and the market and other evaluation mechanisms that determined what kind of improvements would be profitable* »<sup>34</sup>. Une trajectoire technologique décrit donc la nature des opportunités technologiques, des structures techniques, de la concurrence ainsi que les mécanismes d'apprentissages sous-jacents au changement technologique. La trajectoire technologique pourrait aussi représenté comme un cylindre qui constituerait un « bouquet » de direction technologique possibles « dont la couverture extérieure (limites) est définie par la nature du paradigme lui-même ».

---

<sup>34</sup> Dosi G. et Nelson R.R. (1994), « An introduction to evolutionary theories in economics, *Journal of evolutionary economics* », vol. 4 n°3, pp.161.



Dans un tel cadre d'analyse, le développement technologique ne peut plus être considéré comme un processus aléatoire. Tel un processus d'apprentissage, le progrès technique est cumulatif et contraint. Chaque choix technique dépend des choix antérieurs et détermine les choix ultérieurs.

Dosi (1984) ajoute que l'évolution d'une firme se place dans une trajectoire technologique qui la spécialise et lui permet de réaliser des progrès technologiques dans les directions imposées par le paradigme technologique. La dépendance de sentier (path-dependency) caractérise le conditionnement temporel des développements technologiques des entreprises le long des trajectoires (Dockès, 1990). Autrement dit, les firmes subissent une contrainte de sentier qui inscrit progressivement l'entreprise dans une trajectoire technologique spécifique qui n'est pas nécessairement optimale car il peut exister des effets de lock-in, c'est-à-dire d'enfermement de la firme sur des technologies sous-optimales. Dans ce contexte, plus la trajectoire est « pointue » plus il est difficile de basculer vers une technologie alternative. Dans le cas où la l'orientation s'avère infructueuse, il faudrait mieux que la firme, afin d'éviter d'être éliminée, remettre en cause sa direction, donc change de paradigme. Dosi (1984) est conscient qu'une telle décision est délicate, dans le sens où « *en général il faudra repartir à zéro* »<sup>35</sup> dans le processus de résolution de problème technique.

Par ailleurs, la définition de l'innovation comme processus cumulatif et spécifique, et non plus comme résultat désincarné, a ouvert la voie à un certain nombre de travaux taxonomiques visant à établir une taxonomie des trajectoires technologiques sectorielles. Le plus important et le plus élaboré dans ces travaux est celui de Pavitt (1984).

#### **4. Renouveau de l'analyse de la relation innovation emploi : Le point de vue des théories évolutionnistes**

Au niveau du premier chapitre, nous avons mis en relief les apports des économistes classiques et néoclassiques dans le débat innovation-emploi. Dans ce qui suit, nous allons tenter d'étudier cette problématique dans une perspective évolutionniste. Ainsi, nous allons essayer d'illustrer l'interdépendance entre le cycle

---

<sup>35</sup> Dosi G. (1984), *Technical Change and Industrial Transformation*, St Martin's Press, New York, pp.17.

de vie de produit et la question de l'emploi. Nous nous allons nous intéresser, ensuite, à la nature de trajectoires technologiques et leurs conséquences sur l'emploi. Enfin, dans une optique plus macro-économique, nous aborderons les types de régularités technico-économiques, structurant la dynamique des industries, reconnues par les auteurs évolutionnistes. Cela nous permettra d'insérer le lien entre le progrès technique et emploi dans une perspective de long terme.

#### **4.1. Le cycle de vie de produit et la question de l'emploi**

Comme le constatent Djellal et Gallouj F (2006), le cycle de vie du produit est aussi un cycle de l'emploi. Ainsi, l'objet de cette section est de proposer une relecture, à la lumière de la question de l'emploi, des travaux consacrés aux modèles de cycle de vie.

##### **4.1.1. Le modèle d'Abernathy et Utterback**

Le modèle formalisé par Abernathy et Utterback (1978) peut être considéré comme le cadre de référence des analyses de cycle de vie du produit. Ce modèle comprend trois phases : la première appelée « fluide », se caractérise par l'introduction de nouvelles combinaisons productives mises au point à partir d'une discontinuité technologique majeure à l'origine d'un flux continu d'innovations de produit. La propension à innover dans les produits est très forte dans cette phase car la concurrence est forte et les processus de fabrications non standardisés. En revanche le nombre des innovations de procédé est faible, étant donné que la demande est encore insuffisante pour justifier les coûts relatifs à la production d'équipements spécialisés. La concurrence entre les firmes, qui entrent donc dans ce nouveau marché et proposant différentes versions de ce produit, s'effectue au niveau des innovations de produit. Or, selon Katsoulacos (1984, 1986), l'innovation de produit, qui consiste à introduire des qualités nouvelles sur le marché et donc à susciter une demande nouvelle, contribue à la conquête de nouveaux marchés, autrement dit, à l'accroissement de la production et de l'embauche. Ainsi, le cycle de produit, dans cette première phase, est caractérisé par un progrès technique qui augmente la qualité de capital tout en épargnant celui-ci, c'est-à-dire en utilisant plus de facteur travail.

Progressivement, cette tendance s'inverse lors de la phase de « segmentation » où apparaît une dynamique d'innovation de procédé et un recul des innovations de produits. Lors de cette phase, la compétitivité se transforme en innovations lors d'un

processus qui cherche à améliorer la qualité du produit grâce à une réduction de la variété de ce dernier. Les méthodes de production s’harmonisent et s’automatisent avec une augmentation des capitaux. Les innovations de produit laissent ainsi la place à des innovations de procédé. Dans cette seconde phase, le progrès technique (en valeur nette) est plus neutre quant au facteur travail et il a un effet équivalent d’augmentation de la qualité et de la quantité du capital (Djellal et Gallouj F., 2006).

La dernière phase, « systémique », est liée à un glissement de la compétition pour la qualité vers une amélioration de procédés permettant une réduction du coût unitaire de quelques produits mis sur un marché quasiment saturé. De fait, cette phase se caractérise par la baisse des probabilités que les nouvelles innovations (de produits et de procédés) soient adoptées, et donc est marquée par un ralentissement du taux d’innovation. Dans cette dernière phase, le cycle de produit est caractérisé par un progrès technique qui épargne le travail et augmente la quantité de capital. En effet, l’innovation de processus, dans son acception traditionnelle, consiste à substituer du capital au travail. Elle a donc un effet destructeur d’emplois. Il est intéressant à remarquer que le cycle du produit est aussi un cycle de l’emploi : l’innovation commence par être créatrice destructrice d’emplois avant d’en être destructrice.

**Tableau 2. 1 : Le cycle de vie de produit de (Abernathy et Utterback, 1978), un cycle de l’emploi**

Étapes du cycle	Forme d’innovation dominante	Impacts du progrès technique sur les facteurs de production.
Première étape	Innovation de produit	Progrès technique augmentant la qualité du capital et épargnant celui-ci (utilisant du travail).
Deuxième étape	Innovation de procédé radicale	Progrès technique neutre vis-à-vis du travail et favorisant l’augmentation de la quantité et de la qualité et du capital.
Troisième étape	Innovation de procédé incrémentale	Progrès technique qui épargne du travail et augmente la quantité de capital utilisée.

Source : auteur inspiré de (Abernathy et Utterback, 1978) et (Djellal et Gallouj F., 2006).

#### **4.1.2. Le modèle de Gort et Klepper**

Gort et Klepper (1982) sont à l'origine d'une approche en termes de cycle de vie de la structure de marché (voir également Klepper, 1997, 2002a, 2002b). Construit, à partir l'observation de l'évolution du nombre d'entreprises de 46 secteurs de longue période à partir la naissance de produit, ce cycle de vie industriel se compose de cinq phases. La première débute avec l'introduction commerciale d'un nouveau produit, le plus souvent à l'initiative d'une entreprise singulière, celle qui est à l'origine de l'innovation. Lors de cette phase, la taille de marché est étroite, l'incertitude est très forte et la conception du produit et de ses usagers qui en seront faits n'est pas encore stabilisée. Cette phase s'achève lorsque de nouveaux entrants commencent à pénétrer l'industrie émergente. Le cycle de produit, dans cette première phase, est caractérisé par un progrès technique qui augmente la qualité de capital tout en épargnant celui-ci, c'est-à-dire en utilisant plus de facteur travail. La deuxième phase se caractérise par une forte croissance du nombre des producteurs installés sur le marché et le design définitif de produit commence à se dégager. Au cours de cette période, l'information est aisément transférable d'une industrie à l'autre, les opportunités de profit sont importantes et ceci exerce un effet positif sur l'entrée. Dans cette seconde phase, le progrès technique qui augmente le facteur travail et il a un effet équivalent d'augmentation de la qualité et de la quantité du capital.

Au cours de la phase 3, le nombre des entreprises tend à se stabiliser, le nombre des entrants étant grossièrement contrebalancé par celui des sortants. L'innovation de produit décroît, c'est l'innovation de procédé qui se développe avec l'apparition des équipements spécialisés. L'effort d'innovation porte ainsi de plus en plus sur les procédés qui deviennent de plus en plus capitalistiques, car la taille du marché permet désormais l'exploitation des économies d'échelle. L'entrée devient alors de plus en plus difficile. Dans cette phase, le progrès technique est plus neutre quant au facteur travail et il a un effet équivalent d'augmentation de la qualité et de la quantité du capital. La quatrième phase se caractérise par la diminution du nombre de firmes, à la fois par le tarissement des flux d'entrée et par l'accélération des sorties. L'entrée est freinée de manière significative, les sorties sont importantes et le

« shakeout »<sup>36</sup> est inévitable. L'information joue le rôle de barrière à l'entrée et les opportunités de profit sont alors plus réduites pour les entrants potentiels, mais aussi pour les firmes installées qui réalisent l'innovation de procédé de manière moins efficiente. Enfin, lors de la cinquième phase, on assiste à une disparition d'un nombre important des entreprises installées, à une sortie massive. Le marché converge vers un stade de maturité, les parts de marché se stabilisent. Dans ces deux dernières phases, le cycle de produit est caractérisé par un progrès technique qui épargne le travail et augmente la quantité de capital.

**Tableau 2. 2 : Le cycle de vie de produit de Gort et Klepper (1982), un cycle de l'emploi**

Phases de cycle	Structure de marché	Forme d'innovation dominante	Impacts du progrès technique les facteurs de production.
Phase 1	Nombre de producteurs limité	Innovation de produit radicale	Progrès technique augmentant la qualité du capital et épargnant celui-ci (utilisant du travail).
Phase 2	Entrée d'un grand nombre de producteurs	Innovation de produit incrémentale	progrès technique augmentant le facteur travail et favorisant l'augmentation de la qualité et de la quantité du capital.
Phase 3	Flux entrée-sortie nulle	Innovation de procédé radicale	Progrès technique neutre vis-à-vis du travail et favorisant l'augmentation de la quantité et de la qualité et du capital.
Phase 4 et Phase 5	Flux entrée-sortie négative	Innovation de procédé incrémentale	Progrès technique qui épargne du travail et augmente la quantité de capital utilisée.

Source : auteur inspiré de (Gort et Klepper (1982))

#### 4.2. Les approches taxonomiques

Pour intéressantes qu'elles soient, les approches en termes de taxonomies sectorielles ne s'intéressent pas explicitement aux impacts des différentes trajectoires d'innovation sur l'emploi. Cependant, comme le rappellent Djellal et Gallouj F

---

<sup>36</sup> Klepper et Miller (1995) donnent une définition du shakeout : une industrie ne connaît pas de shakeout si le nombre de firmes installées ne descend pas en dessous de 70 % du pic maximal ou bien si, descendu en dessous de ce seuil, ce nombre remonte au moins à 90 % du pic. Selon les deux auteurs, seules 27 des 46 industries étudiées à l'origine par Gort et Klepper (1982) ont effectivement subi un shakeout.

(2006), « ...ces taxonomies s'appuient sur la distinction fondamentale entre innovation de produit et innovation de process, et sur la part relative de chacun de ces types dans un secteur donné, on peut faire l'hypothèse que, toutes choses égales par ailleurs, les trajectoires sectorielles correspondantes où domine l'innovation de produit sont créatrices d'emplois, tandis que les trajectoires sectorielles dominées par l'innovation de process sont destructrices d'emplois »<sup>37</sup>.

#### **4.2.1. La taxonomie de trajectoires technologiques sectorielles de Pavitt (1984)**

S'appuyant sur une base de données concernant 2000 innovations significatives (de produit ou de procédé) au Royaume-Uni de 1945 à 1979, Pavitt (1984) fut le premier qui a mis en évidence un ensemble de déterminants et de caractéristiques des trajectoires pour établir une taxonomie des trajectoires technologiques. La taxonomie de Pavitt (1984) est une construction à la fois empirique et théorique d'une grande force suggestive (Gallouj F., 1999). En fonction d'un certain nombre de critères et de caractéristiques (et notamment les sources de la technologie, les types d'utilisation, les régimes d'appropriation de l'innovation, la taille relative des firmes innovatives, l'intensité et la direction de la diversification technologique, etc.), la taxonomie de Pavitt (1984) permet d'identifier quatre catégories principaux de firmes associées à des secteurs principaux d'activité qui suivent chacun une trajectoire respectant une certaine combinaison des caractéristiques choisies :

- *Le groupe des firmes dont les activités sont basées sur la science* : pour cette catégorie des entreprises les innovations sont directement liées aux nouvelles connaissances scientifiques et les dépenses en recherche sont très élevées et les activités d'innovation sont généralement mises en œuvre par des grands laboratoires de R&D. La clef de succès tient principalement dans la diversification des produits et l'expansion vers de nouveaux marchés avec l'apparition de nouveaux produits. Cette catégorie comprend les secteurs : électronique, électricité et chimie.

---

<sup>37</sup> Djellal F. et Gallouj F. (2006), « la relation innovation emploi dans les services », *Travail et emploi* n° 108, pp. 50.

- *Le groupe des firmes à échelle de production élevée* dont les firmes sont de grande taille et les économies d'échelle sont importants. La recherche interne, d'une part et les offreurs spécialisés, d'autre part, jouent un rôle primordial dans le processus d'innovation. La trajectoire technologique est aussi bien une trajectoire de type « cost cutting » ou baisse des coûts, qu'une trajectoire de conception/reconception du produit. Cette catégorie comprend les firmes des secteurs suivants : activités à processus continue (acier, verre), production de masse (automobiles, biens durables).

- *Le groupe des firmes dominées par les fournisseurs* dont les firmes sont de petites et de moyennes taille. La technologie est principalement une technologie de processus provenant des fournisseurs extérieurs d'équipements et de matériaux. Les capacités d'apprentissage sont assez limitées ainsi que la diversification technologique est faible. La trajectoire technologique est une trajectoire de type « cost cutting » (baisse des coûts) dans la mesure où il y'a une sensibilité des utilisateurs aux prix. Ce groupe de firmes inclue généralement les secteurs suivants : l'agriculture, les bâtiments et travaux publics, le textile, l'habillement, le cuir, l'imprimerie et l'édition et une grande partie des services professionnels et financiers.

- *Le groupe des fournisseurs spécialisés* dont les firmes sont relativement petites et sont proches des utilisateurs, lesquels sont sensibles à la qualité. L'exploitation de nombreuses opportunités d'innovation se réalise par des activités informelles d'amélioration des produits et les compétences cumulatives assurent une forte appropriation de l'innovation. Comme pour le groupe *des firmes dominées par les offreurs* la diversification technologique est faible pour cette catégorie d'entreprises. Mais, la trajectoire technologique est une trajectoire de conception/reconception du produit, comme pour le cas de *groupe des firmes de production de masse*. Ce groupe inclue principalement les secteurs de l'ingénierie mécanique et celui de l'instrumentation.

Pour intéressante qu'elle soit, cette taxonomie des trajectoires technologiques ne permet pas de rendre compte de la variété de trajectoires d'innovation dans les services (Gallouj F., 1999). La taxonomie de Pavitt méconnaît la très grande

hétérogénéité des activités de services. De sa part, Dosi (1988) souligne que cette taxonomie est réductrice puisqu'elle ne permet pas de couvrir tous les cas de figure selon les activités. Il donne à titre d'exemple que l'activité aérospatiale partage, à la fois, avec les firmes dont les activités sont basées sur la science l'importance des innovations liées à l'apparition des nouvelles connaissances scientifiques, et avec le groupe des firmes à échelle de production élevée l'importance des économies d'échelle<sup>38</sup>. A fin de surmonter cette insuffisance, Tidd et al. (2001) ajoutent une cinquième catégorie de firmes à savoir :

- *le groupe de firmes intensives en connaissance* dont les firmes sont de petite taille, mais elles sont d'importants producteurs d'innovation technologiques. La nature de l'innovation et les stratégies de ces entreprises se ressemblent en grande partie à celle de *groupe des fournisseurs spécialisés*. La trajectoire technologique est, à la fois, une trajectoire de type baisse des coûts et de conception/reconception du produit (ou service). Cette catégorie de firmes comprend les secteurs suivants : finance, publicité, télécommunication, transport, vente de détail.

Plus récemment, en combinant la taxonomie de Pavitt (1984) et celle de Soete et Miozo (1990)<sup>39</sup>, Castellacci (2008) propose une nouvelle typologie de trajectoires technologiques, semblant être plus fine, qui regroupe le secteur industriel et celui de service dans la même taxonomie.

#### **4.2.2. La taxonomie de Castellacci (2008)**

La taxonomie de Castellacci (2008) constitue un pas en avant important dans la compréhension de la diversité des trajectoires technologiques dans l'ensemble de

---

<sup>38</sup> Dosi G. (1988), « Sources, procedures and microeconomic effects of innovation », *Journal of Economic Literature*, Vol. XXVI.

<sup>39</sup> Soete et Miozo (1990) ont proposé une taxonomie de trajectoires spécifique aux services. Les auteurs distinguent ainsi trois types de firmes ou de secteurs : 1) Les firmes dominées par les fournisseurs d'équipements et de systèmes technologiques. Ces firmes interviennent peu dans la production des technologies de procédé qu'elles utilisent, elles se contentent de les acquérir auprès des fournisseurs industriels; 2) Les firmes en réseau, ce sont des entreprises de grande taille et suivant une trajectoire technologique de type baisse de coût; 3) Les fournisseurs spécialisés et les services fondés sur la science, ce sont des firmes de grande taille et très innovatrices. La trajectoire technologique qui les oriente est fondée sur la conception de système.



l'économie (secteur industriel, secteur tertiaire). La taxonomie est basée sur le modèle paradigme-régime-trajectoire. Ce modèle est généralement employé dans l'étude des activités technologiques dans le secteur industriel, mais Castellacci (2008) tente à l'appliquer, aussi, au secteur tertiaire dans le cadre du modèle schumpétérien de croissance. L'auteur distingue ainsi quatre groupes de firmes ou de secteurs. Chaque groupe comporte deux sous groupes :

- « *les fournisseurs de connaissances avancées* » : ce groupe de firmes se caractérise par d'importantes opportunités technologiques et une capacité significative de contrôle et de création des connaissances technologiques complexes. Les entreprises sont en général de petite taille, elles tendent à développer leurs activités technologiques en collaboration étroite avec leurs clients et les utilisateurs des nouveaux produits ou services qu'elles créent. Ces firmes peuvent être classées en deux sous groupes : 1) pour le cas de l'industrie, les fournisseurs spécialisés de machines, l'équipement et les instruments de précision; 2) dans les services, les fournisseurs de connaissances spécialisées et des solutions techniques (software, R&D, ingénierie, consultation)

- « *Services d'infrastructure et de support* » : ce sont les firmes dont la capacité interne de développer de nouvelles connaissances est limitée. La trajectoire technologique qui les oriente est basée sur l'acquisition des machines, de l'équipement et des différents types de connaissances technologiques avancées existant dans le système économique. Deux sous groupes peuvent être distingués pour cette catégorie de firmes : 1) les fournisseurs de services et d'« infrastructure physique de distribution » (par exemple transport et commerce de gros; 2) les fournisseurs de services d'« infrastructure réseau » (tel que des finances et des télécommunications). Les entreprises de ce dernier groupe se caractérisent par une utilisation très intensive des nouvelles technologies de l'information et des télécommunications (TIC), dans le but d'augmenter l'efficacité de processus de production et la qualité de leurs services.

- les secteurs de « *production de masse des biens* » : ces secteurs représentent une grande partie du secteur industriel. Les firmes de ce groupe produisent des

produits finals, mais aussi des produits intermédiaires utilisés par d'autres industries. Elles se caractérisent par une capacité interne, très élevée, pour développer de nouveaux produits et services. Ces sont des entreprises de grande taille et leur rentabilité dépend des économies d'échelles qu'elles peuvent réaliser à travers la production en chaîne des « biens standards ». On peut distinguer deux sous groupes distincts: 1) les industries à « échelle intensive », ce sont des industries qui ont généralement leurs propre département de R&D, mais leurs activités d'innovation se réalisent aussi en collaboration avec les fournisseurs spécialisés des machines et des instruments de précision (ce groupe incluse par exemple l'automobile, autres équipements de transport); 2) les secteurs « fondés sur la science » qui se caractérisent par une grande capacité interne à créer des nouvelles connaissances. Le processus d'innovation dépend des découvertes scientifiques obtenues par les universités et les autres instituts de recherche publique (ce groupe comporte par exemple l'électronique).

- les producteurs de « *biens et services personnels* », ces secteurs (appartenant aussi bien à l'industrie qu'au secteur des services) se caractérisent par un contenu technologique faible, leur capacité de développer de nouveaux produits et de nouveaux procédés est très limitée. Les entreprises de ce groupe souffrent généralement d'un manque de possibilités et de ressources pour maintenir et organiser leur propre département de R&D. De fait, la stratégie d'innovation dominante de ces firmes est principalement basée sur l'acquisition, auprès des fournisseurs, des machines, de l'équipement et d'autres types de connaissances externes. Ce groupe incluse deux sous groupes: 1) les producteurs des biens personnels (par exemple textile); 2) les fournisseurs des services personnels (hôtellerie, restauration).

Certes, ces typologies ne s'intéressent pas explicitement aux impacts des différentes trajectoires d'innovation sur l'emploi. Cependant, « *les approches en termes de taxonomies sectorielles ont, a priori, l'intérêt de pouvoir permettre de déplacer l'analyse au niveau sectoriel, et par conséquent de mieux appréhender*

certains phénomènes de « compensation »». <sup>40</sup> Les taxonomies de trajectoires technologiques pourraient être utilisées comme un cadre théorique pour l'étude de la relation innovation-emploi.

#### 4.2.3. Nature de trajectoires technologiques et leurs conséquences sur l'emploi

Concernant ce point, l'analyse évolutionniste de l'innovation fournit un cadre théorique du chômage technologique résultant d'une trajectoire technologique de type « labour-saving ». En fait, les trajectoires technologiques peuvent être créatrices ou bien destructrices d'emplois (Edquist et al., 2001). Cela signifie que, si les processus de changement technologique sont « enfermés » dans ce dernier type des trajectoires particulières, les mécanismes de compensation ne peuvent pas contrebalancer entièrement les effets négatifs, induits par les innovations technologiques des procédés sur l'emploi. C'est ce que soulignent Freeman et Soete (1987) : « *An important conclusion follows from this overall assesement of « induced innovation ». It is, that there inherent plausibility in the Hicks inducement theory, biasing the long term direction. Attempts to generate a reversal of this trend by temporary small reductions in the price of labour are extremely unlikely to be effective* »<sup>41</sup>.

Les taxonomies de trajectoires technologiques s'appuient sur la distinction fondamentale entre innovation de produit et innovation de procédé, et sur la part relative de chacun de ces types dans un secteur donné. Dès lors, comme soulignent Djellal et Gallouj F. (2006), on peut faire l'hypothèse que, toutes choses égales par ailleurs, les trajectoires sectorielles correspondantes où domine l'innovation de produit sont créatrices d'emplois, alors que les trajectoires sectorielles dominées par l'innovation de procédé sont destructrices d'emplois. Les entreprises, appartenant aux secteurs dominées par les innovations de produit, ont plus d'opportunités d'innovation que les autres secteurs. De plus, le potentiel de ces entreprises, dans la croissance économique et la création d'emplois, est plus important que celui des autres entreprises (Edquist et al., 2001).

S'appuyant sur la typologie de Pavitt (1984), on remarque que tous les services appartiennent à la catégorie « dominée par les fournisseurs ». Or, comme c'est déjà

---

<sup>40</sup> Djellal F. et Gallouj F. (2006), « la relation innovation emploi dans les services », *Travail et emploi* n° 108, pp.50.

<sup>41</sup> Freeman C. et Soete L. (1987), *Technical change and Full Employment*, Oxford : Basil Blackwell, pp.46.

discuté, ce groupe de firmes adopte généralement les innovations de procédé provenant d'autres secteurs. Toutes choses égales par ailleurs, l'innovation dans les services est ainsi envisagée comme ayant un effet destructeur d'emplois, ce qui est problématique au regard des statistiques de l'emploi. La taxonomie de Castellacci (2008), au contraire, semble plus fine et opérationnelle, qui est en mesure de permettre d'envisager une analyse de la relation innovation-emploi au niveau sectoriel (voir tableau 2.3).

**Tableau 2. 3 : Trajectoires technologiques sectorielles et leurs conséquences sur l'emploi**

Catégories des trajectoires	Sous-catégories des trajectoires	Type d'innovations dominantes	Effets du progrès technique sur l'emploi
Fournisseurs de connaissances avancées	Services intensifs en connaissances	Innovation de produit (service)	+
	Fournisseurs spécialisés	Innovation de produit	+
Services d'infrastructure et de support	Services d'infrastructure physique et de distribution	Innovation de procédé	-
	Services d'infrastructure de réseau	Innovation de produit (service) Innovation de procédé	+ ou - dépend la part relative de chacun de ces types d'innovation
Production de masse des biens	Industries à échelle intensive	Innovation de produit Innovation de procédé	+ ou - dépend la part relative de chacun de ces types d'innovation
	Industries fondées sur la science	Innovation de produit	+
Biens et services personnels	Fournisseurs des biens personnels	Innovation de procédé	-
	Fournisseurs de services personnels	Innovation de procédé	-

Source : auteur sur la base de Castellacci (2008)

### 4.3. Cycles longs et dynamique de l'emploi

L'observation empirique du système économique montre l'existence, à intervalles réguliers, de cycles économiques où des phases de prospérité alternent avec des phases de dépression. Dans son ouvrage de 1939 « *Business Cycles* », Schumpeter fut le premier qui a fourni une analyse cohérente des cycles longs dits cycles Kondratieff.

#### 4.3.1. Schumpeter et cycles longs

Le mécanisme de l'innovation est au centre de l'analyse schumpetérienne des fluctuations cycliques. Pour Joseph Schumpeter, les innovations qui président à l'émergence d'un cycle long sont toujours groupées, c'est ce que Schumpeter appelle le « clustering », elles apparaissent en grappes, et c'est ce qui explique les mouvements cycliques de Kondratiev. Cette grappe d'innovations est d'abord amorcée par des entrepreneurs courageux, un peu isolé, et qui vont rencontrer plusieurs difficultés pour imposer leurs produits ou méthodes. Leur succès ultérieur va stimuler des entrepreneurs de moindre valeur, pour finir par attirer dans leur sillage même les plus médiocres. Schumpeter va appliquer cette logique aux trois mouvements Kondratiev observés depuis la révolution industrielle. Ces cycles ont été causés par des innovations particulières d'une importance exceptionnelle (voir tableau 2.4) :

**Tableau 2. 4 : Les cycles longs chez Schumpeter**

Type de cycle	Industriel	Bourgeois	Néo-mercantiliste
Innovation(s) majeure(s)	Machine à vapeur, sidérurgie, coton, transport	Chemin de fer, acier	Electricité, automobile, chimie
Phase de prospérité	1787-1800	1843-1857	1898-1911
Phase de récession	1801-1813	1858-1869	1912-1924
Phase de dépression	1814-1827	1870-1885	1925-
Phase de reprise	1828-1842	1886-1897	

Source : Potier (2002), pp. 500-508.

Schumpeter propose un cycle en 4 phases : prospérité, récession, dépression, reprise. Le cycle long s'enclenche grâce à l'introduction massive d'innovations majeures à l'origine d'une phase de croissance accélérée (*phase de prospérité*). On assiste à une apparition de quelques pionniers puis, par effet d'osmose ou de

contamination, d'entrepreneurs en « *essaims* ». Ces entrepreneurs exécutent de nouvelles combinaisons qui se diffusent en « *grappes* ». De fait, les entreprises recourent massivement au crédit pour investir dans les nouveaux procédés ou les nouvelles branches d'activité. Le crédit est ainsi, pour Schumpeter, le complément monétaire de l'innovation. Il entretient par conséquent une relation intime avec le cycle, sans en être pour autant la cause. Lors de cette phase, il va y avoir, une hausse généralisée des prix des biens provoqué par le décalage croissant entre les quantités offertes et les quantités demandées dans le moment de la recombinaison. De même, on assiste à un « *recul du chômage et la hausse des salaires, celle du taux d'intérêt, l'augmentation du fret, la tension croissante sur les bilans et réserves bancaires et comme nous l'avons dit, le déclenchement de vagues secondaires d'essor, bref la prospérité qui atteint tout le système économique* »<sup>42</sup>. Cette expansion économique générale s'accompagne d'une poussée inflationniste.

Mais, progressivement, la demande commence à être saturée. Le rétrécissement du marché des biens de consommation finale provoque une baisse des prix de détail. Parallèlement, la nécessité pour les firmes de rembourser les crédits fait renforcer le mouvement inflationniste. Se développe alors une *phase de récession* qui permet de reconstituer une épargne sera utile plus tard pour la mise en œuvre de nouvelles innovations. Cette récession va s'accroître par un phénomène d'autodéflation provoqué par le remboursement des prêts contractés auprès des capitalistes. De là, en raison de leur incapacité à réduire leurs coûts de production, les entreprises les moins innovantes, vont disparaître, basculant l'économie ainsi dans une *phase de dépression*. Cette dépression « *peut être caractérisée comme le processus normal de résorption et de liquidation de l'économie après l'essor; la crise, accompagnée de panique, de l'effondrement du système de crédit, d'épidémies de banqueroutes et de leurs conséquences ultérieures peut être, elle, considérée comme un processus anormal* »<sup>43</sup>. Dans le même temps de nouvelles opportunités peuvent apparaître ainsi que de nouveaux entrepreneurs commencent à préparer la nouvelle vague d'innovation et le nouveau cycle (*phase de reprise*). Gaffard (2000) souligne que cette succession de phases d'expansion et de contraction chez Schumpeter peut

---

<sup>42</sup> Schumpeter J. (1988), « Le cycle de la conjoncture (1912). Commentaire de G. Schméder », *Revue française d'économie*, vol.3, n°4, pp.213.

<sup>43</sup> Ibid., pp.218.

être expliquée par les conditions de capital. Lors des phases de reprise et de prospérité, le stock de capital existant est inférieur au stock désiré; et c'est le contraire qui prévaut lors des phases de récession et de dépression.

Schumpeter fut le premier qui fait appel à la prééminence de l'innovation dans l'explication des crises et des cycles économiques, semblant ainsi remettre indirectement en cause toutes les démarches mécanistes ou déterministes des cycles. Cependant, Schumpeter ne précise pas suffisamment pourquoi et quand les innovations se regroupent autour d'innovations dites « majeures ». Dans la lignée des travaux Schumpeter, on peut identifier différentes contributions majeures d'analyse en termes de concentration de l'innovation (Mench, 1979 ; Van Duijn, 1981,1983 ; Kleinknecht, 1981, 1987) dont l'intérêt est de renforcer et d'enrichir par la suite l'analyse de Schumpeter.

#### **4.3.2. Les thèses de concentration de l'innovation**

Mench (1979) est bien souvent considéré comme l'un des héritiers les plus directs de Schumpeter. Il distingue les innovations de base des innovations de perfectionnement et des pseudo-innovations. Les innovations de base introduisent un nouveau type d'activité humaine et peuvent être de nature soit technologique, soit sociale ou culturelle. Dans son ouvrage « *Stalemate in technology* », partant d'un échantillon de 127 innovations de base réalisées au cours de la période 1740-1955, Mench (1979) montre que la majorité de ces innovations sont regroupées en périodes de dépressions économiques, en particulier aux alentours de 1835, 1886 et 1935. Tandis que, les innovations de perfectionnement sont introduites pendant la phase ascendante. Elles améliorent les techniques de production et réduisent les coûts sans pour autant engendrer de nouveaux marchés. Les pseudo-innovations se sont concentrées à la fin de la phase de prospérité et consistent en des différenciations des produits pour tenter de contrebalancer la saturation de marché.

La raison avancée par Mench est que les périodes de dépression correspondraient à une utilisation, accélérée, par les pressions socio-économiques, d'un stock d'inventions, enrichies de manière continue, selon la tradition schumpétérienne. C'est en effet durant ces périodes que les entrepreneurs sont obligés de rechercher encore plus des solutions innovatrices, que l'on trouve donc regroupées au début de la reprise. Il n'y a pas de raccourcissement du délai entre invention et

innovation dans ces périodes. Dix ans ou quinze ans après, ces innovations de base induisent de nouveaux produits et de nouveaux services qui vont former à leur tour de nouveaux marchés et de nouveaux secteurs industriels. L'économie entre ainsi dans une phase de prospérité.

Conformément à Schumpeter, Mench (1979) reconnaît que les innovations apparaissent en grappes, mais à la différence de ce premier, il ne les articule pas sur les cycles longs. Les mouvements longs sont formés d'une succession de courbes S ou sigmoïdes qui se superposent, dont les périodes de croissance rapide sont séparées par des intervalles plus ou moins longs. Ces intervalles déterminent des périodes « d'impasse technologique ». Cette période « d'impasse technologique » correspond à celle de dépression de Schumpeter. Elle relève d'une insuffisance de l'activité scientifique, mais aussi d'une inertie dans la réallocation du capital, les entreprises trouvant les risques de l'innovation trop importants relativement aux profits escomptés. Comme Schumpeter, Mench pense que, sans innovation, la stagnation s'installe. Mais un équilibre de sous-emploi est aussi tout à fait envisageable, bien que non acceptable: la seule solution pour en sortir est l'innovation.

Kleinknecht (1981), dans une investigation empirique approfondie, reprend la démarche de Mench qu'il tente de confirmer sur la base d'une autre liste d'innovations. Il propose de distinguer trois catégories d'innovations : les innovations de produit; les innovations de perfectionnement et de procédé; les innovations d'instruments scientifiques. Kleinknecht (1981) confirme, ainsi, la thèse de Mench en observant que la majorité des innovations de produit (innovations de base) intervient pendant la phase de baisse. Cette catégorie d'innovation se développerait du fait des faibles profits et des surcapacités dans les industries existantes, contraignant les entreprises à chercher des voies nouvelles. S'ensuit alors une phase de prospérité durant laquelle les innovations de produit laissent la place aux innovations de perfectionnement et de procédé. Ces innovations sont provoquées par l'extension du marché pendant la phase de croissance et donc stimulées par la demande.

En rupture avec Mench, Van Duijn (1981) fait de son côté le parallèle entre la durée de vie des produits et le cycle schumpéterien de l'innovation à quatre phase. Dans cette perspective la vie de produit, ou du cycle de l'innovation peut être décomposée en quatre phases : introduction, croissance, maturité et déclin, qui vont de sa naissance



à sa saturation. Dans un premier temps, l'innovation est introduite sur le marché sous forme d'innovations majeures de produit. Ce type d'innovations crée des marchés totalement nouveaux, qui s'érigent, de par leur poids dans l'économie et leurs relations avec les secteurs existants, en nouveaux secteurs autonomes (phase d'introduction). S'ensuit une phase de croissance durant laquelle la clientèle accepte de mieux en mieux l'innovation, alors que le nombre d'innovations de produit diminue laissant la place aux innovations de procédé. La standardisation de la technologie est en cours, permettant de diminuer les coûts. Progressivement, le taux de croissance des ventes devient faible, la concurrence est de plus en plus vive. L'économie entre alors dans une phase de maturité durant laquelle le nombre d'innovations de procédé augmente permettant ainsi d'économiser le facteur travail. La phase de déclin se caractérise par une chute des ventes, des tentatives sont faites pour ralentir ce déclin en modifiant les technologies et en continuant à augmenter la productivité de travail.

#### **4.3.3. La thèse de diffusion des innovations et la problématique de l'emploi**

Dans ces thèses évolutionnistes, l'apport de Freeman, Clark et Soete (1982) est indiscutable. Les auteurs ont à la fois une approche critique et théorique. Ils critiquent les thèses de Mensch car selon eux elles s'appuient sur des statistiques qui ne sont pas probantes (problème de choix des innovations et des critères de sélection; l'incertitude caractérisant les dates présumées de l'invention et de l'innovation, la prise en compte des liens possibles entre ces innovations, la difficulté d'évaluation du caractère radical d'une innovation. Freeman, Clark et Soete (1982) montre que les innovations de base ne sont pas plus particulièrement concentrées dans les périodes de dépression comme le soutient Mensch (1979), mais que « les innovations radicales ou de base sont introduites aléatoirement pendant les différentes phases du mouvement long »<sup>44</sup>. Ils ajoutent que l'explication principale des cycles longs de l'innovation est à chercher du côté de la demande. En effet, les auteurs soulignent, à partir d'une étude portant sur la période allant de la Première Guerre Mondiale à la fin des années 1970, que les innovations des années 1930 et 1940 sont plus liées à la demande résultant de la préparation de la guerre, avec des profits élevés qu'elle permet d'escompter, qu'à la dépression. Par contre les innovations relativement nombreuses qu'ils observent dans

---

<sup>44</sup> Freeman C., Clark J. et Soete L. (1982), *Unemployment and Technical Innovation. A study of Long Waves and Economic Development*. Frances Pinter, London, pp.70.

les années 1950 et au début des années 1960 auraient été favorisées par le développement de la consommation de masse et donc de la demande.

Au-delà d'une présentation de la théorie schumpétérienne et d'une analyse critique des thèses de Mench, Freeman, Clark et Soete (1982) introduisent un nouveau concept : celui de nouveau système technologique. De fait, les technologies ne se développent pas de façon isolée mais sont liées les unes aux autres en systèmes, se soutenant mutuellement et profitant de l'expérience, du développement de fournisseurs, de l'éducation des consommateurs et autres facteurs externes créés par leurs prédécesseurs dans le système. Ce qui est au centre de ce système, c'est moins la question de la concentration statistique d'innovations de base que celle de leurs liaisons réciproques et de leur processus de diffusion. Ce qui importe, ainsi, le plus, ce n'est pas la date d'apparition des technologies, des produits et des innovations organisationnelles, mais d'avantage leur filiation technologique, leurs complémentarités techniques et économiques, leur champ d'application et la diversité des activités qu'ils affectent. Selon Freeman, Clark et Soete (1982), l'effet « bandwagon » (en vertu duquel quelques wagons se mettent en mouvement puis le train entier) constitue la principale explication de la phase ascendante des cycles longs, durant la quelle on assiste à « *une croissance explosive des technologies et d'un ou de plusieurs nouveaux secteurs* »<sup>45</sup>. Une fois que les innovations issues du nouveau système technologique ont été adoptées, un processus d'imitation s'enclenche provoquant une forte demande des biens d'équipements suivie d'une nouvelle vague d'innovations de procédé qui se diffusent dans les autres secteurs.

Cependant, ce qui compte le plus pour l'ouvrage « *Unemployment and Technical Innovation. A study of Long Waves and Economic Development* » de Freeman, Clark et Soete (1982), ce qu'il présente une théorie cohérente des relations entre le progrès technique et le chômage. Dans ce contexte, les auteurs montrent qu'au cours des phases ascendantes du cycle, l'introduction des innovations favorise une augmentation rapide de l'emploi. Les créations d'emplois seraient, tout d'abord dans les industries et les services directement liées avec ces technologies, y compris les fournisseurs d'équipements. Plus tard, l'augmentation de l'emploi touche, aussi, les autres secteurs affectés par ces technologies. Peu à peu, et comme résultat de rythme

---

<sup>45</sup> Ibid., pp.80.

accélération du changement technologique et l'augmentation de l'intensité de compétition, une baisse relative des prix des nouveaux produits apparaît. La pression sur les salaires qui en découle orientera les choix d'investissement vers les innovations de type « labour saving ». Lors des phases descendantes du cycle, la compétition favorise les innovations qui économisent plus de l'emploi. Ce comportement aboutira à terme à une situation de sous-emploi.

Freeman (1982), dans un autre ouvrage individuel, relie cette situation de sous-emploi au cycle de vie de technologies: « *In the major boom periods new industries and technological systems tend to generate a great deal of new employment, as the form that expansion takes in the goods industries....However, as a new industry or technology matures, several factors are interacting to reduce the employment generated per unit of investment* »<sup>46</sup>. Ainsi, dans leurs phases initiales durant laquelle les bénéfices potentiels sont considérables et les possibilités de croissance de marché et de la productivité sont grandes, les technologies tendent à faire un usage plus intensif de main d'œuvre. Quand elles arrivent à la maturité, en revanche elles recourent à des processus très standardisés, mécanisés et automatisés, elles sont confrontées à des marchés stagnants et il ne leur reste guère de marge pour améliorer la productivité. Dans ce cadre, l'augmentation des économies d'échelle, la compétition et la pression sur les coûts des inputs (particulièrement le coût du facteur de travail) qui en découle, rend leur potentiel pour produire des bénéfices minimum. De fait, le processus de production s'oriente vers un recours plus intensif en capital, ce qui explique la situation de sous-emploi.

#### **4.3.4. Changement de paradigmes techno-économiques, cycles longs et emploi**

Depuis le début des années 1980, l'école de Freeman à l'Université de Sussex (Freeman et Perez, 1988 ; Freeman et Louça, 2001 ; Perez, 2002, 2004) a apporté d'autres explications particulièrement utiles en considérant que les cycles longs correspondent à une succession de « paradigme techno-économique ». Selon Freeman et Perez (1988), à un nouveau « style technologique » correspondant le début d'un nouveau cycle long. La « base » d'une « onde longue » (long wave) n'est pas limitée à quelques innovations majeures ou l'apparition de nouveaux secteurs moteurs,

---

<sup>46</sup> Freeman C. (1982), *The Economics of Industrial Innovation*, Frances Pinter, London, pp.218-219.

mais plutôt à l'émergence d'un nouveau « paradigme techno-économique »; toute une constellation d'innovations techniques et économiques articulées restructurant l'ensemble du système productif. Comme le notent Freeman et Louça (2001) :

*« Changement institutionnel, changement technique, transition, crise : voici comment se déroule la réalité économique... L'innovation technologique et sociale est l'acteur clé pour comprendre la dynamique des périodes longues dans les économies dominantes ».*<sup>47</sup>

Freeman et leurs collègues (Freeman et Perez, 1988; Freeman et Louça, 2001; Perez, 2002) identifient cinq cycles Kondratieff depuis la première révolution industrielle associés à cinq vagues d'innovations radicales : textile, sidérurgie, vapeur à la fin du XVIIIème siècle ; chemin de fer au milieu du XIXème ; électricité, automobile, chimie au début du XXème siècle ; pétrole, plastiques, moteur électrique au milieu du XXème siècle ; microélectronique, matériaux, biotechnologies vers la fin du XXème siècle. Chaque cycle long se caractérise principalement par un (des) secteur(s) moteurs (s), un (des) produit(s) porteur(s), une (des) technique(s) dominante (s), une forme d'organisation intra et inter-firmes, forme de concurrence et des autres facteurs clés qui n'apparaissent pas comme des inputs isolés, mais qui occupent une place centrale dans le système technique émergent, et dans les innovations sociales et organisationnelles (Freeman et Perez, 1988). Autrement dit, à chaque cycle Kondratieff correspond un « paradigme techno-économique ».

Freeman et Perez (1988) ajoutent que, la révélation du potentiel économique associé à l'émergence d'un nouveau système technique clé impose de profondes transformations du cadre économique et social correspondant au précédent paradigme technoéconomique. Plus précisément, les auteurs parle de « match » entre le nouveau « style technologique » et l'ancien contexte institutionnel et ce n'est que dans la mesure où l'environnement socio-politique s'adapte que la période d'adaptation sera courte et que la phase ascendante du cycle Kondratieff sera puissante. En d'autres termes, l'introduction d'un nouveau système fait éclater les solidarités existantes entre le système techno-économique et le système socio-institutionnel engendrant, ainsi,

---

<sup>47</sup> Freeman C et Louça F. (2001), *As Time Goes By. From the Industrial Revolutions to the Information Revolution*, Oxford University Press, Oxford, pp.371.

une période de crise, jusqu'à ce qu'interviennent les transformations sociales et institutionnelles correspondant au niveau système.

C'est ainsi que Freeman (1992) explique le recul des gains de productivité et le chômage de masse qui ont marqué les trente dernières années. Ainsi, Freeman (1992) pense que le ralentissement des gains de productivité moyens de la main-d'œuvre observé dans les années 70 et 80, comparativement aux taux des années 50 et 60, vient globalement d'une crise structurelle d'adaptation ou de modification du paradigme technoéconomique, crise accentuée par le développement inégal de certains secteurs de l'économie. Le chômage s'expliquerait ainsi par le délai nécessaire à l'adaptation et le passage d'une technologie fondée principalement sur des intrants d'énergie à une autre, essentiellement fondé sur des intrants peu coûteux d'information, grâce aux progrès de la micro-électronique et la technologie des communications.

**Tableau 2. 5 : Changement de paradigmes techno-économiques et cycles longs**

Cycle	Période 1 maturation 2 crise	Secteur(s) moteur(s)	Paradigme techno-économique
Cycle 1: Révolution industrielle anglaise	1780-1815 1815-1848	Métallurgie Filature de coton Roue à eau	Mécanisation Production d'usines Fluidité des mouvements (canaux, bateau à voile) Partenariat d'affaire
Cycle 2: Age de la vapeur et du rail	1848-1873 1873-1895	Moteur à vapeur Rails Machine outils	Economies d'agglomérations/citées industrielles Utilisation de l'énergie de vapeur Marchés locaux Centres d'excellence avec des réseaux locaux
Cycle 3: Age de l'acier, de l'électricité et de la grande industrie	1895-1918 1918-1940	Equipements électriques Usines Chimie Sidérurgie	Structures géantes (acier) Electrification: industrie, transport, domestique Science comme force productive Standardisation universelle Comptabilité analytique pour le contrôle et l'efficience
Cycle 4: Age de pétrole, de l'automobile et de la production de masse	1941-1973 .....	Automobiles Moteurs diesel Raffineries	Production de masse/consommation de masse Matériaux synthétiques Motorisation de transport Economies d'échelle/intégration horizontale Standardisation des produits Puissance de l'énergie (pétrole) Centralisation/centres métropolitaines
Cycle 5: Age de l'information et des télécommunications	1971-2001 ?	Ordinateurs Logiciels Télécoms Biotechnologies	Informatisation de l'économie (microélectronique basée sur les TIC) Intégration décentralisée/structures de réseaux Connaissance comme capital intangible

Source : auteur sur la base de Freeman et Louça (2001) ; Perez (2002)

## **5. Economie de la connaissance, technologies de l'information et de la communication et emploi**

La question des relations entre innovation et emploi a pris un tour très particulier aujourd'hui et cela tant au niveau de l'analyse empirique que celui de l'analyse empirique. Pourquoi? Parce que, depuis une vingtaine d'années, les économies, surtout des pays développés, connaissent déjà, mais connaîtront de plus en plus un nouveau régime technologique fondé sur la production, la maîtrise et la circulation de l'information et des connaissances à la base d'un nouveau régime de croissance (Foray et Lundvall, 1996 ; Petit, 1999). Ainsi, un nombre croissant de travaux s'accorde à mettre la connaissance au cœur du développement économique (OCDE, 1996 ; Lundvall et Nielsen, 1999). La notion d'« économie du savoir » (OCDE, 1996) ou d'« économie de la connaissance » (Foray, 2000) est née de la prise de conscience du rôle croissant de la production, la distribution et l'utilisation des connaissances dans le fonctionnement des entreprises et des économies. L'idée selon laquelle la connaissance joue un rôle central dans l'économie n'est évidemment pas nouvelle. Mais c'est seulement ces dernières années que son importance, qui va grandissant, a été reconnue. Les économies de l'OCDE sont plus tributaires que jamais de la production, de la diffusion et de l'utilisation du savoir (OCDE, 1996).

### **5.1. L'économie de la connaissance : de quoi parle-t-on?**

Pour définir l'économie de la connaissance, un ensemble de clarifications semblent être nécessaires, de façon, en particulier, à bien distinguer ce concept de celui de « nouvelle économie » ou encore d'« économie de l'information ». Dans un premier temps, nous discutons la notion même de connaissance, en particulier la distinction entre connaissance et information. Ensuite, nous présentons les différentes typologies de la connaissance. Enfin, nous énumérons les propriétés ambivalentes de la connaissance en tant que bien public.

#### **5.1.1. Connaissance et information**

L'analyse économique a longtemps assimilé la connaissance et l'information. Arrow (1962), prix Nobel d'économie en 1972, est à l'origine d'une première conception économique de la connaissance, qui conduit à l'assimiler à la notion d'information. Les savoirs sont produits par un secteur d'activité spécialisé, à partir d'une fonction de production qui combine du travail qualifié et du capital. L'output de ce secteur consiste en information échangée sur un marché. C'est Machlup (1983) qui a mis en avant le cœur de la distinction

entre information et connaissance. Selon lui, l'information a bien la dimension d'un flux (de messages), et la connaissance a bien la dimension d'un stock qui résulte du flux informationnel, mais qui en résulte en partie seulement. En d'autres termes, la distinction information/connaissance consiste à différencier la transmission de signal (ou de messages) de l'utilisation de ces messages (Dibiaggio, 1999). Une information transmise requiert des capacités cognitives particulières (des connaissances) pour la traiter et l'utiliser à bon escient (Antonelli, 1999). La connaissance, au contraire, peut être intrinsèquement difficile à transmettre indépendamment du coût d'accès, car elle possède une dimension tacite non codifiable) qui ne peut être réduite à un signal ni aisément exprimable (Polany, 1966). De manière plus précise, la connaissance pourrait être définie comme « *une réponse à une question. Plus précisément, une connaissance représente la confiance (ou la croyance) plus ou moins forte dans la validité de la réponse. Une connaissance ne peut donc se définir dans l'absolu mais toujours dans la relation avec une question plus ou moins précise* »<sup>48</sup>.

Pour Dosi (1995), l'information est une forme codifiée de propositions correspondant à différents états du monde, de propriétés, d'algorithmes exprimant le monde d'emploi pour réaliser certaines choses. La connaissance inclut un aspect cognitif un code d'interprétation de l'information, un savoir-faire tacite, une élaboration d'algorithmes et une résolution de problèmes qui confère un sens heuristique dans la compréhension des phénomènes. Dans ce même cadre d'idées, David et Foray (2002) soulignent que « *Posséder une connaissance dans quelque domaine que ce soit, c'est être capable d'actions intellectuelle ou manuelle. La connaissance est donc fondamentalement une capacité cognitive. L'information, en revanche, est un ensemble de données, structurées et formatées, mais inertes et inactives tant qu'elles ne sont pas utilisées par ceux qui ont la connaissance pour les interpréter et les manipuler. Cette différence prend tout son sens quand on s'interroge sur les conditions de reproduction de la connaissance et de l'information* »<sup>49</sup>.

Par ailleurs, La distinction entre connaissance et information renvoie à une seconde distinction : entre connaissance codifiée et connaissance tacite (Foray, 2000; Viginier et al., 2002). Les connaissances tacites, mal définies par nature, concernent les connaissances qui sont incorporées à leur « support humain » comme le savoir faire, les croyances ou encore la compréhension du langage. Toutefois, Une partie de la connaissance peut, en effet, être «

---

<sup>48</sup> Dibiaggio L. (1999), « Apprentissage, coordination et organisation de l'industrie – Une perspective cognitive », *Revue d'économie industrielle*, vol.88, n<sup>o</sup>1, pp.115.

<sup>49</sup> David P. et Foray D. (2002), « Une introduction à l'économie et à la société du savoir, *Revue internationale des sciences sociales*, n<sup>o</sup>171, pp.17.



objectivée », c'est-à-dire convertie, au travers d'un processus de codification, de telle sorte qu'elles peuvent être explicitées en un langage et donc être stockées indépendamment de leur support humain. Par exemple, écrire une recette de cuisine à l'aide d'un langage naturel, tracer le plan d'une machine en utilisant une technique de dessin industriel, sont autant d'actions de plus en plus complexes de codification de la connaissance. Ce faisant, on détache la connaissance de l'individu et l'on crée ainsi des capacités de mémoire, rendues indépendantes de l'homme (à condition de bien préserver le support d'inscription et de ne pas oublier le langage dans lequel la connaissance est exprimée), et de communication (David et Foray, 2002).

### **5.1.2. Les typologies de la connaissance**

Comme le soulignent Cohendet et Llerena (1999), on peut distinguer trois principales typologies de connaissances : celle de Lundvall et Johnson (1994) qui distinguent les connaissances sous forme de « savoir-quoi, le savoir-pourquoi, le savoir-comment (ou savoir-faire) et le savoir-qui », celle de Blacker (1995) qui distingue les connaissances « gravées dans la mémoire, incorporées, encodées et enculturées », et enfin celle de Spender et Grant (1996) qui distinguent les connaissances « objectifiées, collectives, conscientes, automatiques ».

- Le « savoir-quoi » renvoie à la connaissance « factuelle ». Le nombre d'habitants que compte la ville de New York, les ingrédients qui entrent dans la composition du quatre-quarts ou la date de la bataille de Waterloo en sont des exemples. Ici, le savoir est voisin de ce que l'on appelle normalement l'information - et peut être fragmenté. Blacker (1995) fait référence à ce type de connaissance comme une connaissance « gravée dans la mémoire » qui est constitué des savoir-faire conceptuels et capacités cognitives. Chez Spender et Grant (1996), ce type de connaissance peut être assimilé à la « connaissance consciente ».

- Le « savoir-pourquoi » renvoie à la connaissance scientifique des lois et des principes naturels. Ce type de connaissances détermine le progrès technologique et les avancées en termes de procédés dans la plupart des branches industrielles. Dans la typologie de Blacker (1995), cette catégorie correspond à la notion de connaissance « encodée ». Dans

la typologie de Spender et Grant (1996), le « savoir-pourquoi » correspond essentiellement à la connaissance objectivée qui renvoie au savoir scientifique.

- Le « savoir-comment » renvoie à des compétences ou à une aptitude donnée. Un travailleur qualifié qui fait fonctionner des machines-outils de maniement très complexe doit utiliser ce savoir faire. Le savoir-comment ou savoir-faire est, typiquement, une forme de savoir élaborée et préservée au sein de l'entreprise. L'une des principales raisons de la création de réseaux industriels est la nécessité, pour les entreprises, d'être capables de partager et de combiner ces éléments de savoir-faire. Dans la typologie de Spender et Grant (1996), cette forme de connaissance correspond à la « connaissance automatique ». Chez Blacker (1995) ce type de connaissance peut être assimilé à la « connaissance incorporée ».

- Le « savoir-qui » c'est le savoir qui prend de plus en plus d'importance. C'est l'information sur qui sait quoi et qui sait comment faire quoi. Ce savoir nécessite la formation de relations sociales privilégiées qui rend possible d'entrer en contact avec des spécialistes et d'utiliser efficacement leurs connaissances. Blacker (1995) distingue à ce niveau deux types de connaissances : les « connaissances incorporées » qui résident dans les routines et les « connaissances enculturées » qui résultent de processus d'acquisition d'une compréhension partagée. Si l'on se réfère à la typologie de Spender et Grant (1996), il n'y a pas ici de correspondance claire, mais à cette catégorie on peut certainement le rattacher leur notion de « connaissances collectives ».

**Tableau 2. 6 : Principales typologies de la connaissance**

Connaissance	Individuelle	Sociale
Tacite	- consciente (Spender) - Gravée dans la mémoire (Blacker) - Know-what (Lundvall-Johnson)	- Objectivée (Spender) - Encodée (Blacker) - Know-why (Lundvall-Johnson)
Codifiée	- Automatique (Spender) - Incorporée (Blacker) - Know-how (Lundvall-Johnson)	- Collective (Spender) - Encastree/Enculturée (Blacker) - Know-who (Lundvall-Johnson)

Source : Cohendet et Llerena (1999)

Lundvall et Johnson (1994) avancent que « *knowledge is the fundamental resource in our contemporary economy and learning is the most important process* »<sup>50</sup> (pp. 24). En effet, trois phénomènes caractérisent l'économie contemporaine « *the first relates to the development of the information, computer and telecommunications technologies (ICT); the second to the movement towards flexible specialisation and the third to changes in the process of innovation* »<sup>51</sup>. Dans ce cadre, la forme et la vitesse d'apprentissage se présentent comme les facteurs essentiels de compétitivité et de créativité des nations. La compétitivité des entreprises réside davantage dans l'acquisition de nouvelles connaissances plutôt que la détention d'un stock de connaissances. Pour apprendre à maîtriser ces quatre types de savoir, il existe plusieurs voies. En effet, le savoir-quoi et le savoir-pourquoi peuvent s'acquérir par la lecture de manuels, la participation à des conférences ou l'accès à des bases de données. Le savoir-comment, ou savoir-faire, s'acquiert principalement à partir de situations où un apprenti suit un maître et s'en remet à lui comme autorité. Le savoir-qui s'apprend par la pratique sociale et parfois dans des environnements éducatifs spécialisés. Le savoir-qui est un savoir enraciné dans le collectif qui ne peut pas facilement être transféré par les circuits officiels de l'information.

### **5.1.3. La connaissance en tant que bien public et le dilemme de la connaissance**

La connaissance est un bien économique particulier, tant dans l'usage que dans la production, possédant des propriétés sensiblement différentes de celles qui caractérisent les biens tangibles. Cette particularité s'explique à l'aide de trois propriétés ambivalentes de la connaissance (Cassier et Foray, 2001 ; Viginier et al., 2002). Tout d'abord, la connaissance est difficilement contrôlable ; elle tend à se diffuser et à être utilisée par d'autres agents que celui qui en a assuré la production, sans que ce dernier en soit rétribué. La littérature économique utilise le terme générique d'externalités positives pour désigner cet impact positif sur les tiers, desquels il est strictement difficile d'obtenir une compensation. Ensuite, la connaissance est un bien non rival au sens où l'usage d'une connaissance existante par un agent additionnel ne suppose pas la production d'un exemplaire supplémentaire. En effet, le fait de diffuser ou transmettre une connaissance ne réduit pas la part que chacun détient. Il n'y a donc pas d'unité supplémentaire de connaissance à produire par l'auteur au fur et à mesure

---

<sup>50</sup> Lundvall et Johnson (1994), « The learning economy », *Journal of Industry Studies*, Vol. 1, N°2 , pp. 24

<sup>51</sup> Ibid, pp. 25.

de l'extension de son usage. Enfin, la connaissance est cumulative, dans le sens où toute connaissance peut être le facteur principal de la production de nouvelles connaissances et de nouvelles idées. Ceci signifie que la connaissance n'est pas seulement un bien de consommation mais c'est aussi un bien de production, susceptible d'engendrer de nouvelles connaissances, elles mêmes non-rivales et cumulatives.

Ces trois propriétés, qui donnent à la connaissance les caractéristiques d'un bien public, sont à l'origine de ce que les économistes qualifient de dilemme de la connaissance. Qualifié un bien de public, comme le soulignent Cassier et Foray (2001), ne signifie pas que ce bien doive être nécessairement produit par l'État ou que des marchés pour ce bien n'existent pas ou que sa production privée soit impossible. Cela signifie simplement que, considérant les trois propriétés de la connaissance, il n'est pas possible de s'appuyer exclusivement sur un système de marché concurrentiel pour en assurer de manière efficiente la production privée.

Etant donné que la connaissance est un bien public, son coût marginal d'usage est nul et l'efficacité maximale dans son utilisation implique qu'il n'y ait pas de restriction d'accès et que le prix d'usage soit égal à 0. Toutefois, les agents privés ne seront incités à prendre en charge la production de connaissances nouvelles que s'ils peuvent exclure les autres agents de l'usage ou bien vendre les savoirs dont ils sont à l'origine à un prix qui couvre au moins les coûts de production. De fait, on se trouve dans une situation de contradiction : seule l'anticipation d'un prix positif de l'usage garantira l'allocation de ressources pour la création ; mais seul un prix nul ne garantit un usage efficace de la connaissance, une fois celle-ci produite. C'est ce que les économistes qualifient de dilemme de la connaissance. Foray (2000) souligne que ce dilemme justifie l'intervention publique dans le financement de l'éducation et de la recherche et dans la conception d'un système de protection de la propriété intellectuelle, notamment par le biais du système de brevet. Cassier et Foray (2001) ajoutent que, dans le domaine de la production de la connaissance, la création d'entités collectives (accord de R&D, centre technique, consortium de haute technologie) favorise une internalisation des externalités et donc la coopération pourrait être comme une solution locale et temporaire au dilemme.

## **5.2. Les trois approches de l'économie de la connaissance**

Selon Foray (2000) on peut distinguer trois approches complémentaires de l'économie de la connaissance : 1) l'approche centrée sur l'innovation; 2) l'approche centrée sur le mode

de production du savoir; 3) l'approche centrée sur les externalités de connaissance. La première approche caractérise l'entrée dans l'économie de la connaissance se par une accélération du rythme des innovations. Ainsi, le régime traditionnel fondé sur des périodes brèves d'innovations radicales et des périodes plus longues d'exploitation et d'améliorations incrémentales des nouveaux produits et procédés est substitué par un régime d'innovation permanente. Si cette approche se révèle difficile à valider car le rythme tout comme l'intensité de l'innovation sont délicats à mesurer, la capacité à innover apparaît clairement comme un critère principal de compétitivité dans les économies contemporaines (Viginier et al., 2002).

La deuxième approche caractérise l'entrée dans l'économie de la connaissance par un changement dans le mode de production de la connaissance ; ce dernier est de plus en plus collectivement distribué. Le caractère plus collectif de la production de la connaissance porte à la fois sur l'organisation interne des firmes et sur les relations des firmes avec leurs partenaires externes. Selon la troisième approche, l'entrée dans l'économie de la connaissance se caractérise par une croissance massive des externalités de connaissance. Ces externalités tiennent en particulier au caractère difficilement contrôlable des connaissances codifiées. En fait, comme le souligne Dosi (1988), la connaissance a une double caractéristique : une partie codifiable et publique, elle est manipulable comme l'information et elle se révèle une source générique<sup>52</sup>; une partie tacite et privée, elle est attaché aux individus ou aux organisations qui le développent. Les technologies de l'information et de la communication (TIC) peuvent être un moyen pour renforcer les externalités de connaissance. En effet, les TIC en permettant une baisse des coûts de transmission, de stockage et de codification, tout en autorisant de réaliser ces opérations pour des savoirs de plus en plus complexes, constituent un facteur important de croissance des externalités de connaissances (Viginier et al., 2002).

### **5.3. Technologies de l'information et de la communication et économie de la connaissance**

En se référant aux trois approches de l'économie de la connaissance présentées ci-dessus, comme le souligne (Viginier et al., 2002), on peut faire ressortir le rôle prépondérant des technologies de l'information et de la communication (TIC) dans l'économie de la connaissance. Premièrement, les TIC sont un facteur d'accélération du rythme de l'innovation

---

<sup>52</sup> « Une base de connaissances générique se présente sous la forme de généralités concernant la façon dont les choses fonctionnent, les variables clés qui déterminent les résultats, la nature des contraintes existantes et les approches permettant de les atténuer, les démarches heuristique de résolution des problèmes à grande échelle...Les connaissances génériques sont en général codifiées » (Nelson, 1987, pp. 75-76)

(première approche) puisque ces technologies génériques, sont à l'origine d'innovations de procédé et de produit dans l'ensemble de l'économie. Deuxièmement, les TIC sont un support plus collectif et plus interactif de la connaissance (deuxième approche). Enfin, les TIC renforcent les externalités de connaissance car elles permettent une baisse des coûts de codification, de transmission et de stockage des connaissances.

Selon Foray (2004), on peut distinguer plusieurs types d'impacts des technologies de l'information sur la création de connaissance. Tout d'abord, les TIC permettent la création d'une abondance potentielle d'informations, qui est véritablement révolutionnaire. Ensuite, les TIC permettent de relâcher la contrainte de proximité spatiale dans l'échange de connaissance et la coopération créatrice. De plus, les TIC constituent en elles-mêmes un ensemble d'outils de production des connaissances de plus en plus efficaces. Elles permettent la montée en puissance des interactions créatrices entre, par exemple, les concepteurs de produit, les fournisseurs et les clients finaux. De fait, les TIC favorisent le développement de systèmes décentralisés et à grande échelle de collecte de données, de calcul et d'échange de résultats. Enfin, les TIC forment l'infrastructure adéquate à l'action collective.

En outre, les TIC jouent un rôle déterminant dans la codification des connaissances, une opération qui consiste de transformer le savoir en une information pour pouvoir l'incorporer dans de nouveaux biens matériels. Il s'agit d'un processus de réduction et de conversation qui facilite beaucoup l'incorporation dans des biens ou la transmission, la vérification et le stockage de la connaissance (David et Foray, 1995). Dans le même cadre d'idées, Soete (2001) ajoute que l'effet le plus notable des TIC est qu'elles permettent de modifier la ligne de « démarcation » entre le savoir tacite et le savoir codifié. Elles rendent possibles, d'un point de vue technique, et intéressante, sous l'angle économique, la codification de types de savoirs, qui étaient, jusqu'à présent tacites. En incorporant, ainsi, de savoir codifié dans des biens matériels, les performances de nombreux biens d'équipement et de consommation, dans lesquels ont été introduit de multiples dispositifs électroniques d'information et de communication, ont été améliorés. Les TIC accélèrent, aussi, le double mouvement de banalisation des biens intermédiaires et de différenciation des biens et services finals : en amont, sont produites des « commodités » à fort contenu matériel et à faible contenu informationnel ; en aval, ces commodités sont assemblées et enrichies d'une valeur ajoutée à fort contenu informationnel, pour constituer des « paquets » différenciés adaptés aux requêtes des différents segments de consommateurs (Curien et Muet, 2004).

#### **5.4. Technologies de l'information et de la communication et la nouvelle problématique de l'emploi**

Comme le souligne Soete (2001), les questions que soulève la « société de l'information » en matière d'emploi ont trait principalement aux effets probables des nouvelles technologies de l'information et de la communication sur la croissance de la productivité et de la production. Ainsi, le rôle déterminant que jouent les TIC dans la croissance d'emploi peut s'expliquer compte tenu de trois caractéristiques propres à ces technologies qui ont provoqués des transformations fondamentales dans les structures économiques, sociales et organiques de la société. Tout d'abord, la diminution spectaculaire des coûts des TIC a permis une augmentation considérable des applications de ces technologies en qualité et en volume. Ensuite, la technologie a entraîné une « convergence numérique » entre communication et informatique, entre les systèmes de télécommunications entre individus (comme le téléphone) et les systèmes d'information et de télécommunication de masse (comme le radio et la télévision) permettant une combinaison à l'infini des moyens de communication. Enfin, la croissance accélérée du réseau électronique international, terrestre ou par satellite a fait du monde un village. Les TIC deviennent le premier progrès technologique de la planète.

Cependant, l'évaluation des effets de création et destruction d'emplois des TIC renvoie à la distinction entre les effets directs et indirects, qu'ils soient négatifs ou positifs (Freeman et Soete, 1994 ; Soete, 2001). Les effets directs concernent, entre autres, la création de nouveaux emplois pour produire et livrer de nouveaux produits et services, et le remplacement d'anciens postes d'emplois par un équipement des TIC. Les effets indirects portent sur les nombreuses conséquences positives et négatives dans d'autres domaines. C'est la raison pour laquelle que le bilan de pertes et de gains en termes d'emploi est difficile à établir. Cependant, comme le souligne Soete (2001), l'observation empirique montre que l'augmentation de la production, notablement supérieure à la productivité, dans un certain nombre de pays (Etats-Unis, Danemark, Irlande, Pays-Bas, Royaume-Uni) a fait baisser le taux de chômage. La croissance de l'emploi était suffisante pour absorber à la fois les nouveaux entrants sur le marché de travail et celui des travailleurs dont l'emploi a été supprimé.

Dans ce contexte, Freeman et Soete (1994) pensent que pour créer du travail pour tous, il faut exploiter pleinement le potentiel des TIC, non seulement dans l'économie marchande et mondialisée, mais surtout dans la sphère non marchande (services aux citoyens, éducation, santé et services personnels, etc.). Cette sphère non marchande, ainsi que certaines branches de l'économie marchande liées aux contingences locales (construction et rénovation,

production en petites séries, services de proximité, économie sociale), constituent un secteur abrité de la mondialisation, qui peut créer des emplois à condition d'augmenter sa créativité et de moderniser ses méthodes d'organisation et ses usages des TIC.

## **Conclusion**

Pendant longtemps, le concept de progrès technique est resté tiraillé entre les logiques de l'exogénéité et de l'endogénéité sans pouvoir s'émanciper du carcan concurrentiel néoclassique. Ce n'est qu'à partir la fin des années 80 qu'une nouvelle conception de l'innovation a vu le jour à savoir la conception évolutionniste de l'innovation. Dans le cadre de cet engouement théorique, tout au long de ce deuxième chapitre, nous avons voulu la mise en perspective des contributions les plus notables qui ont été formulées autour de la question des relations entre progrès technique et emploi. Il est importe de préciser que, si cette question passionne, elle est cependant loin d'offrir une réponse empirique ou théorique unique, ferme, basée sur une méthodologie reconnue par tous. On a le sentiment, comme le soulignent Lorenzi et Bourlès (1995), que l'on a buté inlassablement sur cette problématique, et qu'il a eu en fait peu d'évolution sur ce point. On remarque néanmoins que la conception évolutionniste de l'innovation a mis en évidence des aspects qui nous paraissent pertinents pour étudier et interpréter les relations entre innovation et emploi.

Ainsi, l'évolution de la conception de l'innovation retenue dans l'approche évolutionniste, bien qu'elle ne remette pas au cœur de sa réflexion la problématique du progrès technique et emploi, a ouvert de nouveaux champs d'analyses à cette problématique. Ce courant de pensée délaisse le modèle linéaire et opte pour une représentation interactive, plus réaliste, du processus d'innovation. En outre, l'innovation est présentée comme une activité de « résolution de problèmes » nécessitant la mobilisation par les firmes de connaissances tacites et codifiées. Ces connaissances sont propres à chaque firme ce qui confère un caractère local et cumulatif au processus d'innovation. L'apprentissage et la capacité d'absorption revêtent désormais une importance capitale dans le processus d'innovation. C'est dans ce cadre de réflexion que nous avons proposé, dans la deuxième partie de ce chapitre, un panorama des différents travaux consacrés à l'étude des rapports entre progrès technologique et emploi.

Au terme de ce deuxième chapitre, et sans viser une exhaustivité, notre modeste ambition a été de proposer un cadrage théorique approfondi de la relation innovation



technologique-emploi. S'adossant sur les enseignements de la thèse du biais technologique, le chapitre 3 sera pour nous l'occasion d'aller plus avant dans la décomposition de la main-d'œuvre en distinguant la main-d'œuvre qualifiée et la main-d'œuvre non qualifiée

**THÈSE DU BIAIS TECHNOLOGIQUE : FAITS, FONDEMENT  
THEORIQUE ET TESTS EMPIRIQUES**

---

Depuis quelques années, les économistes consacrent des efforts de recherche considérable à l'examen des forces qui sont à l'origine, de la détérioration de la situation relative des travailleurs les moins qualifiés. En parallèle, on observe un maintien de la croissance du salaire relatif des qualifiés en dépit de la croissance de l'offre de cette catégorie de main-d'œuvre. Pour rendre compte de ce phénomène, une première interprétation a consisté à mettre en avant l'hypothèse d'un choc de demande relative de travail, d'origine technologique (Bouabdallah et Villeval, 1997). En effet, parallèlement à l'augmentation spectaculaire des salaires des travailleurs qualifiés et, la stagnation, voire la baisse, des salaires des non qualifiés, on assiste, sur la même période, à un essor remarquable des nouvelles technologies de l'information et de la communication. On ne peut donc manquer de s'interroger : concomitance de deux phénomènes économiques indépendants ou relation de causalité forte entre progrès technique et inégalités ? Un consensus semble émerger sur l'impact négatif du progrès technique sur les inégalités.

Le progrès technique semble être l'explication plausible de la montée des écarts en termes de rémunération et de l'emploi aux dépens des travailleurs moins qualifiés. Parmi les arguments invoqués à l'appui de cette thèse est que les travailleurs qualifiés sont les plus aptes à mettre en place les nouvelles technologies au sein de l'entreprise. Griliches (1969) développe, dans ce cadre, le concept ainsi que la mesure de la complémentarité entre le capital et la main-d'œuvre qualifiée. Acemoglu (1998) complète cette analyse en montrant que la technologie permet de remplacer les travailleurs à faible niveau de capital humain par l'automatisation des tâches préalablement accomplies par les moins qualifiés. Une large gamme de travaux empiriques, qui se réfèrent essentiellement à l'économie américaine (Berman et al., 1994 ; Autor et al., 1997 ; Doms et al., 1997), soutiennent la thèse du biais technologique.

Ce troisième chapitre a pour objet d'éclairer la notion de « biais technologique » en recourant aux enseignements de la théorie économique et en s'adossant sur des travaux empiriques récents. A cette fin, ce chapitre s'articulera autour de cinq sections : la première

expose un certain nombre de faits stylisés relatifs à l'évolution des marchés du travail dans divers pays de l'OCDE, avec une attention plus particulière accordée au cas américain, qui est sans conteste le mieux documenté. La seconde section présente quelques arguments qui plaident en faveur l'hypothèse du progrès technique biaisé. La troisième section se focalise sur la représentation de quelques modèles théoriques, susceptibles de nous aider à mieux comprendre les mécanismes économiques intervenant dans l'augmentation des inégalités dans le salaire et face au chômage entre les différentes catégories de la main-d'œuvre. La quatrième section sera l'occasion de donner une vue d'ensemble, d'une manière non exhaustive et modeste, sur les différentes approches économétriques qui analysent les conséquences du progrès technique sur la demande de la main-d'œuvre qualifiée. Cependant, à travers ces lectures, il est évident de constater qu'il a peu d'études empiriques intégrant les secteurs ou les économies des pays en voie de développement, pays majoritairement consommateurs de technologies. La dernière section se penche, plus particulièrement, à l'hypothèse de progrès technique biaisé dans le contexte des pays en développement.

## **1. Évolution des marchés du travail : Les faits empiriques**

Deux caractéristiques majeures spécifient l'évolution récente des marchés du travail. L'accentuation du recours à une main-d'œuvre plus formée s'accompagne d'une baisse de la demande de la main-d'œuvre peu qualifiée. Parallèlement à cette détérioration de la situation relative des travailleurs les moins qualifiés, on constate également que, depuis les années quatre-vingt, les salaires des travailleurs les plus qualifiés ont progressé d'avantage que ceux des travailleurs moins qualifiés. C'est le cas de la plupart des pays industrialisés, même si le constat se diffère deux cotés de l'Atlantique. Les inégalités de l'emploi se sont surtout creusées en Europe, particulièrement en France, alors que les inégalités de salaire se sont les plus développées aux Etats-Unis et en Grande-Bretagne.

### **1.1. Le déclin de la demande de la main-d'œuvre peu qualifiée**

Depuis le début des années quatre-vingt, les marchés du travail de la plupart des économies développés ont connu une baisse relative de travail peu qualifié. C'est ce que l'ont constaté Nickell et Bell (1995) des données collectés dans les archives d'un ensemble de pays couvrant la période allant de 1971-1974 à 1987-1990. À l'exception de la Suède, où le taux de chômage des hommes peu qualifié a augmenté dans les années 1970 et 1980, avant de baisser de nouveau vers la fin des années 1980, en Europe, comme aux Etats-Unis, ce taux de chômage a augmenté plus rapidement que celui des hommes qualifiés, ce qui explique la

hausse du ratio des taux de chômage entre les deux catégories. En termes d'évolution, si on considère l'ensemble de la période étudiée, le tableau (3.1) montre que, le marché du travail de tous les pays considérés a évolué en défaveur des personnes peu qualifiées au cours de la période étudiée.

À priori, dans le modèle concurrentiel standard, une baisse de la demande de travail entraîne une chute plus marquée de l'emploi lorsque des facteurs institutionnels empêchent les salaires de s'ajuster à la baisse, que lorsque ces derniers sont parfaitement flexibles. On pourrait donc s'attendre à ce que les pays qui n'ont pas enregistré de variation significative des salaires relatifs subissent en contrepartie un fort taux de chômage parmi les moins qualifiés. Ainsi, aux États-Unis, où le marché du travail est réputé particulièrement flexible, le salaire réel des moins qualifiés devrait décliner. En France, où les marchés sont peu flexibles, l'emploi relatif des moins qualifiés devrait diminuer. Au Canada, dont les institutions sont intermédiaires entre celles des États-Unis et celles de la France, les changements des salaires devraient être plus faibles qu'aux États-Unis et les changements d'emploi plus faibles qu'en France.

Cependant, les faits n'apportent pas de soutien net à l'hypothèse que les rigidités du marché du travail (et le fait que les salaires réels des non-qualifiés n'ont pas diminué) sont à l'origine du chômage des non-qualifiés. Il pourrait y avoir une explication alternative à la forte hausse du chômage relatif des non-qualifiés, une explication qui n'a pas grand-chose à voir avec les salaires relatifs. En effet, Card et al. (1999) ont testé l'hypothèse selon laquelle la rigidité salariale au Canada et en France s'est traduite par des pertes d'emploi pour les moins qualifiés relativement plus grande qu'aux États-Unis où les salaires sont flexibles. En comparant l'évolution des salaires et des taux d'emploi pour différents groupes de travailleurs classifiés selon leur âge et leur scolarisation aux trois pays cités, les auteurs trouvent peu de support pour cette hypothèse. L'analyse empirique de Card et al. (1999) montre que, au Canada, l'évolution des salaires est semblable à celle des États-Unis, bien que les taux de variation des salaires y soient moins importants, particulièrement pour les femmes. Il est plus surprenant cependant que les taux de croissance de l'emploi au Canada soient identiques à ceux des États-Unis. Pour la France, les variations des taux d'emplois sont, aussi, pratiquement identiques à ceux des États-Unis. Les écarts de salaires entre niveaux de diplôme sont restés constants et ont même légèrement diminué durant les années quatre-vingt. L'élasticité à court terme de l'emploi au salaire est nulle: la courbe de demande de travail estimée est verticale.

**Tableau 3. 1: Variation du taux de chômage des hommes, selon le niveau d'instruction, entre 1971-1974 et 1987-1990**

	1971-1974	1975-1978	1979-1982	1983-1986	1987-1990
Allemagne <sup>a</sup>					
Plus instruit		1,6	1,6	3,0	2,9
Peu instruit		3,1	4,5	8,8	7,6
Ratios		1,9	2,8	2,9	2,6
Australie					
Plus instruit			3,5	4,4	3,9
Peu instruit			8,3	12,2	10,0
Ratios			2,4	2,8	2,6
Canada					
Plus instruit		2,6	2,4	4,3	3,4
Peu instruit		8,2	8,3	12,5	11,3
Ratios		3,2	2,4	2,9	3,3
Espagne					
Plus instruit		4,5	7,9	11,0	8,8
Peu instruit		7,7	13,5	21,4	17,7
Ratios		1,7	1,7	1,9	2,0
États-Unis					
Plus instruit	1,7	2,2	2,1	2,7	2,1
Peu instruit	5,3	8,6	9,4	12,8	9,8
Ratios	3,1	3,9	4,5	4,7	4,7
France					
Plus instruit			2,1	2,5	2,6
Peu instruit			6,5	9,0	10,8
Ratios			3,1	3,6	4,1
Italie					
Plus instruit			3,4		4,6
Peu instruit			1,6		4,7
Ratios			0,5		1,0
Japon					
Plus instruit	1,2		1,6		1,4
Peu instruit	1,6		2,9		4,1
Ratios	1,3		1,8		2,9
Norvège					
Plus instruit	1,0	0,8	0,9	0,8	1,5
Peu instruit	1,9	2,2	2,9	3,8	6,0
Ratios	1,9	2,8	3,2	4,8	4,0
Pays-Bas					
Plus instruit		2,1	2,4	4,6	
Peu instruit		4,7	6,8	16,9	
Ratios		2,2	2,8	3,7	
Royaume-Uni					
Plus instruit	1,4	2,0	3,9	4,7	4,0
Peu instruit	4,0	6,4	12,2	18,2	13,5
Ratios	2,9	3,2	3,1	3,9	3,4
Suède					
Plus instruit	1,3	0,8	0,9	1,1	1,0
Peu instruit	3,2	2,4	3,1	4,1	2,4
Ratios	2,5	4,0	3,4	3,7	2,4

a- Comparaison pour l'Allemagne, niveau d'occupation haut/faible, plutôt que niveau d'instruction haut/faible

Source : Nickell et Bell (1995)

Les données les plus récentes montrent que la situation des travailleurs peu qualifiés sur le marché du travail s'est dégradée, là encore, dans la plupart des pays de l'OCDE (mais pas tous) par suite d'une diminution significative de la demande de la main-d'œuvre peu qualifiée, si on compare à la demande de la main-d'œuvre qualifiée.

**Tableau 3. 2: Évolution du taux de chômage par niveau d'instruction entre 1994 et 2008**

Pays	Années	Niveau inférieur au deuxième cycle de l'enseignement secondaire (T1)	Deuxième cycle de l'enseignement secondaire (T2)	Enseignement supérieur (T3)	T1/T3	
États-Unis	Hommes	1994	12,8	6,5	3,2	4
		2008	10,9	5,6	2,4	4,54
	Femmes	1994	12,4	5,8	3,1	4
		2008	8,5	4,9	2,5	3,4
Royaume-Uni	Hommes	1994	18,8	9,6	4,6	4,08
		2008	6,7	3,7	2	3,35
	Femmes	1994	8,2	4,1	3,1	2,64
		2008	5,5	3,7	2	2,75
France	Hommes	1994	13,5	8,7	6,5	2,20
		2008	9	4,7	3,7	2,43
	Femmes	1994	15,9	12,8	7,2	2,94
		2008	10,7	6,6	4,3	2,48
Allemagne	Hommes	1994	14,8	7	4,5	3,28
		2008	18,1	7,2	2,9	6,24
	Femmes	1994	13,2	11,1	7	1,88
		2008	15	7,2	3,9	3,84
Canada	Hommes	1994	14,3	9,1	7,5	1,90
		2008	9,5	5,5	4,2	2,26
	Femmes	1994	14,4	9,0	7	2,05
		2008	8,5	5,3	4,1	2,07

Source : Perspectives de l'emploi de l'OCDE, OCDE 1996, 2010.

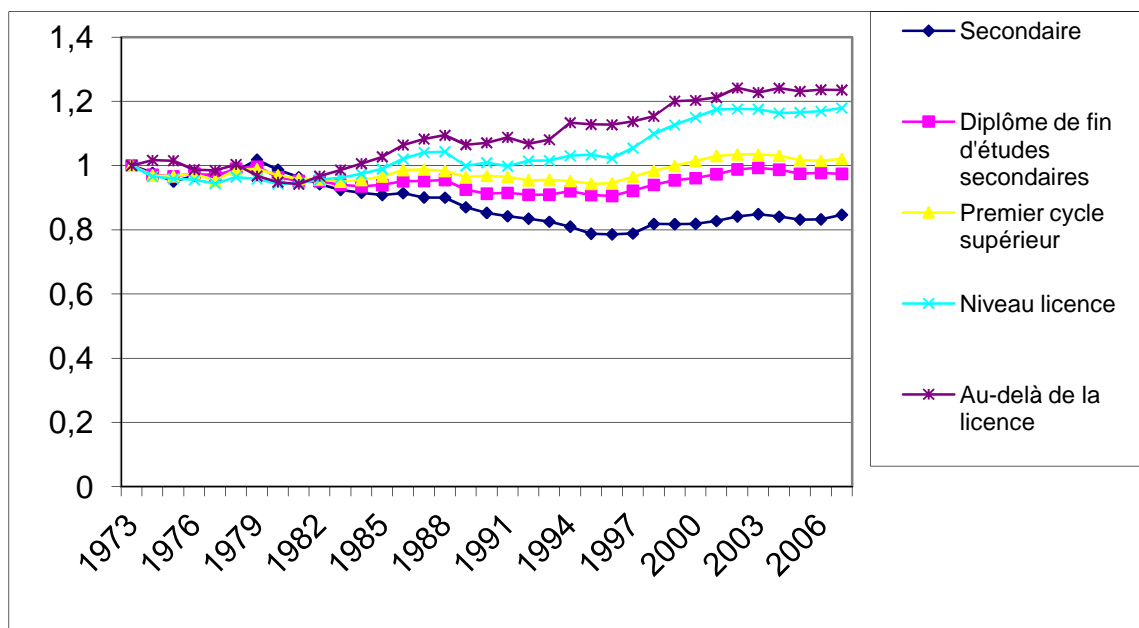
Durant la période 1994-2008, sur l'ensemble des pays figurant dans le tableau (3.2), les baisses les plus perceptibles étant observées, en Allemagne, au Canada et en France (hommes). En outre, la partie droite du tableau (3.2) montre que, aux États-Unis, le ratio du chômage peu qualifié au chômage qualifié est plus élevé que dans un pays comme la France où le marché du travail est plus rigide. Ces observations semblent aller de pair avec le rejet de l'hypothèse selon laquelle la rigidité salariale en France s'est traduite par des pertes d'emploi pour les moins qualifiés relativement plus grandes qu'aux États-Unis où les salaires sont supposés plus flexibles.

## **1.2. L'augmentation des inégalités salariales**

Depuis les années quatre-vingt, les inégalités sociales ont en général crû dans les pays occidentaux. Les salaires des travailleurs les plus qualifiés ont progressé davantage que ceux des travailleurs moins qualifiés. Aux États-Unis, après une stabilisation pendant les années soixante et un resserrement durant les années soixante-dix, les inégalités globales de salaires se sont considérablement accrues au cours des années quatre-vingt. Ainsi, Katz et Murphy (1992) observent, sur des données américaines, que les salaires des travailleurs ayant reçu une formation dans le supérieur ont augmenté de 10 % entre 1971 et 1987, alors qu'au cours de la même période, les salaires des travailleurs issus de l'enseignement secondaire depuis moins de cinq ans ont subi une baisse de 20 %.

La figure (3.1) illustre l'évolution entre 1973 et 2007 des salaires relatifs de différents groupes de travailleurs américains classés en fonction de leur niveau d'étude. Chacune des courbes indique l'évolution des salaires des travailleurs d'un niveau donné d'études- un peu de secondaire, diplôme de fin d'études secondaires, un peu d'enseignement supérieure, licence, études supérieures au-delà de la licence, ces salaires étant évalués relativement à ceux des travailleurs qui n'ont qu'un diplôme de fin d'études secondaires. Tous les salaires relatifs sont divisés par la valeur en 1973, ainsi les différentes séries ont une valeur initiale unitaire en 1973.

**Figure 3. 1: Évolution des salaires relatifs par niveau d'instruction aux Etats-Unis 1973-2007**



Source auteur sur la base de données Datazone; The State of Working America, 2008-10, table 3.15.

Il en ressort que, à partir du début des années 1980, les travailleurs au niveau d'études faible ont vu leur salaire relatif diminuer régulièrement au cours du temps. Par opposition, les travailleurs d'un niveau d'études élevé ont vu leur salaire relatif augmenter. Au niveau d'études le plus faible, le salaire relatif des travailleurs qui n'ont pas terminé leurs études secondaires a diminué de presque de 15%. À l'autre extrémité de l'échelle, les salaires relatifs de ceux qui ont suivi des études au-delà de la licence ont augmenté de 20% depuis le début des années 1980.

En Europe, les inégalités se sont accrues surtout au Royaume-Uni sans toutefois affecter le revenu réel des moins qualifiés : entre 1978 et 1992, le salaire réel horaire médian des hommes a cru de 27%, tandis que celui du dernier décile croissait de 44%, et que celui du premier décile était stable (Gosling et al., 1994). Dans d'autres pays européens, les écarts de salaire se sont accrues, en particulier au Canada et en Australie (Davis, 1992) durant ces mêmes années quatre-vingt. En France le salaire minimum fait l'objet de constantes revalorisations et les inégalités de salaires entre qualifiés et non qualifiés sont plutôt moins fortes au début des années quatre-vingt-dix que vingt ou trente ans plus tôt (Goux et Maurin, 1994).



En outre, les inégalités salariales entre différentes catégories de travailleurs (mesurées par les différences moyennes de salaires entre catégories de main-d'œuvre) se décomposent en une prime à l'éducation et une prime à l'expérience (Bouabdallah et Villeval, 2000). Aux États-Unis, la prime à l'éducation de niveau *collège* a augmenté de 1963 à 1971, baissé de 1971 à 1979, puis augmenté fortement de 1979 à 1987 (Katz et Murphy, 1992). La prime pour les hommes de 25 à 34 ans sortant du *collège* par rapport aux sortants de *high school* est passée de 13 % en 1979 à 38 % en 1987 (Levy et Murnane, 1992). À l'inverse, en France, Lefranc (1997), en comparant l'évolution de l'inégalité des salaires et du chômage en France et aux États-Unis sur la période 1970-1993, trouve que la prime associée à l'éducation baisse, en longue période, pour l'ensemble des catégories de diplôme. Cette baisse se traduit par un rapprochement du salaire réel de l'ensemble des catégories de diplôme par rapport à celui des personnes sans aucun diplôme. L'auteur note encore que cette dernière correspond, jusqu'en 1985, à un mouvement de compression générale des différentiels de rémunération par diplôme. En revanche, entre 1985 et 1993, les écarts de salaire augmentent de nouveau dans le haut de la hiérarchie des diplômes : les personnes de niveau 1 et 2 voient leurs salaires progresser par rapport à ceux de niveau 3 (tableau 3.3).

**Tableau 3. 3: Salaire relatif selon le diplôme, en multiples du salaire des moins diplômés (Dip5)**

		1970	1977	1985	1993
Diplôme 1	France	2,69	2,34	2,13	2,2
	États-Unis	2,16	2,08	2,26	2,57
Diplôme 2	France	1,93	1,7	1,63	1,69
	États-Unis	1,76	1,71	1,78	1,86
Diplôme 3	France	1,83	1,64	1,53	1,51
	États-Unis	1,54	1,53	1,57	1,58
Diplôme 4	France	1,39	1,31	1,26	1,25
	États-Unis		1,25		1,21
Diplôme 5	France				
	États-Unis	1	1	1	1

Note : Diplôme 1 correspond aux personnes ayant au moins une licence ou un *bachelor's degree*; Diplôme 2 correspond aux personnes ayant suivi au plus deux années d'enseignement au-delà de l'enseignement secondaire; Diplôme 3 correspond aux personnes ayant le baccalauréat ou ayant terminé *High School*; Diplôme 4 correspond aux personnes ayant un diplôme de l'enseignement secondaire inférieur au baccalauréat dans le cas de la France, et à celles n'ayant pas terminé *High School* dans le cas des États-Unis; Diplôme 5 correspond aux personnes sans diplôme ou n'ayant pas terminé le premier cycle de l'enseignement secondaire.

Source Lefranc (1997)

Aux États-Unis, la prime à l'expérience, après avoir accrue et ainsi compensé l'évolution inverse de la prime à l'éducation durant les années soixante-dix ; les années quatre-vingt en revanche, voient les deux primes évoluer dans le même sens. La prime à l'expérience a augmenté, plus encore pour les salariés faiblement instruits. Le ratio des gains des hommes de 45-54 ans par rapport aux 25-34 ans est de 1,33 en 1987 contre 1,23 en 1979 pour ceux qui ont accompli 12 ans de scolarité (Levy et Murnane, 1992). En France, au contraire, la prime à l'expérience diminue durant les années quatre-vingt tout comme la prime d'éducation, assurant une réduction des inégalités entre catégories : après 20 à 30 ans de carrière, les salariés nés entre 1936 et 1945 gagnaient en moyenne 60 % de plus qu'en début de carrière; pour la génération née entre 1943 et 1952, l'écart est de 40 % (Goux et Maurin, 1995). Quant en Italie, la prime d'expérience est stable (Bouabdallah et Villeval, 2000).

Parallèlement, sur la même période, on assiste un essor remarquable des technologies de l'information et de communication (TIC). En 1971, le premier microprocesseur et la première disquette informatique étaient commercialisés; en 1973 la technologie de l'Internet a vu le jour ; en 1975 le premier ordinateur personnel était mis sur le marché et en 1979, l'invention du premier modem permettait de relier la technologie informatique à l'Internet (Crifo, 2005). Ainsi, l'hypothèse centrale qui a été analysée, pour expliquer la baisse de la demande du travail peu qualifié et l'augmentation des inégalités entre les catégories de la main-d'œuvre, est que ces technologies pourraient favoriser une substitution de la main-d'œuvre qualifiée à la main-d'œuvre non qualifiée. Les TIC auraient en commun d'être plutôt utilisées par du personnel qualifié, maîtrisant l'écrit et la communication à distance et de réaliser des tâches qui incombaient auparavant aux travailleurs faiblement qualifiés. C'est l'hypothèse d'un biais technologique<sup>53</sup> associé à la diffusion des TIC.

## **2. Quelques preuves au progrès technique biaisé**

Cette section se propose de présenter trois types de constatations empiriques qui plaident en faveur de la thèse de biais technologique : 1) L'accélération récente du progrès technique ; 2) la complémentarité entre les nouvelles technologies et les qualifications ; 3) La prime salariale liée à l'innovation.

---

<sup>53</sup> Il est à noter que d'autres hypothèses alternatives, voire concurrentes, à celles du progrès technique biaisé ont été avancées. A ce titre, l'ouverture au commerce international est également donnée pour expliquer l'augmentation des inégalités sur le marché du travail. Pour plus de détail voire par exemple les numéros spéciaux consacrés à ces questions de la *Revue économique*, 1995, n°3 et *Economie et statistique*, 2003, n° 363-365.

## 2.1. L'accélération récente du progrès technique

L'hypothèse d'une accélération du progrès technique depuis les années 1980 trouve ses fondements, comme le souligne Crifo (2005), dans l'apparition et l'essor des nouvelles technologies. Les TIC, qualifiées de technologies génériques, sont souvent assimilées à une troisième révolution industrielle. Les TIC sont de plus en plus omniprésentes dans la plupart des économies développées. Plusieurs indicateurs témoignent de l'ampleur des changements technologiques. D'abord, la part des investissements liés aux TIC ne cesse de croître. Selon les calculs de Colecchia et Schreyer (2001), en dépit de la diversité des positions cycliques des différentes économies, on assiste à une rapide croissance de l'investissement en TIC à prix constants dans l'ensemble de neuf pays de l'OCDE (les pays du G7 plus l'Australie et la Finlande). La part des TIC dans l'investissement a doublé ou triplé selon les pays, passant en France de 6,8 % en 1980 à 14,4 % en 2000, en États-Unis de 15,2 à 29,9 et, en Finlande, de 7,8 à 28 %. Les auteurs expliquent l'importance de la croissance en volume de l'investissement en technologies de l'information par le recul constant des prix relatifs de ces équipements, ce qui a donné lieu à des effets de substitution entre différents types de capital et entre le capital TIC et le travail. La rapide baisse des prix des ordinateurs et des équipements bureautiques s'est encore accélérée à la fin des années quatre-vingt-dix par rapport aux années précédentes. L'indice américain des prix à la production (hédonique) des ordinateurs, par exemple, a chuté de plus de 14% par an entre décembre 1990 et décembre 2000. Cette baisse, alliée à l'expansion du champ d'application des TIC, a sans aucun doute stimulé l'investissement dans ce domaine, au détriment d'autres actifs (OCDE, 2002).

Artus et Cette (2004) ont proposé une comparaison de la diffusion des TIC dans cinq pays industrialisés: la France, l'Allemagne, le Royaume-Uni, les Pays-Bas et les États-Unis. Il en ressort que dans les cinq pays considérés, les dépenses d'investissement en TIC ont fortement et continûment progressé sur les dernières décennies. Non seulement le taux d'investissement en TIC a augmenté (il a au moins doublé dans tous les pays de 1980 à 2000), mais aussi la part des TIC dans les dépenses d'investissement (elle a presque doublé dans tous les pays sur la même période). En outre, si l'on compare les pays, on constate qu'aux États-Unis, en moyenne sur la période 1996-2001, les investissements en TIC y représentaient environ 4,5 % du PIB et 28 % de l'ensemble des dépenses d'investissement. À l'autre extrême, la France surtout mais aussi l'Allemagne sont les pays où ces dépenses sont les moins importantes : respectivement moins de 2,5 % et moins de 17 %. Les Pays-Bas et le Royaume-Uni occupent une position intermédiaire : respectivement environ 3 % et 17 à 22 %.

Par ailleurs, la diffusion des TIC se repère, aussi, par la proportion grandissante d'entreprises s'équipant de TIC. À l'évidence, des données plus récentes montrent que, dans les pays de l'OCDE, l'informatique et Internet sont désormais largement répandus dans les entreprises. D'après une étude récente, citée dans l'édition 2004 des *Perspectives des technologies de l'information* de l'OCDE, la proportion d'entreprises utilisant les TIC dans la production en 2003 est de 24 % au Japon, 20 % au Canada, 17 % aux États-Unis et en Corée, et 14 % en Allemagne et en Irlande, contre seulement 8% en France. Enfin, cette informatisation concerne une proportion croissante de salariés. S'agissant de l'équipement professionnel en informatique, on observe, sur la période 1987-1993 une diffusion forte de l'ordinateur au travail : le pourcentage de salariés utilisateurs en France passe de 26 % en 1987 à 39 % en 1993 (Aquain et al., 1994). Aux États-Unis, ce pourcentage a enregistré une augmentation en passant de 37% en 1989 et 46% en 1993 (Katz et Kruger, 1997).

## **2.2. De la complémentarité entre les nouvelles technologies et les qualifications**

Si la réflexion sur les effets biaisés du progrès technique sur l'emploi est ancienne dans l'analyse économique, un renouvellement profond a d'abord été opéré à partir de la prise en compte de l'hétérogénéité de la main-d'œuvre (Bouabdallah et al., 1999). Au concept de biais technologique, s'ajoute celui de complémentarité entre capital et travail qualifié. Afin d'expliquer le maintien de la croissance du salaire relatif des qualifiés aux États-Unis en dépit de la croissance de l'offre de cette catégorie de main-d'œuvre, Griliches (1969) avait soutenu la thèse d'une plus grande complémentarité du travail qualifié, relativement au travail non qualifié, avec le capital. Le test empirique réalisé par Griliches (1969) sur une coupe de secteurs pour l'année 1954 confirme l'hypothèse de complémentarité entre capital et main-d'œuvre qualifiée. Par la suite, ce même résultat a été confirmé par Berndt et Christensen (1974) sur données américaines et par Bergström et Panas (1992) sur données suédoises. Bergström et Panas (1992) montrent pour la période 1963-1980 que, selon les secteurs, qu'il y a soit complémentarité entre le capital et la main-d'œuvre qualifiée, soit l'élasticité de substitution est plus forte entre le capital et la main-d'œuvre non qualifiée qu'entre le capital et la main-d'œuvre qualifiée (complémentarité faible).

Alors que Griliches (1969) cherche à établir empiriquement la complémentarité entre capital et main-d'œuvre qualifiée, un certain nombre d'études, vu la dégradation de la situation des salariés non qualifiés sur le marché du travail des pays développés, concernant le revenu ou l'accès à l'emploi, ont attiré l'attention sur le progrès technologique comme une source de

l'augmentation de la demande de la main-d'œuvre qualifiée. Le progrès technique serait intrinsèquement biaisé en faveur du travail qualifié. Pour les États-Unis, Doms et al. (1997), à partir de données appariées d'établissement industriels et de salariés, les auteurs mettent en évidence, en coupe, une corrélation positive entre nouvelles technologies et qualification : les établissements utilisateurs de nombreuses technologies de fabrication avancées se caractérisent par un part supérieure de la main-d'œuvre qualifiée. Des tests similaires, mais sur des données plus agrégés, sont conduits dans l'étude de Autor et al. (1997). Les auteurs constatent que le déplacement de la demande en faveur les travailleurs très qualifiés s'est produit dans les industries ayant connu la croissance la plus forte des ordinateurs. L'étude de Bresnahan et al. (2002) va dans le même sens puisqu'elle montre, à partir de données individuelles d'entreprises américaines, que l'utilisation des nouvelles technologies de l'information (mesurée par les stocks d'ordinateurs détenus par les entreprises) est corrélée de manière significative avec une augmentation de la demande de capital humain et de qualification. Une étude plus récente de Luque et Miranda (2000) a montré également que le changement technologique dans le secteur manufacturier aux États-Unis est corrélé avec les qualifications.

Dans le même ordre d'idées, Goldin et Katz (1996,1998) étudient les conséquences des nouvelles technologies et des nouveaux processus de production au cours de la première moitié du siècle, dans la période qui a suivi l'introduction de l'énergie électrique. Ils observent l'existence d'une certaine complémentarité entre nouvelles technologies et travailleurs qualifiés. En particulier, la diffusion des techniques de production liées à l'emploi de moteurs électriques dans la première décennie du siècle a favorisé une augmentation de la demande relative de travailleurs qualifiés dans le secteur manufacturier aux États-Unis. Ce résultat semble concorder avec l'idée selon laquelle l'introduction d'une nouvelle technologie contribue initialement à favoriser la demande de travail qualifié, pour devenir ensuite neutre vis-à-vis des qualifications une fois sa diffusion réalisée (Bartel et Lichtenberg, 1987).

Pour le Royaume-Uni, Haskel et Heden (1999) ont utilisé la base de données britannique *Annual Respondents Database* (ARD) ainsi qu'un ensemble de données sur l'informatisation. Ils ont mis en évidence que l'utilisation accrue des ordinateurs réduisait la demande de travailleurs exerçant des activités manuels, même une fois prise en compte l'endogénéité, l'évolution du capital humain et les possibilités technologiques. Caroli et Van Reenen (2001) ont proposé d'enrichir les analyses en introduisant une dimension organisationnelle. Les auteurs constatent que le capital humain, la technologie et le

changement organisationnel étaient complémentaires et que le changement organisationnel réduisait la demande de travailleurs non qualifiés.

Au Canada, Baldwin et Diverty (1995) trouvent que l'utilisation de technologies de pointe est associée à des demandes plus fortes de qualification. Dans les établissements canadiens utilisant des technologies de pointe, cela se traduit souvent par une plus forte incidence de la formation. Ils ont également observé que les entreprises adoptant des technologies de pointe augmentaient leurs dépenses d'enseignement et de formation. Cette complémentarité entre technologies et qualification concernant le Canada a ensuite confirmée par Betts (1997) et Gera et al. (2001). En ce qui concerne l'Allemagne, Falk (2001) a constaté que les entreprises dans lesquelles la diffusion des TIC était la plus forte employaient une plus grande proportion de travailleurs titulaires d'un diplôme universitaire ainsi que de spécialistes des TIC. En revanche, il existait une corrélation négative entre le taux de pénétration des TIC et la proportion de travailleurs moyennement ou faiblement qualifiés.

En France, Greenan et al. (2001) ont observé certains éléments signalant un biais lié aux qualifications dans l'utilisation de l'informatique. Ils ont examiné des données portant sur la fin des années 80 et le début des années 90 et observé de fortes corrélations positives entre les indicateurs d'informatisation et de recherche d'une part, et la productivité, les salaires moyens et la proportion de cadres administratifs d'autre part. Ils ont également observé des corrélations négatives entre ces indicateurs et la proportion d'ouvriers de production. Caroli et Van Reenen (2001) observent qu'entre 1992 et 1996, la déformation de la structure des qualifications est due à la fois aux changements technologiques et organisationnels.

Au total, en dépit de controverses, la majorité des études confirment donc la complémentarité entre la technologie et les qualifications. L'utilisation des TIC appelle en général des niveaux de qualification de la main-d'œuvre relativement élevés. Ces résultats empiriques ont apporté des arguments à l'appui de l'hypothèse d'un biais technologique.

### **2.3. La prime salariale liée à l'innovation**

Krueger (1993) est le premier à avoir tenté d'identifier si les utilisateurs d'ordinateurs perçoivent ou non une rémunération supérieure pour leurs compétences informatiques. En mobilisant de données sur les firmes américaines obtenues en coupes transversales pour les années 1984 et 1989, le modèle estimé est une fonction de gains classique de la forme :

$$\ln W_i = X_i \beta + C_i \alpha + \varepsilon_i$$

avec,  $W_i$  le taux de salaire du  $i^{\text{ème}}$  individu,

$X_i$ , un vecteur de caractéristiques observées de l'individu  $i$ ,

$C_i$ , une variable indicatrice égale à 1 si l'individu  $i$  utilise un ordinateur et zéro sinon,

$\varepsilon_i$ , un terme d'erreur.

Après introduction de variables contrôlant les caractéristiques individuelles observées de la main-d'œuvre, Krueger (1993) constate une prime salariale associée à l'utilisation de l'informatique de l'ordre de 18% en 1984 et 21% en 1989. En tenant compte d'indicateurs sectoriels et de professions détaillées, le montant de la prime est de l'ordre de 10 à 15 %. L'auteur explore aussi la question de l'origine de cette prime : productivité accrue ou capacité initiale du travailleur plus forte. Sa conclusion penche en faveur du premier terme de l'alternative. Krueger interprétait cette prime supplémentaire comme résultant d'un progrès biaisé augmentant la productivité relative des travailleurs suffisamment qualifiés pour pouvoir utiliser l'outil informatique. À la suite des estimations de Krueger (1993), d'autres travaux sur de données américaines vont confirmer ces résultats. Dunne et Schmitz (1995) identifient une prime de 14 % pour les salariés de production dans les entreprises américaines les plus utilisatrices de nouvelles technologies voire même une prime de 29 % dans les établissements vendant les produits les plus complexes. De leur côté, Doms et al. (1997) montrent, sur données d'entreprises américaines en coupe, que la prime salariale est de 15 % pour les salariés de production dans les entreprises faisant le plus appel aux nouvelles technologies. Ces résultats ont ensuite été confirmés à l'aide d'estimations réalisées dans d'autres pays. La prime est estimée à 15,5 % au Canada (Reilly, 1995), 12 % en Royaume-Uni (Van Reenen, 1996) et 17 % en Allemagne (DiNardo et Pischke, 1997).

Gollac et Kramarz (1997) ont réalisés des tests analogues sur données françaises. En appariant les données des enquêtes annuelles de l'INSEE sur l'emploi, de 1991, 1992 et 1993 ainsi que de l'enquête complémentaire à l'enquête sur l'emploi de 1993, l'enquête TOTTO, les auteurs estiment l'équation suivante :

$$\ln W(i, t) = a + \sum_j b_j X_j(i, t) + \sum_j C_j Y_j(i, t) + d(i) + f_e e(i, t) + \varepsilon(i, t)$$

où :

$W(i,t)$ , le salaire perçu par le salarié  $i$  à la date  $t$ ,

$X_j$ , les variables indiquant l'utilisation de la technologie (informatique, robotique, télématique),

$Y_j$ , un vecteur de caractéristiques individuelles observables,

$d(i)$ , un effet fixe individuel,

$e(i,t)$ , l'entreprise où le salarié  $i$  travaille à la date  $t$  et  $f_e$ , un effet fixe d'entreprise,

$\varepsilon$ , un terme d'erreur.

Gollac et Kramarz (1997), en utilisant des variables de contrôle similaires à celles de Krueger, mettent en évidence en France un effet de l'informatique de 22 %, supérieur à l'effet américain. Si l'on réalise les mêmes tests avec l'usage du Minitel en France on trouve aussi une prime salariale d'un montant de 17 %. Mais, en ajoutant des variables décrivant la place de l'individu dans la division du travail, l'effet baisse fortement. Les auteurs trouvent une prime salariale de l'ordre de 7% chez les utilisateurs de l'informatique, mais aussi, qu'il en est de même chez les utilisateurs de la télématique (8 %) alors que les utilisateurs de l'automatisation industrielle ne bénéficient que d'une prime de 2%. Une explication possible, de la valeur faible de la prime associée à l'usage de l'informatique observée en France, pourrait résider dans le poids important des conventions collectives de branche et la croissance de l'offre de jeunes diplômés sur le marché du travail (Bouabdallah et Villeval, 2000).

Cette relation causale entre l'usage des nouvelles technologies et le salaire, comme le soulignent (Bouabdallah et al., 1999), alimente la thèse du biais technologique, bien que ces estimations aient peu de fondements théoriques directs. Cependant, cette relation n'est qu'une manière d'aborder la question du biais technologique. Celui-ci sera également traité à partir de l'analyse de la déformation des structures de la demande de travail en termes de qualification. En outre, bien que les analyses les plus critiques par rapport à l'approche de Krueger, Entorf et Kramarz, 1994 ; DiNardo et Pischke, 1997) apportent une sérieuse contestation à la thèse du biais technologique, ceci ne suffit pas à la condamner pour autant (Bouabdallah et Villeval, 2000).



### 3. Thèse du biais technologique : Fondement théorique

Sur le plan théorique, plusieurs étapes scandent l'évolution de la réflexion économique sur la notion de biais ou de neutralité du changement technologique. Cette notion trouve ses fondements dans les travaux de Hicks (1932) et se prolonge dans ceux de Harrod (1948) et Solow (1956).

#### 3.1. Neutralité et changement technologique biaisé

Suite aux travaux de Hicks, il est convenu de classer le progrès technologique en progrès neutre et en progrès biaisé. Ce dernier peut être, à son tour, épargnant en main-d'œuvre ou en capital. Dans ce contexte plusieurs définitions de neutralité ont été formulées. Hicks (1932) qualifia le progrès technologique de neutre lorsqu'il ne modifie pas le rapport entre les productivités marginales des facteurs employés. Il est « épargnant » en main-d'œuvre lorsqu'il accroît la productivité marginale du capital plus que proportionnellement à celle du travail. Il est « épargnant » en capital lorsqu'il accroît la productivité marginale du travail que celle du capital.

##### 3.1.1. Notion de neutralité du changement technologique

L'étude du progrès technologique est généralement faite à l'aide d'une fonction de production qui relie le niveau de production (qu'on le note par  $Y$ ) aux niveaux des facteurs utilisés. Dans ce cadre, il est d'usage, à un niveau agrégatif de restreindre l'analyse aux deux facteurs fondamentaux de production, à savoir la main-d'œuvre (noté par  $L$ ) et le capital (que nous de notons par  $K$ ). La fonction de production groupant les variables  $Y$ ,  $K$  et  $L$  s'écrit comme suit :

$$Y = F(K, L) \quad (3.1)$$

Le progrès technologique agit sur le niveau de production par le biais de son effet sur la productivité du travail,  $F_L$  et du capital,  $F_K$  ( $F_L=w$ ,  $F_K=r$  avec  $w$ , taux de salaire et  $r$  coût d'usage de capital). Cependant, les changements induits dans  $L$  et  $K$  affectent à leur tour les valeurs de  $F_L$  et  $F_K$ ; la causalité opère dans les deux sens. Dès lors, les valeurs d'équilibre de  $F_L$  et  $F_K$  peuvent refléter à la fois les effets de la technologie et de la substitution entre les facteurs. Hicks (1932) propose d'isoler l'effet de la technologie, il maintient le rapport  $K/L$  constant et examine le comportement dans le temps de  $F_L/F_K$ .

Hicks (1932) qualifia le progrès technologique de neutre lorsqu'il préserve l'intensité capitaliste  $K/L$ . Cette condition est vérifiée si le rapport des rendements de la main-d'œuvre et du capital  $F_L/F_K$  reste constant suite à un déplacement de la fonction de production (ou de coût). Un biais dans le progrès technologique est constaté lorsque les productivités marginales du capital et du travail évoluent différemment. Il économise le travail lorsqu'il accroît la productivité marginale du capital plus que proportionnellement à celle du travail. Il est « épargnant » en capital lorsqu'il accroît la productivité marginale du travail que celle du capital.

Pour Harrod (1948), est neutre un progrès technique qui maintient la quantité de capital par unité produite inchangée ( $K/Y$ ) pour une productivité marginale du capital  $F_K$  constante. Dans la logique de Harrod, c'est la variation de la production qui détermine la distribution des revenus et, par conséquent, le niveau de l'emploi. Ainsi, si le progrès technique provoque une augmentation de la relation ( $K/Y$ ), la part des salaires dans le revenu doit diminuer et, par conséquent, l'emploi diminue (et *vice-versa*). Le niveau de l'emploi reste le même s'il n'y a pas de changement du ratio capital/produit ( $K/Y$ ) et, dans ce cas, la distribution des revenus reste aussi inchangée. Alors que chez Harrod (1948), l'accent est mis sur le capital à l'exclusion de la main-d'œuvre, l'inverse a lieu dans la définition de neutralité technologique attribuée à Solow (1956). Selon Solow, le progrès technique est neutre si il laisse la quantité de travail par unité produite ( $L/Y$ ) inchangée pour une productivité marginale du travail donné  $F_L$ .

### 3.1.2. Biais technologique

Sous l'ensemble d'hypothèses et de définitions de la neutralité du progrès technique, Zind (1981) parvient à construire des indices de biais attribués à Hicks, Harrod et Solow

L'équation de définition de la fonction de production utilisée par Zind (1981) est de la forme :

$$Y = F(K, L; t) \quad (3.2)$$

Appliquant le théorème d'Euler ayant trait aux fonctions homogènes au premier degré, il est possible d'écrire la fonction de production sous la forme :

$$Y = KF_K + LF_L \quad (3.3)$$

L'équation (3.3) représente la répartition du revenu entre la masse salariale et la rente du capital.

Par la suite, la dérivée totale des équations (3.2) et (3.3) par rapport à t donne :

$$\frac{dY}{dt} = F_K \frac{dK}{dt} + F_L \frac{dL}{dt} + F_t \quad (3.4)$$

$$\frac{dY}{dt} = F_K \frac{dK}{dt} + K \frac{dF_K}{dt} + F_L \frac{dL}{dt} + L \frac{dF_L}{dt} \quad (3.5)$$

La multiplication et la division par K (respectivement par L) de premier et de deuxième terme de l'équation (3.4) et divisant l'équation par Y permet à Zind (1981) d'obtenir la forme suivante :

$$\frac{dY/dt}{Y} = \frac{KF_K}{Y} \frac{dK/dt}{K} + \frac{LF_L}{Y} \frac{dL/dt}{L} + \frac{F_t}{Y}$$

En vue de simplifier la présentation, on dénote  $\frac{dY/dt}{Y}$ , représentant le taux de croissance de Y, par  $\hat{Y}$ ;  $\frac{KF_K}{Y}$  par  $\theta$ ;  $\frac{LF_L}{Y}$ , qui représente la part de la masse salariale dans le revenu national, par  $\pi$ ; et par  $\gamma$  l'expression  $\frac{F_t}{Y}$ .

Procédant de la même manière pour l'équation (3.5), les deux équations peuvent ainsi être formulées sous les formes fonctionnelles suivantes :

$$\hat{Y} = \gamma \hat{K} + \pi \hat{L} + \gamma \quad (3.6)$$

$$\hat{Y} = \gamma \hat{K} + \gamma \hat{F}_K + \pi \hat{L} + \pi \hat{F}_L \quad (3.7)$$

où le signe (^) dénote le taux de croissance de la variable.

Des équations (3.6) et (3.7), nous obtenons :

$$\gamma = \pi \hat{F}_L + \gamma \hat{F}_K \quad (3.8)$$

Par définition, l'élasticité de substitution entre  $L$  et  $K$  s'écrit :

$$\sigma = \frac{d \log\left(\frac{K}{L}\right)}{d \log\left(\frac{F_L}{F_K}\right)} = \frac{\hat{K} - \hat{L}}{\hat{F}_L - \hat{F}_K} \quad (3.9)$$

L'auteur montre par la suite, en raison de l'homogénéité au premier degré de  $F$ , que l'élasticité de substitution se simplifie comme suit :

$$\sigma = \frac{F_K F_L}{Y F_{LK}} \quad (3.10)$$

Il retient aussi deux autres équations comportant les dérivées croisées par rapport à  $t$ , soit  $F_{Lt}$  et  $F_{Kt}$ . Ces équations sont obtenues à partir de l'expansion des dérivées de  $F_L$  et  $F_K$ , comme suit :

$$\frac{dF_L}{dt} = F_{LL} \frac{dL}{dt} + F_{LK} \frac{dK}{dt} + F_{Lt} \quad (3.11)$$

$$\frac{dF_K}{dt} = F_{KL} \frac{dL}{dt} + F_{KK} \frac{dK}{dt} + F_{Kt} \quad (3.12)$$

En utilisant l'identité (3.10), et tenant compte que  $F_{LL} = \frac{-K}{L} F_{LK}$ ;  $F_{KK} = \frac{-L}{K} F_{LK}$ , nous obtenons les deux équations suivantes :

$$\hat{F}_L = \frac{1}{\sigma} \left[ \theta \left( \hat{K} - \hat{L} \right) \right] + \frac{F_{Lt}}{F_L} \quad (3.13)$$

$$\hat{F}_K = \frac{1}{\sigma} \left[ \phi \left( \hat{L} - \hat{K} \right) \right] + \frac{F_{Kt}}{F_K} \quad (3.14)$$

### 3.1.2.1. Biais hicksien

Selon Zind (1978, 1981), le concept de biais attribué à Hicks peut être formulé sous la forme fonctionnelle suivante :

$$HI = \frac{F_{Lt}}{F_L} - \frac{F_{Kt}}{F_K} = \hat{F}_{Lt} - \hat{F}_{Kt} \quad (3.15)$$

Dans cette formulation, la valeur de  $H$  peut être nulle, positive ou négative.

i) Si  $\frac{F_{Lt}}{F_L} = \frac{F_{Kt}}{F_K}$  ( $HI = 0$ ), la technologie est qualifiée de neutre.

ii) Si  $\frac{F_{Lt}}{F_L} > \frac{F_{Kt}}{F_K}$  ( $HI > 0$ ), le progrès technologique « économise du capital » ou est

« biaisé en faveur de la main-d'œuvre »

iii) Si  $\frac{F_{Lt}}{F_L} < \frac{F_{Kt}}{F_K}$  ( $HI < 0$ ), le progrès technologique « économise de la main-

d'œuvre » ou est « biaisé en faveur du capital ».

### 3.1.2.2. Biais harodien

En utilisant l'identité  $\pi + \theta = 1$  ( $F$  est homogène du premier degré), l'équation (3.7) peut être réécrite sous la forme :

$$\hat{Y} = \hat{K} - \pi(\hat{K} - \hat{L}) + \pi(\hat{F}_L - \hat{F}_K) + \hat{F}_K \quad (3.16)$$

À partir des équations (3.13) et (3.14) nous pouvons obtenir également :

$$\hat{F}_L - \hat{F}_K = \frac{1}{\sigma}(\hat{K} - \hat{L}) + HI \quad (3.17)$$

En se servant des équations (3.14) et (3.17), nous pouvons procéder à des substitutions dans l'équation (3.16) de manière à ce que nous obtenions:

$$\hat{Y} = \hat{K} + \sigma \hat{F}_K - \sigma \frac{F_{Kt}}{F_K} + \frac{\pi}{\sigma}(\hat{K} - \hat{L}) + \pi HI - \frac{\pi}{\sigma}(\hat{K} - \hat{L}) + \frac{F_{Kt}}{F_K}$$

Ceci donne :

$$\hat{Y} - \hat{K} = \sigma \hat{F}_K + \pi HI + (1 - \sigma) \frac{F_{Kt}}{F_K} \quad (3.18)$$

Zind (1981) définit l'indice de biais harodien, qu'on le note HA, par :

$$HA = \pi HI + (1 - \sigma) \frac{F_{Kt}}{F_K} \quad (3.19)$$

Evidemment, quand (HA = 0), la technologie est qualifiée de neutre; si simultanément (HI=0), ceci implique que  $\sigma = 1$ , ou  $\frac{F_{Kt}}{F_K} = 0$ . Le progrès technologique « économise du capital » quand (HA>0), et inversement, il « économise de la main-d'œuvre » quand (HA < 0).

### 3.1.2.3. Biais solowien

Procédant de la même manière, la reformulation des équations (3.7), (3.14) et (3.17) nous permet d'établir la relation suivante :

$$\hat{Y} - \hat{L} = \sigma \hat{F}_L - \theta HI + (1 - \sigma) \frac{F_{Lt}}{F_L} \quad (3.20)$$

L'indice de biais technologique attribué à Solow, noté S, se définit comme :

$$S = -\theta HI + (1 - \sigma) \frac{F_{Lt}}{F_L} \quad (3.21)$$

Le progrès technologique est qualifiée de neutre; si simultanément (HI=0), ceci implique que  $\sigma = 1$ , ou  $\frac{F_{Lt}}{F_L} = 0$ . Le progrès technologique « économise du capital » quand (HA<0), et inversement, il « économise de la main-d'œuvre » quand (HA > 0).

## 3.2. Le choc de progrès technologique biaisé dans les modèles d'équilibre : Présentation de quelques modèles théoriques

Les modèles exposés dans cette section constituent une avancée certaine vers une modélisation du progrès technique biaisé. Dans le premier modèle, Cotis et al. (1997) développe une formalisation de type néoclassique où le progrès technique est supposé exogène. Acemoglu (1998), dans son article intitulé « Why Do New Technologies Complement Skills? Directed Technical Change and Wage Inequality » paru dans le *The Quarterly Journal of Economics*, a été l'un des premiers à vouloir endogénéiser l'accélération du biais technologique. Greiner et al. (2004) proposent un modèle reposant sur le cadre

standard de Romer (1990) où le progrès technique est intégré comme résultant d'une activité économique rémunérée et dont le niveau est endogène.

### 3.2.1. Le modèle de Cotis et al. (1997)

Sous l'hypothèse que le progrès technique est exogène, Cotis et al. (1997) proposent un modèle néoclassique dont lequel l'économie est composée en deux secteurs de production, un secteur produisant des biens intensifs en travail qualifié (secteur 1) et un secteur spécialisé dans les biens intensifs en travail non qualifié (secteur 2). Il existe aussi trois facteurs de production : 1) le travail qualifié (Q), 2) le travail non qualifié (NQ) et 3) le capital (K). Le progrès technique, incorporé au travail, est supposé dépendant à la fois de la qualification et du secteur.

#### 3.2.1.1 Le cadre et la spécification du modèle

La fonction de production qui permet de caractériser l'évolution de l'économie est donnée par la relation suivante :

$$Y^i = F(A_Q^i L_Q^i, A_{NQ}^i K_{NQ}^i) \quad (3.22)$$

dans laquelle le terme  $A_Q^i$  (respectivement  $A_{NQ}^i$ ) représente le facteur d'efficience du travail qualifié (non qualifié) dans le secteur  $i$  et  $L_Q^i$  ( $L_{NQ}^i$ ) désigne la main-d'œuvre qualifiée (respectivement non qualifiée) employée dans le secteur  $i$ . De plus, Cotis et al. (1997), considèrent que le progrès technique incorporé au travail qualifié dans le secteur  $i$  correspond au taux de croissance de  $A_Q^i$ .

En admettant l'hypothèse de rendements d'échelle constants, les auteurs montrent par la suite que la fonction de production devient:

$$Y^i = A_Q^i F^i(L_Q^i, (A_{NQ}^i / A_Q^i) L_{NQ}^i) \quad i = 1, 2 \quad (3.23)$$

Aussi, on peut écrire le rapport entre la production du secteur 1 et celle du secteur 2 :

$$\begin{aligned} \frac{Y^1}{Y^2} &= \frac{A_Q^1 F^1(L_Q^1, (A_{NQ}^1 / A_Q^1) L_{NQ}^1)}{A_Q^2 F^2(L_Q^2, (A_{NQ}^2 / A_Q^2) L_{NQ}^2)} \\ &= \frac{A_Q^1}{A_Q^2} \left[ F^1(L_Q^1, (A_{NQ}^1 / A_Q^1) L_{NQ}^1) / F^2(L_Q^2, (A_{NQ}^2 / A_Q^2) L_{NQ}^2) \right] \end{aligned} \quad (3.24)$$

De cette relation ressortent deux quantités ( $A_{NQ}^i / A_Q^i, \frac{A_Q^1}{A_Q^2}$ ) associées à deux formes de

biais technologique :

- Le terme  $A_{NQ}^i / A_Q^i$  représente le biais lié à la qualification. Si le progrès technique incorporé au travail qualifié est plus rapide que le progrès technique incorporé au travail non qualifié ( $A_{NQ}^i / A_Q^i$  diminue), la quantité de main-d'œuvre qualifiée nécessaire par unité de production diminue plus rapidement que la quantité de main-d'œuvre non qualifiée. Mais, compte tenu de l'ajustement de prix qui peut se produire, cela ne signifie pas nécessairement que le travail qualifié baisserait.

- Le terme  $\frac{A_Q^1}{A_Q^2}$  correspond au biais sectoriel. Lorsque  $A_Q^2$  croît plus rapidement que  $A_Q^1$

, le progrès technique économise plus rapidement de la main d'œuvre (qualifié et non qualifié) dans le secteur 2 que dans le secteur 1. Dans ce cas particulier, l'emploi dans le secteur 2 diminue si la demande pour les produits correspondant ne se modifie pas au même rythme.

### 3.2.1.2. Effets sectoriels d'un choc de progrès technique biaisé

Les auteurs admettent ici que les marchés de biens sont concurrentiels, c'est l'une des hypothèses néoclassique d'équilibre. Sous cette hypothèse, la demande de travail de l'entreprise représentative du secteur  $i$  dépend de la demande de biens, du salaire réel et du progrès technique :

$$\begin{cases} l_Q^i = y^i - \sigma^i (w_Q - \rho^i) + (\sigma^i - 1) a_Q^i \\ l_{NQ}^i = y^i - \sigma^i (w_{NQ} - \rho^i) + (\sigma^i - 1) a_{NQ}^i \end{cases} \quad (3.25)$$

Dans cette expression, les lettres minuscules représentent les logarithmes des grandeurs définies précédemment,  $w_Q$  (respectivement  $w_{NQ}$ ) le logarithme de la rémunération des qualifiés (respectivement non qualifiés) et  $\rho^i$  le logarithme du prix de vente du bien agrégé du secteur  $i$ . Pour ce qui est de la technologie, les auteurs supposent une fonction de type CES où  $\sigma^i$  représente l'élasticité de substitution entre les deux catégories de la main-d'œuvre dans le secteur  $i$ . Les constantes ont été oubliées pour simplifier la présentation.



A ce niveau, Cotis et al. (1997) précisent que, à demande ( $y^i$ ) et salaire réel ( $w_Q - \rho^i$ ) fixés, le progrès technique agit sur la demande du facteur correspondant via deux canaux opposés : un « effet d'échelle » et un « effet de substitution ». Pour illustrer leur propos, les auteurs donnent l'exemple d'un choc de progrès technique dans le secteur  $i$  sur la main-d'œuvre qualifiée. Ce progrès technique économise de la main-d'œuvre qualifiée. Mais, dans le même temps, la main-d'œuvre qualifiée devient plus productive : sans ajustement des salaires, il devient avantageux de remplacer de la main-d'œuvre non qualifiée par de la main-d'œuvre qualifiée.

Par la suite, les auteurs supposent que la demande de produit  $i$  est déterminée par :

$$y^i = y - \sigma(\rho^i - \rho) \quad (3.26)$$

où  $y$  représente le logarithme de la production agrégée,  $\rho$  le logarithme d'un indice de prix.

En substituant dans (3.25) on aura :

$$\begin{cases} l_Q^i = y - \sigma(\rho^i - \rho) - \sigma^i(w_Q - \rho^i) + (\sigma^i - 1)a_Q^i \\ l_{NQ}^i = y - \sigma(\rho^i - \rho) - \sigma^i(w_{NQ} - \rho^i) + (\sigma^i - 1)a_{NQ}^i \end{cases} \quad (3.27)$$

A titre de simplification, les auteurs supposent par la suite que l'élasticité de substitution des facteurs de production et des biens sont identiques ( $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma$ ), ce qui revient à écrire en utilisant les équations (3.27) :

$$\begin{cases} l_Q^i = y - \sigma(w_Q - \rho) + (\sigma - 1)a_Q^i \\ l_{NQ}^i = y - \sigma(w_{NQ} - \rho) + (\sigma - 1)a_{NQ}^i \end{cases} \quad (3.28)$$

On en déduit, l'emploi total de main-d'œuvre de chaque catégorie par combinaison linéaire :

$$\begin{cases} l_Q = y - \sigma(w_Q - \rho) + (\sigma - 1)a_Q^i \\ l_{NQ} = y - \sigma(w_{NQ} - \rho) + (\sigma - 1)a_{NQ}^i \end{cases} \quad (3.29)$$

avec  $a_Q = \pi_Q a_Q^1 + (1 - \pi_Q) a_Q^i$  et  $a_{NQ} = \pi_{NQ} a_{NQ}^1 + (1 - \pi_{NQ}) a_{NQ}^i$

$\pi_Q$  (respectivement  $\pi_{NQ}$ ) étant la part de la main-d'œuvre qualifiée (non qualifiée) employée dans le secteur 1.

Ainsi, en tenant compte des conditions préétablies, le biais du progrès technique au niveau de l'ensemble de l'économie,  $a_Q - a_{NQ}$ , s'écrit :

$$a_Q - a_{NQ} = (\pi_Q - \pi_{NQ})(a_Q^1 - a_Q^2) + (a_Q^1 - a_{NQ}^1) \quad (3.30)$$

Le biais total est donc une combinaison du biais sectoriel (biais « inter »),  $a_Q^1 - a_Q^2$ , et du biais entre qualification (biais « intra »),  $a_Q^1 - a_{NQ}^1$ .

A partir de (3.27) et (3.30), on peut réécrire :

$$l_Q^i - l_{NQ}^i = (\bar{l}_Q - \bar{l}_{NQ}) + (\sigma - 1)[(a_Q^i - a_{NQ}^i) - (a_Q - a_{NQ})] \quad (3.31)$$

où  $\bar{l}_Q$  (respectivement  $\bar{l}_{NQ}$ ) désigne l'offre de travail qualifié (respectivement non qualifié) au plein emploi. Cotis et al. (1997) montrent, ainsi, que l'écart entre le biais intra-sectoriel ( $a_Q^i - a_{NQ}^i$ ) et le biais total ( $a_Q - a_{NQ}$ ) qui détermine la variation de la demande relative pour chaque catégorie de travail dans chaque secteur.

De plus, si on remplace (3.30) dans (3.31) on aura :

$$l_Q^i - l_{NQ}^i = (\bar{l}_Q - \bar{l}_{NQ}) - (\sigma - 1)(\pi_Q - \pi_{NQ})(a_Q^1 - a_Q^2) \quad (3.32)$$

L'équation (3.32) montre que les réallocations sectorielles ne dépendent que de la présence d'un biais sectoriel. Lorsque, le biais est intra-sectoriel, le mouvement de salaire relatif compense exactement l'effet direct du choc de progrès technique biaisé et il n'y a pas de réallocations sectorielles. Ainsi, l'effet d'un choc de progrès technique sur la répartition sectorielle de l'emploi dépend du sens du biais du progrès technique (biais « inter » ou biais « intra ») et de l'élasticité de substitution entre les biens et entre les formes de travail.

### 3.2.2. Le modèle d'Acemoglu (1998)

Acemoglu (1998) considère un modèle de la même structure que celle proposée par Aghion et Howitt (1992) et Grossman et Helpman (1991). Toutefois, le progrès technique peut être complémentaire, aussi bien au travail qualifié, qu'au travail non qualifié, mais le rythme de ces deux progrès techniques n'est pas forcément le même.

### 3.2.2.1. Structure et hypothèses du modèle

La première hypothèse concerne le capital humain qui est supposé contenir deux composantes :  $H$  travailleurs qualifiés et  $L$  travailleurs non qualifiés. Ces deux types de travailleurs offrent de manière inélastique leur travail et ont des préférences identiques pour la consommation d'un bien unique  $Y$ . Ces préférences sont données par :

$$U_k(t) = \int_t^{\infty} \exp(-r(\tau-t)) c_k(\tau) d\tau \quad (3.33)$$

où  $c_k(\tau)$  est la consommation de l'agent  $k$  à l'instant  $\tau$  ;  $r$  est le taux d'escompte, qui peut être également le taux d'intérêt en raison de la linéarité de la fonction d'utilité.

La deuxième hypothèse concerne la production du bien final dans la branche des biens de consommation. Il s'agit d'une fonction de production agrégée de la forme :

$$Y = [Y_l^\rho + \gamma Y_h^\rho]^{1/\rho} \quad (3.34)$$

où  $\rho \leq 1$ . L'auteur suppose ainsi que le bien  $Y$  est produit à l'aide de deux biens intermédiaires  $Y_h$  et  $Y_l$ , l'un utilisant du travail qualifié, et l'autre du travail non qualifié. L'élasticité de substitution entre  $Y_h$  et  $Y_l$  est alors égale à  $1/(1-\rho)$ . De manière standard, la demande relative de biens intermédiaires s'exprime donc par :

$$p = \frac{p_h}{p_l} = \gamma \left( \frac{Y_l}{Y_h} \right)^{1-\rho} \quad (3.35)$$

où  $p_h$  et  $p_l$  sont les prix respectif de  $Y_h$  et  $Y_l$ .

La troisième hypothèse concerne la technique de production des biens intermédiaires, l'auteur suppose que la production de  $Y_h$  se fait à l'aide de travail qualifié uniquement et celle de  $Y_l$  à l'aide de travail non qualifié selon la technologie :

$$y_s(i) = A_s(i) n_s(i)^\beta ; \text{ pour } s = l, h; \beta < 1 \quad (3.36)$$

expression dans laquelle  $n_s(i)$  désigne le nombre de travailleurs employés dans la firme  $i$ , et  $A_s(i)$  est la productivité du travail dans la firme  $i$ .

D'après le modèle d'Acemoglu (1998), la productivité de l'entreprise  $i$  dans le secteur  $s$ , notée  $A_s(i)$ , est déterminée par les technologies qu'elle utilise, et l'auteur émet l'hypothèse que les deux catégories de main-d'œuvre utilisent des technologies différentes.

### 3.2.2.2. L'équilibre du modèle

L'équilibre de ce modèle suggère, en premier lieu, que les entreprises à l'intérieur de chaque secteur  $s$  sont symétriques, de sorte que  $A_s(i) = A_s$ , et en second lieu que les salaires, exprimés en unité de bien final, sont donnés par  $w_s = \beta p_s A_s N_s^{-(1-\beta)}$  pour  $s = l, h$ .

En se servant de l'identité (3.35), la prime de qualification, c'est-à-dire le niveau relatif des salaires des travailleurs qualifiés/ non qualifiés s'écrit alors:

$$w = \frac{w_h}{w_l} = \gamma \left( \frac{A_h}{A_l} \right)^\rho \left( \frac{H}{L} \right)^{-(1-\beta\rho)} \quad (3.37)$$

Dans cette expression, nous pouvons constater que cette prime augmente lorsque le travail qualifié est plus rare c'est-à-dire :

$$\frac{\partial w}{\partial H/L} < 0$$

Également, la prime de qualification augmente avec les technologies complémentaires au travail qualifié :

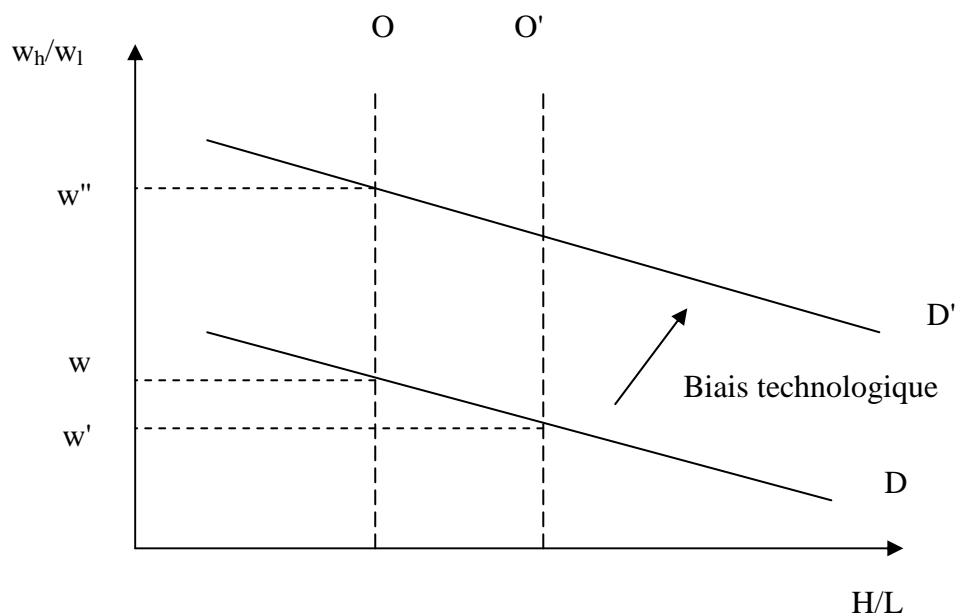
$$\frac{\partial w}{\partial A_h / A_l} < 0 \text{ si } \rho \in (0,1)$$

C'est ce qu'il illustre le graphique (3.2), l'axe horizontal représente le niveau d'emploi des travailleurs qualifiés par rapport au niveau d'emploi des travailleurs non qualifiés ( $H/L$ ). L'axe vertical désigne la prime de qualification, le ratio du salaire du travail qualifié sur celui du travail non qualifié ( $\frac{w_h}{w_l}$ ). Dans ce graphique, D est la courbe de demande relative de main-d'œuvre qualifiée. Elle a une pente négative indiquant que, lorsque le salaire du travail qualifié par rapport à celui du travail non qualifié augmente, alors, toutes choses égales par ailleurs, les employeurs vont remplacer la main-d'œuvre qualifiée par la main-d'œuvre non qualifiée. La pente de la courbe de l'offre relative, au contraire, est positive. L'augmentation

de la prime de qualification incite les personnes de plus en plus à investir dans leur formation pour acquérir rapidement les connaissances requises pour être inclus dans la catégorie des travailleurs qualifiés, de telle sorte que, toutes choses égales par ailleurs, l'offre relative du travail qualifié par rapport au travail non qualifié va augmenter.

Au départ, la prime de qualification s'établit à  $w$ . La figure (3.2) montre que, suite à une augmentation de l'offre relative de la main-d'œuvre qualifiée, la prime de qualification baisse de  $w$  à  $w'$ . Le déplacement vers la droite de la courbe de demande  $D$  en  $D'$  décrit l'effet de progrès technique biaisé en faveur la main-d'œuvre qualifiée. La demande relative de travailleurs qualifiés augmente. La nouvelle courbe génère un accroissement de prime de qualification, qui se fixe à  $w''$  ( $w'' > w$ ).

**Figure 3. 2 : Demande relative de la main-d'œuvre qualifiée**



Source : Acemoglu (2002)

### 3.2.2.3. Conclusions du modèle

En raison de l'endogénéité du progrès technique, Acemoglu (1998) montre que la productivité relative de la main-d'œuvre qualifiée, noté  $\frac{A_h}{A_l}$ , qui représente l'incitation à adopter des technologies complémentaires à cette main-d'œuvre, peut s'écrire à l'aide de l'identité suivante :

$$\frac{A_h}{A_l} = f(p, H/L) \quad (3.38)$$

De cette dernière relation ressortent au moins trois commentaires fondamentaux :

i) Premièrement, il est évident de conclure que la productivité relative des travailleurs qualifiés dépend du prix relatif du bien intensif en qualification  $\left(\frac{p_h}{p_l}\right)$ . Cet effet est positif, étant donné que lorsqu'un bien devient plus cher, les technologies utilisées dans sa production sont elles même plus chère, ce qui accroît les incitations à les améliorer.

ii) Deuxièmement, une augmentation de l'offre relative de travail qualifié peut réduire la prime de qualification. L'effet étant indirect puisqu'une hausse de  $\left(\frac{H}{L}\right)$  réduit  $p$ , et réduit par suite la prime de qualification. Ainsi, dans le cas où il y'a plus de travailleurs qualifiés, le prix des biens qu'ils permettent de produire devient de plus en plus faible, ce qui n'incite pas à investir dans des technologies à haute contenu de main-d'œuvre qualifiée.

iii) Troisièmement, il y a dans cette expression un effet direct de l'offre relative de travail qualifié sur la sa productivité relative. Une hausse de  $\left(\frac{H}{L}\right)$  exerce un effet positif sur la quantité de recherche du fait que lorsqu'il y'a plus de la main-d'œuvre qualifiée dans l'économie, la taille du marché pour les technologies intensives en travail qualifié augmente. A ce niveau, il important de signaler que, à l'issue des paramètres du modèle, l'effet de taille du marché est plus important que l'effet prix. Dès lors, la prime de qualification augmente à la suite d'une hausse de  $\left(\frac{H}{L}\right)$ .

Ainsi, Acemoglu (1998) parvient à montrer qu'à mesure que l'économie accumule des qualifications, que la productivité relative de travailleurs qualifiés croît, ce qui entraîne une augmentation de l'adoption de technologies complémentaires au travail qualifié. Cette complémentarité n'est pas par nature, mais par « conception », c'est-à-dire parce que

l'économie est composée d'un plus grand nombre de travailleurs qualifiés susceptibles d'utiliser ces nouvelles technologies. En effet, la rentabilité d'une technologie particulière dépend de la taille de marché, c'est-à-dire de la taille de la demande pour les biens produits à l'aide de cette technologie. Etant donné qu'un accroissement de l'offre de travail qualifié fait augmenter la taille du marché pour les biens produits en utilisant du travail qualifié, cela favorise donc l'adoption de nouvelles technologies biaisées en faveur de la main-d'œuvre qualifiée. Autrement dit, la hausse de l'offre des travailleurs qualifiés incite les entreprises à créer des emplois de plus en plus *spécialisés* et adaptés à ce genre de travailleurs seuls capables d'assurer une certaine complémentarité avec la technologie (Acemoglu, 2002).

### 3.2.3. Le modèle de Greiner et al. (2004)

Greiner et al. (2004) proposent un modèle reposant sur le cadre standard de Romer (1990) dans lequel le secteur productif de l'économie comprend trois branches différentes et utilise quatre facteurs de production: le capital physique  $K$  mesuré en unités de biens de consommation, le travail non qualifié  $L$  mesuré en nombre de travailleurs, le capital humain  $H$  défini par le nombre d'années d'instruction ou de formation spécifique à chaque personne et la technologie  $A$  évaluée en nombre de connaissances disponibles. Les auteurs supposent, aussi, que le nombre de biens d'équipements affecte l'efficacité des travailleurs qualifiés ainsi que celle des travailleurs non qualifiés.

#### 3.2.3.1. Présentation du modèle

Le cadre retenu se fonde sur une technologie de production Cobb-Douglas de type Romer (1990) telle que :

$$Y = K^{1-\alpha} A^\alpha \eta^{\alpha-1} \left\{ \kappa_1 [A^\xi (H - H_A)]^{\frac{\sigma_p-1}{\sigma_p}} + (1-\gamma_1) [A^\varepsilon L]^{\frac{\sigma_p-1}{\sigma_p}} \right\}^{\frac{\alpha\sigma_p-1}{\sigma_p}} \quad (3.39)$$

expression dans laquelle  $K$  désigne le capital physique; la main-d'œuvre très qualifiée est supposée contenir deux composantes ( $H = H_Y + H_A$ ), l'une consacrée à la production du bien final, soit ( $H_Y$ ), et l'autre consacrée à la R&D, soit ( $H_A$ );  $L$  désigne le nombre de travailleurs qualifiés employés dans la production du bien final;  $\xi$  et  $\varepsilon$  mesurent l'effet de progrès technique sur  $H_Y$  et  $L$ ;  $\sigma_p$  est l'élasticité de substitution entre la main-d'œuvre très qualifiée et la moins qualifiée et  $\eta$  le nombre de biens de consommation utilisés dans la production d'un bien intermédiaire ;

Les auteurs supposent que les marchés sont compétitifs et donc les salaires de travailleurs très qualifiés et ceux des moins qualifiés est égale à leurs productivités marginales, ce qui permet d'écrire :

$$w_H = \alpha \gamma_1 \eta^{\alpha-1} K^{1-\alpha} A^\alpha X^{\frac{\alpha\sigma_p-1}{\sigma_p-1}} A^{\frac{\xi(\sigma_p-1)}{\sigma_p}} H_H^{\frac{-1}{\sigma_p}} \quad (3.40)$$

$$w_L = \eta^{\alpha-1} \alpha (1-\gamma_1) K^{1-\alpha} A^\alpha X^{\frac{\alpha\sigma_p-1}{\sigma_p-1}} A^{\frac{\varepsilon(\sigma_p-1)}{\sigma_p}} L^{\frac{-1}{\sigma_p}} \quad (3.41)$$

avec

$$X = \left\{ \kappa_1 \left[ A^\xi (H - H_A) \right]^{\frac{\sigma_p-1}{\sigma_p}} + (1-\gamma_1) \left[ A^\varepsilon L \right]^{\frac{\sigma_p-1}{\sigma_p}} \right\}$$

En se servant des équations (3.40) et (3.41), la prime de qualification, notée  $w_p$ , s'écrit alors comme suit:

$$w_p = \frac{w_H}{w_L} = \frac{\gamma_1}{1-\gamma_1} \left[ \frac{A^\xi}{A^\varepsilon} \right]^{\frac{\sigma_p-1}{\sigma_p}} \left[ \frac{H_Y}{L} \right]^{\frac{-1}{\sigma_p}} \quad (3.42)$$

### 3.2.3.2. Quelles sont les facteurs déterminants de la prime de qualification?

À première vue, l'expression de la prime de qualification, exprimée par l'équation (3.42), montre que cette prime dépend au moins de quatre facteurs :

i) Tout d'abord, nous pouvons conclure que cette prime de qualification dépend de manière sensible de la valeur de paramètre relatif à la productivité  $\frac{\gamma_1}{1-\gamma_1}$ . En effet, cette prime est d'autant plus importante que la valeur de  $\gamma_1$  est plus grande ( $\gamma_1$  tend vers 1). Or, une valeur grande de  $\gamma_1$  traduit le fait que la productivité relative des travailleurs qualifiés est grande. Ce qui signifie, plus la productivité relative des travailleurs qualifiés est plus grande plus la prime de qualification est plus importante.



ii) La prime de qualification dépend, aussi, du rapport  $\frac{A^\xi}{A^\varepsilon}$  qui représente l'effet progrès technique. Une valeur grande de ce rapport signifie que l'effet du progrès sur le travail qualifié est relativement plus important que sur celui du travail non qualifié c'est-à-dire ( $\xi > \varepsilon$ ) Ainsi, avec l'hypothèse d'une substituabilité forte entre la main-d'œuvre qualifiée et celle non qualifiée ( $\sigma_p > 1$ ), une hausse de  $A$  exerce un effet positif sur la prime de qualification. Si, au contraire les deux catégories de la main-d'œuvre sont fortement complémentaires ( $\sigma_p < 1$ ), une augmentation de  $A$  se traduit par une baisse de la prime de qualification.

iii) Le nombre de travailleurs qualifiés par rapport à celui des travailleurs non qualifiés détermine la prime de qualification. Selon le modèle de Greiner et al. (2004), une augmentation de l'offre relative de travail qualifié peut réduire la prime de qualification (un peu comme l'effet indirect dans le modèle d'Acemoglu (1998)).

iv) Le quatrième facteur concerne l'élasticité de substitution entre le travail qualifié et le travail non qualifié. Dans ce cadre, pour cerner l'effet de  $\sigma_p$  sur la prime de qualification, les auteurs montrent que l'équation (3.42) peut s'écrire sous la forme :

$$w_p = \frac{w_H}{w_L} = \frac{\gamma_1}{1 - \gamma_1} A^{\xi - \varepsilon} \left[ A^{\xi - \varepsilon} \left( \frac{L}{H_Y} \right) \right]^{\frac{1}{\sigma_p}} \quad (3.43)$$

En dérivant cette dernière équation par rapport à  $\sigma_p$  on aura :

$$\frac{\partial w_p}{\partial \sigma_p} = -\frac{\gamma_1}{1 - \gamma_1} A^{\xi - \varepsilon} \left[ A^{\xi - \varepsilon} \left( \frac{L}{H_Y} \right) \right]^{\frac{1}{\sigma_p}} \sigma_p^{-2} \ln \left[ A^{\xi - \varepsilon} \left( \frac{L}{H_Y} \right) \right]^{\frac{1}{\sigma_p}} \quad (3.44)$$

Cette expression est positive (respectivement négative) pour  $A^{\xi - \varepsilon} \left( \frac{L}{H_Y} \right) < 1$  (respectivement

$A^{\xi - \varepsilon} \left( \frac{L}{H_Y} \right) > 1$ ). Ce qui signifie que, si l'offre relative du travail qualifié est relativement

importante, une augmentation de l'élasticité de substitution entre les deux catégories de la main-d'œuvre s'accompagne d'une hausse de l'écart de salaire.

Par ailleurs, en utilisant le logarithme de l'expression (3.42) et en dérivant par rapport à  $t$ , il est aussi possible de déduire l'expression de taux de croissance de la prime de qualification :

$$\hat{w}_p = \frac{\dot{w}_p}{w_p} = \left( \frac{\sigma_p - 1}{\sigma_p} \right) (\xi - \varepsilon) g_A - \frac{1}{\sigma_p} (g_H - g_L) \quad (3.45)$$

$$\text{où } g_A = \frac{\dot{A}}{A}; g_H = \frac{\dot{H}_Y}{H_Y}; g_L = \frac{\dot{L}}{L}$$

C'est ainsi que les auteurs montrent que le taux de croissance de la prime de qualification dépend de quatre facteurs principaux : i) le changement technologique (représenté par le terme  $\xi - \varepsilon$ ), ii) taux de croissance du stock de connaissance ( $g_A$ ), iii) taux de croissance de l'offre de deux catégories de la main-d'œuvre ( $g_H$  et  $g_L$ ), iv) l'élasticité de substitution entre le travail qualifié et le travail non qualifié.

#### 4. Les approches empiriques

Les méthodes d'évaluation du biais technologique renvoient à des fondements théoriques différents, en particulier en ce qui concerne la représentation technologique. A ce niveau, comme le soulignent (Bouabdallah et al., 1999), on peut distinguer trois approches fondamentales : 1) une première approche où la représentation technologique est symbolisée par une fonction de coût; 2) une deuxième approche où la représentation technologique est symbolisée par une fonction de production; 3) une troisième approche qui s'appuie sur l'estimation d'une équation de salaire.

##### 4.1. L'approche à l'aide d'une fonction de coût

Au sein même de cette approche, les études empiriques se distinguent aussi par la conception du progrès technique qu'elles adoptent. En effet, soit le progrès technique est appréhendé comme un facteur résiduel, soit il est directement mesuré, en étant parfois représenté par un « index général du progrès technique » (Baltagui et Rich, 2005)

#### 4.1.1. Le progrès technique comme facteur résiduel

Les analyses traitant le progrès technique comme un facteur résiduel s'appuient sur une fonction de coût qui relie le logarithme du coût total de production ( $\ln C$ ) au logarithme des prix des facteurs ( $\ln P_i$ ), au logarithme du produit ( $\ln Y$ ), traduisant l'effet d'échelle et au progrès technique, assimilé à un trend temporel ( $t$ ):

$$\begin{aligned} \ln C = & \alpha_0 + \alpha_y \ln Y + \alpha_t t + \sum_i \alpha_i \ln P_i + \frac{1}{2} \gamma_{yy} (\ln Y)^2 \\ & + \frac{1}{2} \gamma_{yt} t \ln Y + \frac{1}{2} \gamma_{tt} t^2 + \frac{1}{2} \sum_i \sum_j \gamma_{ij} \ln P_i \ln P_j \\ & + \sum_i \gamma_{iy} \ln P_i \ln Y + \sum_i \gamma_{it} t \ln P_i \end{aligned} \quad (3.46)$$

Cette fonction remplit certaines propriétés se traduisant par des contraintes sur les paramètres. Ces propriétés sont celles de symétrie et d'homogénéité de degré un en prix :

$$\gamma_{ij} = \gamma_{ji}, \forall i, j; \sum_i \gamma_{ij} = 0, \forall j; \sum_i \gamma_{iy} = 0; \sum_i \gamma_{it} = 0$$

Par application du lemme de Shephard, la part de chaque facteur dans les coûts totaux,  $S_i$  est donné par:

$$\frac{\partial \ln C}{\partial \ln P_i} = S_i = \alpha_i + \sum_j \gamma_{ij} \ln P_j + \gamma_{iy} \ln Y + \gamma_{it} t \quad (3.47)$$

Dans cette équation, les paramètres  $\gamma_{ij}$ ,  $\gamma_{iy}$  et  $\gamma_{it}$  mesurent respectivement l'effet d'un changement du prix relatif des facteurs, l'effet de l'échelle de production et les effets du niveau technologique sur les demandes de facteur. Lorsqu'on considère le cas d'une fonction de coût à trois facteurs de production (capital,  $K$ ; main-d'œuvre qualifiée,  $L_q$  et main-d'œuvre non qualifiée,  $L_{nq}$ ), le progrès technique est qualifié de neutre au sens de Hicks si  $\gamma_{kt} = \gamma_{qt} = \gamma_{nqt}$ . Si la condition avancée n'est pas vérifiée, le progrès technique est dit encore neutre sur les qualifications si  $\gamma_{qt} = \gamma_{nqt}$ . Le biais technologique est mesuré ici comme la dérive temporelle de la structure des coûts totaux, à coûts des facteurs, stock de capital et structure du capital donné. Betts (1997) est un exemple des chercheurs adeptes de cette méthode.

#### 4.1.2. Le progrès technique représenté par un index général

À l'instar de Solow (1957), chez Baltagui et Rich (2005) le progrès technique est représenté par un index général,  $A(t)$ . Plus précisément, les auteurs font recours à une fonction de coût sous la forme suivante :

$$\begin{aligned} \ln C = & \alpha_y \ln Y + A(t) + \sum_i \alpha_i \ln P_i + \frac{1}{2} \gamma_{yy} (\ln Y)^2 \\ & + \frac{1}{2} \gamma_{yt} A(t) \ln Y + \frac{1}{2} \sum_i \sum_j \gamma_{ij} \ln P_i \ln P_j \quad (3.48) \\ & + \sum_i \gamma_{iy} \ln P_i \ln Y + \sum_i \gamma_{it} A(t) \ln P_i \end{aligned}$$

Ici, la seule distinction par rapport à la fonction (3.46) est dans l'expression du progrès technique, le trend temporel ( $t$ ) est remplacé par un index  $A(t)$ . Cependant, avec cette reformulation de la fonction de coût et l'introduction d'un progrès technique sous une forme non observable,  $A(t)$  rend l'estimation de l'équation (3.47) impossible. A fin de surmonter ce problème, Baltagui et Rich (2005) considèrent qu'il est possible d'approximer le paramètre  $A(t)$  par des variables dummy  $D_t$  ( $T=1,..T$ ), la fonction (3.48) devient :

$$\begin{aligned} \ln C = & \alpha_y \ln Y + \sum_t \eta_t D_t + \sum_i \alpha_i \ln P_i + \frac{1}{2} \gamma_{yy} (\ln Y)^2 \\ & + \frac{1}{2} \sum_t \gamma_{yt} D_t \ln Y + \frac{1}{2} \sum_i \sum_j \gamma_{ij} \ln P_i \ln P_j \quad (3.49) \\ & + \sum_i \gamma_{iy} \ln P_i \ln Y + \sum_i \sum_t \gamma_{it} D_t \ln P_i \end{aligned}$$

Cette formulation implique que la part de chaque facteur dans les coûts totaux,  $S_i$  est :

$$S_i = \alpha_i + \sum_j \gamma_{ij} \ln P_j + \gamma_{iy} \ln Y + \sum_t \gamma_{it} D_t$$

L'approche du progrès technique sous forme d'un index général est une approche alternative à la méthode de trend temporel, pour l'évaluation du biais technologique. Selon, Baltagui et Rich (2005), cette approche offre un cadre empirique utile pour le biais technologique, particulièrement, dans une industrie où les sources du changement technologiques peuvent être identifiées.

#### 4.1.3. Le progrès technique directement mesuré

Certaines études voulant s'écarter de la mesure résiduelle du progrès technique introduisent dans les estimations des mesures directes : indicateurs de l'innovation, dépenses

de R&D, part des investissements en TIC dans l'investissement total ou dans le capital, etc. Ces études s'appuient, d'une façon générale, sur une fonction de coût où le capital, considéré comme quasi-fixe, est supposé constant. Nous reprenons ici la présentation de la fonction de coût translog quasi-fixe de (Adams,1997 ; Chennells et Van Reenen, 1999) avec trois facteurs de production variables (les travailleurs qualifiés, les non qualifiés et l'équipement) et deux facteurs quasi-fixes (le capital physique,  $K$ , et le capital technologique,  $R$ ). Elle se présente de la façon suivante :

$$\begin{aligned} \ln C = & \alpha_0 + \sum_h \sum_{i=B,W,M} \alpha_{hi} D_h \ln w_i + \sum_{i,j=B,W,M} \beta_{ij} \ln w_i w_j + \beta_q \ln q + \sum_{i=B,W,M} \beta_{iq} \ln w_i \ln q \\ & + \beta_k \ln K + \sum_{i=B,W,M} \beta_{ik} \ln w_i \ln K + \beta_R \ln R + \sum_{i=B,W,M} \beta_{iR} \ln w_i \ln R \end{aligned} \quad (3.48)$$

où

- $C$  représente le montant des coûts pour le travail non qualifié ( $B$ : Blue collar), le travail qualifié ( $W$ : White collar) et l'équipement ( $M$ : Material),
- les paramètres  $\alpha$  mesurent les effets-prix de la  $i^{\text{ème}}$  variable input,
- $D_h$  est une variable indicatrice du secteur d'activité ( $D_h = 1$  si l'entreprise appartient au  $h$ -ième secteur, si non  $D_h = 0$ ),
- les paramètres  $\beta$  mesurent les effets du prix des autres facteurs ( $w$ ), du log de la production ( $q$ ), de la technologie ( $R$ ) et du stock de capital ( $K$ ) sur le coût total.

La fonction du coût (3.48) étant homogène de degré 1 en prix, ce qui implique les restrictions suivantes :

$$\sum_{i=B,W,M} \alpha_{hi} = \sum_h \sum_{i=B,W,M} \alpha_{hi} D_h = 1$$

et

$$\sum_{i=B,W,M} \beta_{ij} = \sum_{j=B,W,M} \beta_{ij} = \sum_{i,j=B,W,M} \beta_{ij} = \sum_{i=B,W,M} \beta_{iK} = \sum_{i=B,W,M} \beta_{iR} = 0$$

Ces égalités permettent à l'équation (3.48) d'être normalisée par l'un des prix des facteurs ( $w$ ). Prenant le prix des matériaux comme unité de normalisation ( $w_M=1$ ), on obtient une fonction de coût translog normalisée où les coûts (relatifs au coût des équipements) sont fonction des prix des facteurs, de la production, du capital, de la technologie et de leurs

interactions respectives. Du lemme de Shephard, on obtient la part des coûts  $S_i$  de chaque facteur  $i$  :

Main-d'œuvre non qualifiée :

$$S_B = \alpha_B + \sum_{i=B,W} \beta_B \ln\left(\frac{w_i}{w_M}\right) + \beta_{Bq} \ln q + \beta_{BK} \ln K + \beta_{BR} \ln R \quad (3.49)$$

Main-d'œuvre qualifiée :

$$S_W = \alpha_W + \sum_{i=B,W} \beta_W \ln\left(\frac{w_i}{w_M}\right) + \beta_{Wq} \ln q + \beta_{WK} \ln K + \beta_{WR} \ln R \quad (3.50)$$

L'équation du coût relative aux équipements n'apparaît pas car la somme des parts de coût est égale à 1.

Par ailleurs, nous pouvons tester si les parts de coût sont indépendants des niveaux de l'output ( $q$ ) et des facteurs quasi-fixes ( $K$  et  $R$ ) en imposant les restrictions suivantes :

$$\beta_{iq} = -(\beta_{iR} + \beta_{iK}) \quad i = B, W$$

Si cette condition est remplie, les équations (3.49) et (3.50) se simplifient de la manière suivante:

Main-d'œuvre non qualifiée :

$$S_B = \alpha_B + \sum_{i=B,W} \beta_B \ln\left(\frac{w_i}{w_M}\right) + \beta_{BK} \ln\left(\frac{K}{q}\right) + \beta_{BR} \ln\left(\frac{R}{q}\right) \quad (3.51)$$

Main-d'œuvre qualifiée :

$$S_W = \alpha_W + \sum_{i=B,W} \beta_W \ln\left(\frac{w_i}{w_M}\right) + \beta_{WK} \ln\left(\frac{K}{q}\right) + \beta_{WR} \ln\left(\frac{R}{q}\right) \quad (3.52)$$

En ce qui concerne la variable relative à la technologie, cette dernière expression signifie que :

- Si  $\beta_{WR} > 0$  et  $\beta_{BR} > 0$ , on peut affirmer que la technologie est biaisée en faveur le facteur travail.

- Si  $\beta_{WR} > 0$  et  $\beta_{BR} < 0$ , on peut affirmer que la technologie est biaisée en faveur la main d'œuvre qualifiée.

## 4.2. L'approche à l'aide d'une fonction de production

Au niveau de cette approche, nous pouvons distinguer deux formes fondamentales, l'une à partir d'une fonction de production de type CES, l'autre à partir d'une fonction de production de type Cobb-Douglas.

### 4.2.1. Le cas d'une fonction de type CES

Certaines études empiriques s'appuient sur une fonction de production, le plus souvent, une fonction de type CES (à élasticité de substitution constante) (Cotis et al., 1997 ; Mihoubi, 1997 ; Haskel et Slaughter, 2002 ; Conte et Vivarelli, 2007 ; Li, 2010), à travers laquelle, il est possible de relier les changements dans l'efficacité aux changements dans la répartition. Pour ce qui est de la question de facteurs de production, nous avons constaté que les auteurs qui recourent à cette formulation considèrent soit deux facteurs de production : le capital (K) et le travail (L) ou soit trois facteurs de production : le capital, le travail qualifié ( $L_q$ ) et le travail non qualifié ( $L_{nq}$ ) (Conte et Vivarelli, 2007 ; Li, 2010). Dans ce dernier cas, la fonction de production, telle qu'elle est adoptée par Li (2010), est de la forme suivante :

$$Y = K^\alpha \left[ (A_q L_q)^\sigma + (A_{nq} L_{nq})^\sigma \right]^{\frac{1-\alpha}{\sigma}} \quad (3.53)$$

où  $Y$  la production,  $K$  le capital,  $L_q$  la quantité de travail qualifié,  $L_{nq}$  la quantité de travail non qualifié,  $A_q$  et  $A_{nq}$  les facteurs d'efficacité du travail qualifié et non qualifié. L'élasticité de substitution entre travail qualifié et travail non qualifié est :  $1/1-\sigma$ . Le programme de minimisation des coûts donne l'équation suivante :

$$\ln\left(\frac{L_q}{L_{nq}}\right) = \frac{\sigma}{1-\sigma} \ln\left(\frac{A_q}{A_{nq}}\right) - \frac{1}{1-\sigma} \ln\left(\frac{w_q}{w_{nq}}\right) \quad (3.54)$$

expression dans la quelle  $w_q$  et  $w_{nq}$  représentent les salaires respectifs des travailleurs qualifiés et non qualifiés. Ici, le progrès technique est biaisé si le rapport des paramètres d'efficacité

technique  $\frac{A_q}{A_{nq}}$  se transforme dans le temps. Lorsque la productivité de la main-d'œuvre qualifiée s'accroît plus que celle de non qualifiée, et si l'élasticité de substitution est supérieure à l'unité, le progrès technique tend, dans ce cas, à rejeter les non qualifiés. Il est utile de signaler que, cette méthode, comme le souligne Bouabdallah et al. (1999), permet de mesurer le biais technologique, mais elle ne l'explique pas.

#### 4.2.2. Le cas d'une fonction de type Cobb Douglas

L'identification du biais technologique peut reposer également sur une fonction de production de type Cobb Douglas. Berman (2000) s'appuie sur une fonction de production de la forme suivante :

$$Y = e^{(\alpha+\rho t)} K^{\beta_k(t)} S^{\beta_s(t)} L^{\beta_l(t)} \quad (3.55)$$

avec Y la production, K le capital, S et L représentent respectivement l'emploi qualifié et non qualifié.

La fonction (3.55) peut être réécrite sous la forme logarithmique suivante:

$$\ln Y = \alpha + \rho t + \beta_k(t) \ln K + \beta_s(t) \ln S + \beta_l(t) \ln L \quad (3.56)$$

Ce qui signifie que les élasticités de la production par rapport aux facteurs de production sont:

$$\frac{\partial \ln Y}{\partial f} = \beta_f(t) \quad \text{pour } f \in (\ln K, \ln S, \ln L)$$

Par la suite il devient aussi possible de calculer la dérivée par rapport au temps :

$$\frac{\partial^2 \ln Y}{\partial f \partial t} = \frac{\partial \beta_f(t)}{\partial t} = \beta'_f$$

Cette formulation implique que le changement technologique est biaisé en qualification si :

$$\frac{\beta'_s}{\beta_s(t)} > \frac{\beta'_l}{\beta_l(t)} \quad (3.57)$$



### 4.3. L'approche à l'aide d'une équation de salaire

S'appuyant sur l'estimation d'une équation de salaire sur données d'établissements, d'entreprises ou d'individus, un nombre important d'études empiriques tentent à explorer les corrélations entre l'usage de nouvelles technologies et le salaire (Krueger, 1993 ; DiNardo et Pischke, 1997 ; Gollac et Kramarz, 1997 ; Greiner et al., 2004). Ainsi, Greiner et al. (2004) estiment l'équation suivante :

$$\hat{w}_p = \beta_1 + \beta_2 g_A - \frac{1}{\beta_3} g_{HL} + \varepsilon \quad (3.58)$$

où  $g_A = \frac{\dot{A}}{A}$  et  $g_{HL} = (g_{H_y} - g_L)$

Le recours à une équation de salaire soulève néanmoins des critiques. En effet, avec cette équation, l'interprétation en termes de biais technologique est loin d'être immédiate. Elle peut être établie à partir de données sectorielles ou de données d'entreprises, mais ce n'est plus le cas lorsque les données concernent les salariés (Bouabdallah et al., 1999). A ce niveau, un débat important porte sur l'origine de la prime salariale dont bénéficient les utilisateurs de nouvelles technologies. Deux interprétations différentes sont possibles dès lors que l'on observe un lien positif entre les nouvelles technologies et la rémunération des salariés, soit que les TIC augmentent la productivité des salariés qui les utilisent et donc la prime salariale est réellement imputable à l'innovation, soit que ceux-ci ont une rémunération supérieure liée à l'hétérogénéité des capacités individuelles (Galor et Moav, 2000), c'est-à-dire les capacités à s'adapter, apprendre ou utiliser les nouvelles technologies. A cet égard, on peut difficilement tirer des conclusions directes en termes d'inégalités globales et de biais technologique à partir de données sur la rémunération des individus (Bouabdallah et Villeval, 2000). Mais il convient de souligner que l'effet de l'innovation sur la structure des rémunérations n'est qu'une manière d'aborder la question du biais technologique. Celui-ci sera également traité à partir de l'analyse de la déformation des structures de la demande de travail en termes de qualification.

### 4.4. Les résultats de quelques études économétriques

Sur le plan empirique, les travaux de Bound et Johnson (1992) et Katz et Murphy (1992) pourraient être considérés le point de départ de recherches sur la nature de la relation entre le progrès technologique et niveau de qualification des travailleurs. Bound et Johnson (1992) montrent, depuis la fin des années soixante-dix, la tendance au rééquilibrage des

revenus du travail a été inversée pour laisser place à un accroissement des inégalités dans les salaires par niveau de qualification. Les analyses de Katz et Murphy (1992) donnent à penser que l'origine de cette augmentation des inégalités se situe du côté de la demande de facteur travail. L'offre de la main-d'œuvre n'a en effet pas cessé de croître. Par conséquent, la pression à la hausse sur les salaires des travailleurs qualifiés doit résulter plutôt d'une accélération soudaine du rythme de croissance de la demande pour cette catégorie de travailleurs. Plusieurs auteurs ont depuis testé l'effet direct du progrès technique sur la dispersion des salaires ou la structure de main-d'œuvre.

Les études empiriques récentes, qui se réfèrent essentiellement à l'économie américaine soutiennent la thèse de biais technologique. En effet, Berman et al. (1994), à partir des informations recueillies dans les enquêtes « Annual survey of Manufactures (ASM) » et pour 450 secteurs industriels, trouvent que l'augmentation de la part de la main-d'œuvre qualifiée est positivement corrélée avec les dépenses en R&D aux Etats Unis. Appliquant une méthodologie basée sur les décompositions comptables des variations sectorielles d'emploi, les auteurs montrent, aussi, que les changements dans la structure de l'emploi en faveur des travailleurs qualifiés sont dominés par des mouvements intra-sectorielles plutôt par des mouvements inter-sectorielles. Au cours de la période 1979-87 environ deux tiers de l'augmentation de la part des travailleurs qualifiés (approximés par travailleurs non manuels) dans le secteur manufacturier américain aurait été imputable à des changements à l'intérieur des secteurs respectifs. Le tiers restant est la conséquence de l'accroissement du poids relatif des secteurs qui utilisent ces travailleurs qualifiés avec plus d'intensité. Autor et al. (1997), en distinguant 4 niveaux d'éducation et 2 indicateurs du progrès technologique (usage de l'informatique, dépenses en R&D) confirment ces résultats. Les auteurs mettant en évidence que les réallocations intra-sectorielles de la part relative des travailleurs qualifiés sont corrélés avec une série d'indicateurs représentatifs de l'accroissement du rôle des ordinateurs dans la production.

Ces résultats pour les Etats-Unis ont ensuite été confirmés par Doms et al. (1997). À partir de données appariées d'établissement industriels et de salariés, les auteurs mettent en évidence, en coupe, une corrélation positive entre nouvelles technologies et qualification : les établissements utilisateurs de nombreuses technologies de fabrication avancées se caractérisent par un part supérieure de la main-d'œuvre qualifiée. Dans le même ordre d'idées, Goldin et Katz (1996,1998) étudient les conséquences des nouvelles technologies et des nouveaux processus de production au cours de la première moitié du siècle, dans la période

qui a suivi l'introduction de l'énergie électrique. Ils constatent l'existence d'une complémentarité entre nouvelles technologies et travailleurs qualifiés. En particulier, la diffusion des techniques de production liées à l'emploi de moteurs électriques dans la première décennie du siècle a favorisé une augmentation de la demande relative de travailleurs qualifiés dans le secteur manufacturier aux Etats-Unis.

Concernant le Royaume-Uni, Machin (1996), en distinguant 6 catégories d'emploi et 3 indicateurs de progrès technique sur la période 1984-1990, trouve que la croissance de la part de l'emploi qualifié est plus marquée dans les secteurs où la R&D est importante et dans les établissements ayant introduit la micro-informatique. Cette complémentarité entre nouvelles technologies et travail qualifié en Royaume-Uni a été confirmée par l'étude de Machin et Van Reenan (1998). Ces derniers, en considérant un panel de 7 pays développés durant la période 1973-1989, identifient à la fois une corrélation entre capital et travail qualifié et une corrélation entre nouvelles technologies et travail qualifié. Ces corrélations, interprétées comme des complémentarités, sont plus fortes aux Etats-Unis et en Royaume-Uni.

Pour la France, Duguet et Greenan (1997), en prenant un échantillon de 4954 entreprises de l'industrie manufacturière observées de 1986 à 1991, montrent l'existence d'un biais technologique qui favorise la main-d'œuvre de conception de l'entreprise, qui est supposée la main-d'œuvre la plus qualifiée. Néanmoins, la prise en compte des différents types d'innovation, qui se distinguent à la fois par leur hauteur (imitation, incrémentale ou radicale) et par leur type (produit, procédé) montre que ce résultat général doit être nuancé. Alors que seules les innovations radicales de produit défavorisent la main-d'œuvre non qualifiée, les améliorations de produit comme celles de procédé favorisent ce type de main d'œuvre. L'effet de l'innovation sur l'emploi apparaît donc bien plus nuancé que la thèse du biais technologique ne le laisse penser.

La contribution modeste de la diffusion de technologies à la hausse de la part des employés qualifiés dans l'emploi a été aussi confirmée par Goux et Maurin (1997). En appliquant une méthodologie proche de celle de Berman et al. (1994) pour 34 secteurs de l'industrie et des services observés de 1970 à 1993, les auteurs aboutissent à des résultats mitigés. Ainsi, l'approche utilisée est d'essence comptable : elle répartit la variation de l'emploi total des travailleurs disposant d'un diplôme donné, entre les demandes nationales et étrangères pour les différents produits, le progrès technique (neutre) caractérisant la fabrication de chacune de ces produits et l'évolution de coût relatif de ces travailleurs. Différents tests montrent que, tout d'abord, les réallocations intra-sectorielles d'emploi ne

représentent qu'une part modeste de l'ensemble des réallocations. Ensuite, l'étude de Goux et Maurin (1997) indique que l'effet du progrès technique sur la structure de qualification est ambigu. En effet, l'introduction des ordinateurs semble contribuer à élever la part des cadres dans l'effectif. A l'inverse, l'utilisation de robots ou de machines à commande numérique paraît paradoxalement économiser le travail d'encadrement davantage encore que le travail des ouvriers et employés. L'effet net des nouvelles technologies sur les structures de l'emploi semble assez faible.

En revanche, les résultats obtenus par Mihoubi (1997) relativisent cette nuance en montrant que c'est la baisse du coût relatif de la main-d'œuvre qualifiée qui a attiré l'investissement entre 1976 et 1989. Les estimations concluent aussi que le travail qualifié (cadres, professions intermédiaires) et le travail non qualifié (ouvriers, employés) sont substituables entre eux, mais complémentaires avec le capital. Le progrès technique, mesuré par une tendance temporelle, augmente le travail qualifié plus fortement que le travail non qualifié ce qui génère un biais défavorable à l'emploi des non qualifiés.

À la différence des études précédentes, Greenan (2003) propose d'enrichir ces analyses en y introduisant une dimension organisationnelle. S'appuyant sur les théories du progrès technique biaisé en qualification et la théorie des organisations comme cadre théorique d'analyse, l'auteur tente d'étudier les effets des innovations technologiques et des innovations organisationnelles sur l'évolution de la structure des qualifications des entreprises durant la période 1988-1993. En mobilisant les données de déclarations de bénéfices industriels et commerciaux (données BIC), l'enquête sur la structure des emplois (ESE) et l'enquête sur le changement organisationnel réalisée par le Service de Statistiques Industrielles (SEEI), Greenan (2003) utilise la technique de l'Analyse de Composante Multiple (ACM) pour mesurer les configurations organisationnelles d'entreprises. Au niveau technologique, tout comme au niveau organisationnel, quatre indicateurs d'innovation technologique sont utilisés. Distinguant cinq catégories d'emploi, l'auteur observe que le changement dans la structure des emplois est étroitement plus lié aux changements organisationnels qu'aux changements technologiques.

Dans une étude subséquente, Walcowiak (2006), plutôt que de considérer les changements technologiques et organisationnels séparément, tente d'étudier l'impact des trajectoires de modernisation des entreprises sur l'évolution de leur structure des qualifications et l'évolution des réallocations d'emplois. Ainsi, en utilisant un échantillon de 2264 entreprises industrielles françaises issu de l'appariement du volet « entreprises » de

l'enquête C.O.I. de 1997 avec les Enquêtes sur la structure des emplois (ESE) de 1990 à 1996 et les Enquêtes annuelles d'entreprises de 1991 à 1997, l'auteur différencie, tout d'abord, les dynamiques de modernisation des entreprises en fonction de la nature des changements à l'œuvre (technologiques, organisationnels), de la coordination des choix technologiques et organisationnels en 1997 et du stade de diffusion des technologies de l'information et de la communication (TIC) et des nouvelles pratiques d'organisation du travail (NPO). Cette base de données détaillées lui permet, ensuite, d'adopter une mesure plus détaillée des trajectoires de modernisation des entreprises qui permet de rendre compte du caractère dynamique de la modernisation des entreprises ainsi que de la coordination des choix technologiques et organisationnels réalisés par les entreprises. Walcowiak (2006) estime, sur données d'entreprises, des équations des parts d'emplois de chaque qualification dans l'emploi total issues de l'application du lemme de Shephard à une fonction de coût translog. Les variables sont prises en variation afin de prendre en compte le caractère dynamique des variables de modernisation et de contrôler en partie l'hétérogénéité inobservée. Les résultats obtenus montrent l'existence d'un biais technologique et organisationnel favorable aux travailleurs qualifiés.

Au Canada, distinguant entre secteur industriel et celui des services, Gera et al. (2001) utilise un panel de 26 branches d'activité de 1981 à 1994. Les résultats des tests d'un modèle à effets fixes révèlent que les indicateurs de niveau technologique (le stock de brevets, l'âge du stock du capital) sont positivement corrélés avec le degré d'intensité d'utilisation des compétences- ce qui s'arrime bien avec l'hypothèse du changement technologique lié à une amélioration du niveau des compétences. Cette étude confirme le résultat de Betts (1997), qui a montré que, sur la période 1962-1986, le progrès technique est défavorable à la main d'œuvre non qualifiée pour la plupart des secteurs de l'industrie canadienne.

## **5. Biais technologique dans le contexte des pays en développement**

Les pays en développement majoritairement consommateurs de technologies accusent aujourd'hui un retard monstrueux en matière de recherche et d'innovation technologique par rapport aux pays industrialisés.

### **5.1. Réalités de l'innovation dans les pays en développement**

Certes, le potentiel technologique de la plupart des pays en développement (PED) est encore relativement faible et la dépendance à l'égard des technologies étrangères est très élevée. Les activités d'innovation dans les PED sont généralement entravées par un certain

nombre de facteurs. Ces facteurs peuvent être économiques (coûts élevés ou absence de demande), spécifiques à une firme (manque de personnel qualifié ou de savoir, par exemple) ou juridiques (réglementations et fiscalité). Bien qu'il est impossible de s'arrêter sur toutes les causes, nous contentons d'élucider les contraintes qui nous semblent communes à la plus part des PED. Le tableau (3.4) résume quelques obstacles et problèmes, tirés à partir des enquêtes sur l'innovation dans les PED (UNESCO, 2006).

**Tableau 3. 4 : Nature des obstacles à l'innovation dans les PED**

Nature des problèmes	
<b>1) liés aux ressources</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Manque de fonds propres.</li> <li>- Manque de financement par les entreprises (capital risque, sources publiques de financement, etc.).</li> </ul>
<b>2) liés à l'organisation et aux institutions</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Insuffisance des infrastructures (routes, ports, aéroports, réseaux de télécommunications, etc.).</li> <li>- Insuffisances dans la disponibilité de services externes.</li> <li>- Système d'éducation et de formation inadéquat.</li> <li>- Rigidités organisationnelles à l'intérieur des établissements (institutions, entreprises, etc.)</li> <li>- Faiblesse des droits de propriété intellectuelle.</li> </ul>
<b>3) liés au marché</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Demande incertaine de biens et de services innovants.</li> <li>- Marché potentiel dominé par les entreprises établies.</li> <li>- Pas de nécessité d'innover en raison d'un manque de demande d'innovation.</li> </ul>
<b>4) liés aux connaissances</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Manque d'information sur la technologie.</li> <li>- Manque d'information sur le marché.</li> <li>- Difficulté à trouver des partenaires pour financer les projets d'innovation ou bien de commercialisation.</li> </ul>

Source : auteur sur la base de UNESCO (2006)

En outre, l'insuffisance des infrastructures augmente le coût des activités commerciales. L'absence de routes, le manque d'installations portuaires et l'insuffisance des réseaux de Télécommunications multiplient les problèmes logistiques et empêchent les entreprises de PED de répondre aux exigences du marché, d'innover, d'accroître leur productivité et d'être compétitives sur les marchés intérieurs et étrangers. De plus, le manque

de transparence et de prévisibilité dans l'administration des lois et réglementations constitue l'environnement réglementaire dans lequel les entreprises opèrent.

Au regard de l'ensemble de ces considérations, dans la plupart des PED, la principale source de technologie est l'étranger et la production dépend dans bien des cas d'afflux constants de produits importés, d'innovation en matière de transformation et de management, que les unités de production soient sous contrôle étranger ou local. La majorité des PED suit de façon successive un ensemble de séquences dans le processus de diffusion technologique qui commence par l'importation de technologies standardisées, l'imitation, l'adaptation, la transformation et enfin à l'exportation de la technologie intermédiaire.

## **5.2. Les principaux canaux de la diffusion de technologies**

Les entreprises des PED ne mettent pas au point de «nouvelles» technologies, dans le sens où elles seraient « nouvelles » sur le plan mondial. Leurs activités technologiques consistent plutôt à transférer les technologies occidentales et à leur apporter ensuite des modifications nécessaires pour les maîtriser et pour les utiliser à des niveaux de productivité proches de ceux observés dans les pays industrialisés. Néanmoins, l'innovation technologique n'est pas seulement une question de production de technologies nouvelles, mais aussi une question d'acquisition de technologies existantes. Autrement dit, comme le précise Aghion (2002) : *« Dans un tel contexte, le terme «innovation» se réfère aussi à l'adaptation, au marché local ou à des conditions géographiques particulières, de technologies ou de produits tout d'abord inventés dans des pays plus avancés ».*

### **5.1.1. Le rôle des importations de biens d'équipements dans la diffusion de technologies**

Dans la littérature, la conception des importations comme canal de transmission de technologies n'est apparue que récemment. D'un point de vue macro-économique, la nouvelle théorie de croissance endogène (Coe et Helpman, 1995, Coe et al., 1997 ; Keller, 2001, 2002 ; Eaton et Kortum, 2001 ; Dullek et Foster, 2008) soulignent que le commerce de produits intermédiaires peut être un canal de transmission de technologies. L'innovation peut être mise en œuvre hors du strict cadre de la R&D via les imitations des procédés de fabrication ou l'utilisation de la technologie incorporée dans les biens intermédiaires ou équipements. Keller (2002) précise que, outre, la voie « directe », selon laquelle la R&D d'un pays intègre les idées produites, le transfert technologique fonctionne aussi par la voie « indirecte » selon laquelle les idées sont intégrées dans les produits intermédiaires et biens d'équipements de haute technologie importés.

Sur le plan théorique, Connolly (2000) propose un modèle qui met en évidence que les PED bénéficient des importations des pays industrialisés et qu'une interaction intensive, via les importations, entre les pays développés du Nord et les pays moins développés du Sud, peut favoriser une croissance plus élevée dans le monde. Au niveau empirique, l'auteur montre également que les activités d'innovation dans les PED dépendent étroitement des importations de technologies des pays développés, et que l'importance des importations dans la diffusion de la technologie est plus grande pour les PED que celle des pays développés (Connolly, 2003). Outre, les externalités en termes de connaissances, l'importation de biens comportant de la technologie permet aux PED de combler rapidement leur retard technologique. Tant que le coût des importations est plus faible que celui de l'innovation, l'importation de technologies constitue un raccourci vers la modernisation, elle permet d'éviter les activités de recherche redondante et d'économiser des ressources.

D'un point de vue micro-économique, Braga et Willmore (1991) utilisent un échantillon de 4342 entreprises industrielles malaisiennes observées en 1981 et trouvent une relation positive et significative entre les technologies importées et «l'effort technologique» des entreprises locales. De même, Chang et Robin (2006) utilisent un échantillon de 27754 entreprises taiwanaises pour la période 1992-1995 et mettent en évidence une certaine complémentarité, entre les activités locales de R&D et les importations de technologies, dans le processus d'innovation des firmes. Aussi, Pamukaçu et Cincera (2001) à travers un échantillon de 739 entreprises manufacturières durant la période 1989-1993 trouve une corrélation positive entre l'importation de la technologie et la décision d'innover des entreprises turques.

Dans le cas de la Tunisie, Chehaider (2009), en utilisant les données d'une enquête d'innovation effectuée en 2002 au près de 186 entreprises appartenant au secteur manufacturier tunisien, employant plus de 10 salariés, souligne que l'importation des biens d'équipement constitue le mode de transfert technologique le plus adopté par les entreprises tunisiennes. Les données de l'enquête ont montré que la plupart des entreprises sont importatrices de biens d'équipement (93,5 % du total de l'échantillon). Pour 55,9 % des entreprises, les équipements sont totalement importés. Chehaider (2008) avait déjà mis en évidence que l'importation des biens d'équipement est la source la plus importante de l'innovation pour les entreprises manufacturières tunisiennes. Dans le même cadre d'idées, l'étude de Rahmouni et al. (2010), basée sur une enquête menée par le Ministère de la Recherche Scientifique, de la Technologie et du Développement des Compétences



(MRSTDC) auprès de 586 entreprises manufacturières à forte valeur technologique et dont le nombre d'employés est supérieur à 10, montre le rôle central que jouent les sources extérieures de connaissances technologiques dans la décision à innover des entreprises tunisiennes.

### **5.2.2. La diffusion de technologies via l'investissement direct étranger**

Un autre canal à travers lequel les nouvelles technologies peuvent être transférées est l'investissement direct étranger (IDE). Les firmes étrangères, soit en participant aux opérations de privatisation des grandes sociétés existantes, soit en recourant à des accords de *joint-venture* avec des firmes locales, ou encore en réalisant des IDE *green-field*, apportent leur savoir-faire et leurs structures de management, ce qui permet de faciliter la transition vers des structures modernes. Bouoiyour et al. (2009) soulignent ainsi que le rattrapage technologique peut alors s'effectuer par « court-circuitage » : on saute les étapes lourdes d'investissements en recherche et développement (R&D) pour adopter d'emblée les technologies nouvelles de procédés et de produits.

D'une façon générale, le transfert de technologies et leur diffusion s'opèrent par le biais de quatre mécanismes interdépendants (OCDE, 2002) : les liaisons verticales avec les fournisseurs ou les acquéreurs dans les pays d'accueil ; les liaisons horizontales avec des entreprises concurrentes ou complémentaires de la même branche ; les migrations de personnel qualifié ; et l'internationalisation de la R&D. L'existence de retombées positives est particulièrement manifeste dans le cas des liaisons verticales, en particulier des liaisons en amont avec les fournisseurs locaux dans les PED. Les firmes multinationales (FMN) fournissent généralement une assistance technique, une formation et diverses informations pour améliorer la qualité des produits des fournisseurs. Les retombées liées à ces liens verticaux dépendent des capacités des fournisseurs locaux et de la taille de marché. Le fossé technologique entre les firmes étrangères et nationales ne doit pas être trop grand pour qu'il ait des retombées (UNCTAD, 2001).

Cependant, les études montrent que les externalités technologiques ne sont pas exogènes. Les spillovers technologiques dépendent de caractéristiques générales propres au pays hôte, à savoir son histoire ou sa culture, son capital humain, sa tradition et sa capacité technologique, sa capacité d'absorption locale, ses politiques industrielles, etc. (Cantwell, 1989 ; Kokko, 1994 ; Blomström et Kokko, 1998 ; Chudnovsky et Lopez, 1999). En fait, les conditions internes aux pays d'accueil peuvent apparaître prédéterminantes à la fois dans la capacité à attirer des IDE ayant des chances de transformer la spécialisation des pays

d'accueil et dans la mise en œuvre des mécanismes de débordement dans le tissu productif local (Mouhoud, 1998). Par ailleurs, l'écart technologique entre le pays investisseur et le pays hôte détermine étroitement l'ampleur du processus de transfert technologique. Dans la littérature, nous pouvons distinguer deux types d'arguments contrastés. Findlay (1978) a montré que l'écart technologique se présente pour les pays retardataires comme une opportunité pour bénéficier des externalités technologiques découlant des IDE. En revanche, Glass et Saggi (1999) et Kokko (1994) avancent que l'IDE peut être un moyen efficace de transfert technologique si le pays récepteur se caractérise par un écart technologique faible et une capacité d'absorption technologique bien développée.

### **5.3. Technologie transférée et biais technologique**

L'importation de biens d'équipement et l'afflux de l'IDE s'accompagnent d'une importation renouvelée de technologie et de biens intermédiaires qui va déterminer la qualité, les prix et donc la compétitivité des productions manufacturées. Mais cette ouverture à l'échange et ce transfert de technologie peuvent être aussi à l'origine *d'un biais qualifiant* peu favorable aux revenus et au bien être des travailleurs les moins bien formés (Berman et al., 1998). Ainsi que le confirment les conclusions de l'analyse empirique de O'Connors et Lunati (1999) et Piva (2003). Au total, il semble qu'en dépit des controverses<sup>54</sup>, les travaux empiriques concluent à un effet positif et significatif de la diffusion de technologies sur la demande de la main-d'œuvre qualifiée au niveau des PED.

Ainsi, Berman et Machin (2000), en utilisant les données des Nations-Unis, « General Industrial Statistics », mettent en évidence une augmentation nette de la demande de la main d'œuvre qualifiée dans les pays en développement au cours des années 1980. Cette augmentation est généralement due à l'évolution du nombre des employés qualifiés dans les secteurs plutôt qu'à une redistribution de l'emploi des secteurs plus intenses en travail qualifié aux secteurs moins intenses en travail qualifié et qui n'a pas résulté d'une complémentarité entre le travail et le capital. Berman et Machin (2000) relie l'accroissement de la demande des employés qualifiés dans les PED à l'utilisation des ordinateurs aux Etats-Unis et à l'intensité de la R&D réalisées par les industries de l'OCDE.

---

<sup>54</sup> Par exemple, en considérant 46 pays de faible revenu et sur la période 1970-1998, Mayer (2001a) montre que l'importation de machines n'a pas été associée à la demande accrue de la main d'œuvre qualifiée.

Plus récemment, Conte et Vivarelli (2007) étudient, pour un échantillon de 32 pays et sur la période 1980-1991, les conséquences de l'importation de technologies fabriquées par les pays développés sur la structure de la main-d'œuvre dans les PED et les pays moins avancés. Les auteurs estiment, sur données sectorielles, des équations de la demande d'emplois de chaque qualification issues de l'application du programme de minimisation des coûts à une fonction de production de type CES. Ils utilisent un panel dynamique avec variables explicatives retardées, la méthode des moments généralisée (GMM) en système développée par Blundell et Bond (1998). Pour chaque type de qualification, le modèle est transformé en un système d'équations qui se compose d'une équation du modèle en différence première permettant d'éliminer l'effet individuel non observé et le biais d'endogenité et d'une équation du modèle initial en niveau. Leur résultat indique l'existence d'une complémentarité entre le capital et le facteur travail (travail qualifié ainsi que le travail non qualifié). Alors que l'importation de technologies contribue à élever la main-d'œuvre qualifiée et réduit le nombre des employés non qualifiés.

A partir de données rassemblées des sources de statistiques nationales, Esposito et Stehrer (2008) ont évalué l'hypothèse de biais technologique pour la République Tchèque, la Hongrie et la Pologne pour la période 1995-2003. Les auteurs concluent que le changement technique est biaisé en faveur la main qualifiée en Hongrie et la Pologne, cependant, cet effet est non significatif pour la République Tchèque. Esposito et Stehrer (2008) expliquent ceci par le fait que la restructuration de l'économie tchèque était trop retardée.

Par ailleurs, un certain nombre d'études empiriques, bien que rare comme le souligne Maximim (2003), ont cherché d'évaluer les conséquences des externalités dérivées de l'IDE sur la demande de travailleurs les plus qualifiés. Feenstra et Hanson (1997) montrent dans le cas du Mexique et sur la période 1975 – 1995, que l'IDE entrant augmente la demande relative de travail qualifié ainsi que les disparités salariales en milieu industriel dans ce pays. La présence manufacturière étrangère accroît, là aussi, le rendement de ce travail qualifié. Dans certaines régions, à la fin des années 80, ces investissements expliquaient jusqu'à 50% de la croissance de ces salaires relatifs. De sa part, en utilisant un échantillon constitué par la Corée du Sud, Singapour, Hong Kong et la Thaïlande sur la période 1985-1998, Maximim (2003) montre que l'afflux d'IDE dans les économies de l'Asie de l'Est et du Sud-Est participe, sans conteste, à une restructuration de l'appareil industriel plus favorable à une demande croissante de travail qualifié.

## Conclusion

Le but de ce chapitre est de contribuer à une meilleure compréhension des facteurs responsables de l'augmentation des inégalités sur le marché du travail, en particulier le biais introduit par un progrès technique, qui toutes choses étant égales par ailleurs, réduit fortement les besoins de la main-d'œuvre non qualifiée.

Le point de départ de notre analyse est d'exposer un certain nombre de faits caractérisant la plupart des marchés de travail des pays de l'OCDE (section 1). La seconde section nous a permis d'avancer quelques arguments qui soutiennent la thèse du biais technologique. Les modèles de Cotis et al. (1997), d'Acemoglu (1998) et de Greiner (2004), présentés dans la troisième section, constituent une avancée certaine vers une modélisation du progrès technique biaisé. Si l'élément fondamental du modèle de Cotis et al. (1997) réside dans le sens du biais du progrès technique (biais « inter » ou biais « intra »). L'approche d'Acemoglu (1998), comme le souligne Crifo (2005), fait exception car il endogénéise l'accélération du biais technologique et montre comment une augmentation de l'offre relative de la main d'œuvre qualifiée entraîne l'adoption de technologies complémentaires au travail qualifié. Le modèle de Greiner (2004) apporte un autre argument pour expliquer l'augmentation de la prime de qualification. Outre, le progrès technique, la prime de qualification dépend du stock de connaissances disponibles dans l'économie. Le but de la Section 4 était de donner une vue d'ensemble, mais non exhaustive, sur les différentes approches méthodologiques qui analysent la relation entre progrès technique et l'augmentation de la demande de la main-d'œuvre qualifiée. La dernière section était l'occasion de discuter la notion de biais technologique dans le contexte des pays en développement. Après avoir analysé les principaux canaux de la diffusion technologique, nous avons cité, bien qu'ils soient rares, quelques résultats empiriques relatifs à ces pays.

Ce troisième chapitre montre donc que l'analyse du biais technologique semble être enrichie sur le plan méthodologique par l'accumulation de nombreuses études empiriques. Beaucoup d'études récentes sont réalisées au niveau sectoriel ou micro-économique alors que les analyses traditionnelles de la (non) neutralité technologique étaient macro-économiques. Cependant, il est évident de constater que la plupart ont porté sur des entreprises ou secteurs d'économies développés. C'est ce qui a suscité notre attention et stimulé notre réflexion dans le sens d'apporter une contribution modeste dans ce domaine à travers une analyse empirique appliquée au cas tunisien (cinquième chapitre).



## **DEUXIÈME PARTIE**

### **MODÉLISATION DE L'IMPACT DE L'INNOVATION TECHNOLOGIQUE SUR L'EMPLOI : CAS DES INDUSTRIES TUNISIENNES**



**CONSÉQUENCES DE LA DIFFUSION DES INNOVATIONS  
TECHNOLOGIQUES SUR L'EMPLOI INDUSTRIEL EN TUNISIE :  
UNE ANALYSE SUR DES DONNEES DE PANEL<sup>55</sup>**

---

S'adossant à un cadre théorique combinant la théorie de compensation et celle de la croissance endogène, le présent chapitre propose une analyse empirique de l'effet à court et long termes sur l'emploi industriel en Tunisie. Conscients que la Tunisie, à l'image de la majorité des PED, ne dispose toujours pas d'un système d'innovation opérationnel et bien structuré ; l'absence de traditions de développement technologique au niveau des entreprises tunisiennes n'en est qu'une preuve parmi d'autres, nous proposons un modèle économétrique qui tient compte aussi bien de l'innovation locale, que de technologies étrangères. En outre, le commerce de produits intermédiaires peut être un canal de transmission de technologies (Coe et Helpman, 1995, Coe et al., 1997 ; Keller, 2001, 2002 ; Eaton et Kortum, 2001; Dullek et Foster, 2008).

Dans cette perspective, notre approche repose sur une modélisation Cobb-Douglas de la production par secteur de laquelle est dérivée la demande de travail. Nous générons également des estimations de spécifications alternatives avec termes en interaction à fin de mesurer la capacité de l'économie tunisienne à absorber les technologies importées. Pour cela, nous s'appuyons sur des données de panel décrivant le niveau d'emploi annuel dans 9 secteurs de l'économie tunisienne entre 1997 et 2006.

L'hypothèse principale que nous souhaitons tester est de savoir si les innovations technologiques ont un impact positif ou négatif sur le marché de l'emploi. Pour cela, nous commençons par montrer à travers l'analyse du système tunisien d'innovation que les activités de R&D productives restent encore faibles et le secteur privé fait refuge dans les

---

<sup>55</sup> Les résultats de ce chapitre font l'objet d'une publication dans la *Revue d'Économie Industrielle* (Saafi et Sboui, 2011).



sources étrangères de technologie (section 1). Puis, nous décrivons notre approche de modélisation (section 2). Il nous reste alors à présenter la base de données et les variables utilisées (section 3) avant de décrire les résultats de nos estimations économétriques (section 4), et d'en tirer des conclusions (section 5).

## **1. Le système tunisien d'innovation : Etat de l'art et politique publique<sup>56</sup>**

Cette section se consacre à présenter les caractéristiques du système national d'innovation en Tunisie. Nous allons, dans ce qui suit, porter notre attention, tout d'abord, sur le cadre macroéconomique et le contexte de l'insertion internationale de l'économie tunisienne. Plus précisément, nous allons commencer, dans cette section, par un exposé historique des caractéristiques du schéma de développement économique de la Tunisie et des grandes lignes des politiques industrielles poursuivies à partir de l'indépendance.

### **1.1. Bref aperçu historique**

Dans la partie suivante, nous présentons les grandes lignes de l'histoire économique de la Tunisie. D'abord, nous présentons les différentes politiques industrielles adoptées par le pays. Ensuite, nous mettons l'accent sur les liens entre développement économique et politique de recherche et d'innovation

#### **1.1.1. Développement économique et politiques industrielles**

Après avoir obtenu l'indépendance en 1956, la priorité de gouvernement tunisien était de décoloniser l'économie du contrôle français qui a favorisé l'agriculture et l'extraction minérale et négligé l'industrie. L'investissement dans la santé et l'éducation était prioritaire. Pendant les cinq premières années après l'indépendance, l'Etat a accordé des incitations fiscales et des facilités de crédit pour promouvoir le développement du secteur privé, mais cet effort n'a eu qu'un succès limité (Murphy, 1999). En 1961, les pouvoirs politiques optent pour une stratégie socialiste, ce qui a engendré une accélération du processus de collectivisation en particulier dans le secteur agricole. Les investissements dans le secteur industriel étaient surtout concentrés dans des projets industriels déjà existants tels que le

---

<sup>56</sup> Cette partie est tirée de :

Saafi S. (2007), « Caractéristiques notables du système tunisien d'innovation », *Cahiers du LAB-RII*, doc n°155.

traitement de phosphate, les usines de traitement à Gabès et Sfax, une raffinerie de pétrole à Bizerte, etc. L'expérience socialiste n'a pas duré longtemps (1965-1969). Elle est interrompue suite à la publication d'un rapport de la Banque mondiale sur le déficit des entreprises publiques.

La Tunisie, ainsi, s'est orientée vers une économie de marché à partir de 1970 (Morrisson et Talbi, 1996). Par ailleurs le nouveau régime politique a favorisé un retrait de l'Etat du secteur industriel, l'ouvrant à l'investissement privé selon une nouvelle réglementation (Dlala, 1997). L'économie tunisienne a connu des résultats positifs grâce à l'augmentation des recettes pétrolières, au développement du secteur touristique et à l'augmentation de la production agricole. Depuis 1972, le gouvernement a surtout encouragé le développement de l'industrialisation offshore, ce qui a favorisé une expansion du nombre d'industries exportatrices. Néanmoins, ces entreprises produisent des produits à faible valeur ajoutée et par conséquent, la croissance de l'exportation n'apporte pas une amélioration de la balance commerciale (Ben Hmida, 1998). La première loi offrant des incitations aux investissements étrangers pour la création d'industries manufacturières a été promulguée en 1972 (loi 72-38) (Findlay, 1984) et en 1973, l'Etat a fondé l'Agence Foncière Industrielle (AFI). Cette agence est chargée de faciliter la création et l'équipement de zones industrielles.

Pendant les années 1980, en raison de la baisse de prix du pétrole et la sécheresse qui a frappé le pays, la Tunisie a connu sa première année de croissance négative. En 1986, Le gouvernement s'est officiellement mis d'accord avec le Fond Monétaire International (FMI) sur la mise en place d'un programme d'ajustement structurel. Ce programme visait des réajustements au niveau de la politique économique et financière. Les résultats de ce plan n'étaient pas stables à cause de la vulnérabilité de l'agriculture et les effets de la guerre de golfe. Mais dans l'ensemble la dette extérieure était raisonnable et une croissance de PIB en moyenne de 4,3% a été enregistrée, dépassant les 4% prévus durant la période 1987-1991 (Murphy, 1999).

Les années 1990 ont été marquées par une politique de privatisation des entreprises étatiques pour mettre fin à leur endettement. En 1993, la Tunisie a adopté un nouveau code d'incitation aux investissements conçu pour unifier les codes sectoriels existants, mettre à jour la législation de l'investissement et stimuler l'investissement dans des domaines prioritaires, y compris la haute technologie et les industries à vocation exportatrice. À la fin de 1996, le gouvernement tunisien a adopté un programme de mise à niveau de son économie. Ce programme s'adressait aux entreprises du secteur privé qui ont une marge de croissance et un

marché en expansion. En 2000, 805 entreprises ont été acceptées par le comité de pilotage pour participer au programme de mise à niveau (Ministère d'Industrie-Bureau de Mise à Niveau, 2000). Néanmoins, ce programme n'a pas été épargné par la critique. En effet, le programme de mise à niveau néglige l'importance du marché local comme instrument de croissance ; tous les aspects du développement sont soumis à la concurrence internationale, ce qui ne prend pas en compte les disparités régionales (Dlala, 1997).

### **1.1.2. Du développement économique à la mise en place d'une politique de recherche et d'innovation**

La capacité d'innovation d'une société ne peut pas être considérée sans la prise en compte de déterminants économiques qui n'appartiennent pas à la sphère technique et scientifique (Amable et al., 1997). En effet, la structure économique du pays (système financier, politiques monétaires, politique industrielle, etc.) influe sur toutes les activités menées par l'entreprise, en particulier l'innovation. S'inspirant de la théorie du capital humain de Becker (1964), Lucas (1988) montre que l'accumulation du capital humain est un élément moteur de la croissance économique à long terme. Le bien-être social et la prospérité économique des pays et des individus dépendent dans une grande mesure du niveau de la formation et d'éducation. L'éducation est essentielle, car elle donne aux individus l'occasion d'acquérir les savoirs, savoir-faire et compétences. Elle contribue également à étendre les connaissances scientifiques et culturelles. L'éducation et l'apprentissage tout au long de la vie sont essentiels à l'essor de nos économies et de nos sociétés (OCDE, 2005). La puissance des nations ne se mesure plus, à l'heure actuelle, à l'aune des richesses naturelles, mais plutôt en termes de potentialités scientifiques et techniques, d'aptitudes professionnelles, des compétences et des possibilités créatrices de leurs ressources humaines.

Le rôle de l'Etat dans la formation et dans l'organisation d'une offre scientifique et technique à des fins privées d'innovation est indispensable (Uzunidis, 2003). Cette intervention publique dépasse les domaines bien traditionnels de la mise en œuvre et du financement d'une politique scientifique et technique, au cœur de laquelle nous retrouvons les institutions d'éducation et de la recherche, à la formation d'une politique d'innovation. Selon Aghion et Howitt (2000), l'intervention de l'Etat peut prendre deux formes, qui ne sont pas nécessairement exclusives l'une de l'autre. Le gouvernement peut subventionner directement la R&D ou peut accorder un droit de propriété sur les innovations, permettant ainsi aux entreprises concernées de bénéficier de rentes de monopole liées à leurs innovations.

En guise de conclusion, l'étude du système tunisien d'innovation nous amène à mettre l'accent sur la structure économique du pays, le système éducatif ainsi que le rôle joué par l'Etat pour promouvoir la recherche scientifique et l'innovation (politique scientifique et technique). Le tableau (4.1) résume les différentes phases du développement économique de la Tunisie depuis l'indépendance. Egalement, nous exposons l'évolution du système éducatif tout en précisant les réformes entreprises dans ce système. Parallèlement, nous étudions les politiques scientifiques et techniques adoptées par l'Etat durant ces différentes phases. Dans ce tableau nous envisageons de mettre l'accent sur le lien, qu'il peut exister, entre l'investissement dans le capital humain et la politique de recherche scientifique et d'innovation, d'une part, et le développement économique, d'autre part.

Ce qui nous attire le plus l'attention dans le tableau (4.1), c'est l'intérêt porté à la recherche dans le domaine agricole pendant les années 60. En effet, l'effort en matière de recherche pourrait être expliqué par le développement enregistré dans ce secteur. Du 1977 au 1986, bien qu'un programme de recherche soit élaboré par le Conseil National de Recherche Scientifique (CNRS) la situation économique de l'époque n'était pas favorable à ce genre d'initiative. C'est qu'à partir du début des années 1990 que le secteur de la recherche a bénéficié d'une attention particulière. Des actions législatives et économiques visant l'amélioration de la capacité d'innovation et d'adaptation de la technologie étrangère aux besoins du marché ont été systématiquement mises en œuvre. Les plus importantes concernent la création, en 1991, d'un Secrétariat d'État à la Recherche Scientifique et à la Technologie (SERST) qui s'est chargé de définir, en concertation avec l'ensemble de la communauté scientifique, une politique nationale de développement scientifique et technologique et de publier toutes les informations se rapportant à cette activité ainsi que les résultats réalisés en la matière et l'adoption, en 2003, des programmes nationaux de recherche et d'innovation (PNRI).

**Tableau 4. 1 : Les différentes phases du développement économique de la Tunisie depuis l'indépendance**

<b>Période</b>	<b>Développement économique</b>	<b>Système éducatif</b>	<b>Politique de recherche scientifique et technologique</b>
Phase I: (1956-1960)	- Création de la Société Nationale des Chemins de Fer Tunisienne (SNCF) - Nationalisation des sociétés d'électricité, de gaz et de l'eau	- Coexistence de plusieurs systèmes éducatifs. - Instauration d'un système éducatif unifié en 1958	-
Phase II: (1961-1969)	- Promotion de l'agriculture (au sein d'une stratégie socialiste). - Développement de quelques industries de base (raffinerie de pétrole, sidérurgie, etc.)	- Mise en place d'un système universitaire tunisien - Formation des cadres dont le pays en besoin	- Accorder une grande priorité à la recherche et à l'enseignement agricole. - Création de l'institut National de la Recherche agronomique (INRA) en 1961
Phase III: (1970-1976)	- Création de nouvelles institutions dont le but de promouvoir le secteur industriel * Agence de la Promotion de l'Industrie (API). * Centre de Promotion des Exportations (CEPEX) * Fonds de Promotion de la Décentralisation Industrielle (FOPRODI). - Installation de 553 entreprises étrangères (suite à la promulgation de loi 72-38). - Création de zones industrielles. - Expansion du secteur privé et croissance de l'emploi manufacturier (85500 nouveaux emplois créés dans l'industrie entre 1973 et 1978)	- Formation des enseignants chercheurs	- Emergence de la pratique de la recherche scientifique - Une recherche universitaire fragmentée, très individualisée au sein de petites équipes cloisonnées. - La recherche scientifique est presque totalement déconnectée de l'activité économique du pays.
Phase IV: (1977-1986)	- Déséquilibre économique. - En 1986, la Tunisie a connu sa première année de croissance économique négative depuis l'indépendance.	-	- A partir 1978 débute une première expérience de la politique scientifique. - Définition d'axes prioritaires de recherche. - Création d'un Conseil National de Recherche Scientifique chargé de coordonner la recherche. - Vu la dégradation économique, un coup d'arrêt est donné à cette politique de recherche programmée en 1986
Phase V: (1987-1996)	- Mise en place d'un programme d'ajustement structurel avec le soutien de Fonds Monétaire International (FMI). - Une croissance annuelle du PIB en moyenne de 4.4%	- Réforme du système éducatif (loi n° 91 - 65 du 29 juillet 1991)	- Restructuration du système de la recherche scientifique. - En 1996, la Tunisie s'est dotée pour la première fois d'une loi concernant la recherche scientifique (loi n°96 - 6 du 31 janvier 1996). - Création des laboratoires et unités de recherche au sein des établissements publics.
Phase VI : à partir 1997	- Création des parcs technologiques spécialisés. - Création de nouvelles zones industrielles. - Mise à niveau des entreprises. - Une croissance annuelle du PIB en moyenne de 5.2% entre 2002 et 2006.	- Réforme LMD (2006-2007)	- Mise en place des programmes des recherches fédérés. - Quelques essais de développement de la recherche appliquée. - Création des pépinières d'entreprises au sein des organes de recherche.

Source : Saafi (2007)

## **1.2. Une évaluation du potentiel national d'innovation de la Tunisie**

Selon l'OCDE (1994a et 1994b), l'appréciation de l'importance du secteur de la recherche, de l'effort de R&D propre et du potentiel technologique d'un pays quelconque se fait, à travers l'observation et l'analyse d'aux moins quatre critères :

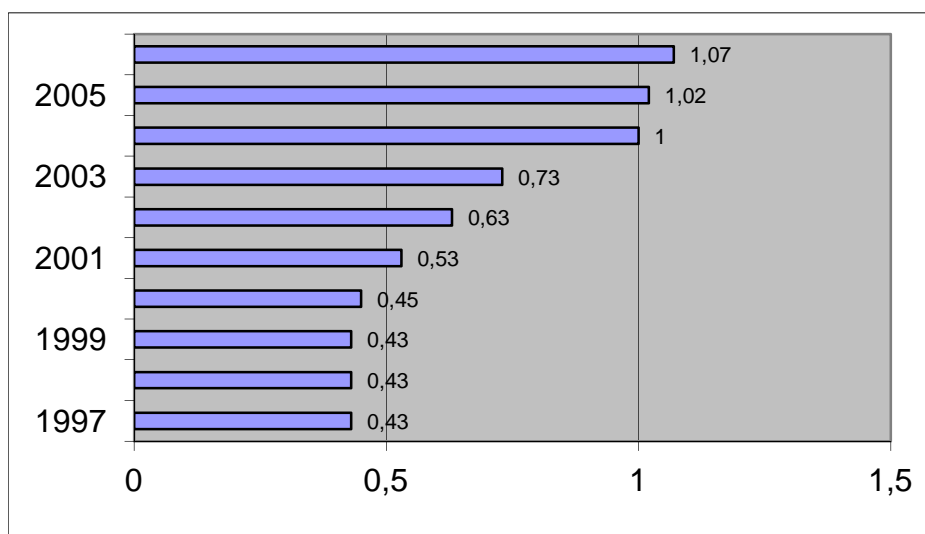
- (i) L'importance des dépenses consacrées à la R&D en pourcentage du PIB ;
- (ii) La structure du partage de la charge financière entre le secteur public et le secteur privé ;
- (iii) Le nombre de chercheurs par rapport à la population active ;
- (iv) Le nombre de brevets industriels déposés.

Sur la base de ces critères, l'examen de la situation tunisienne en matière de R&D et d'innovation technologique à travers un ensemble d'indicateurs fait ressortir des résultats et des réalités qui témoignent de l'immaturation du secteur de la R&D et d'innovation en Tunisie.

### **1.2.1 Une faiblesse relative des dépenses allouées à la R&D**

L'observation de la figure (4.1) montre une nette augmentation de la part des dépenses allouées à la recherche dans le PIB. Elle est passée de 0.43% en 1997 à 1.07 en 2006. Ceci dit que la Tunisie déployait ainsi un effort considérable en termes de mobilisation de moyens financiers et d'incitations à l'investissement dans la R&D.

**Figure 4. 1 : Evolution de DIRD/PIB (1997-2006)**



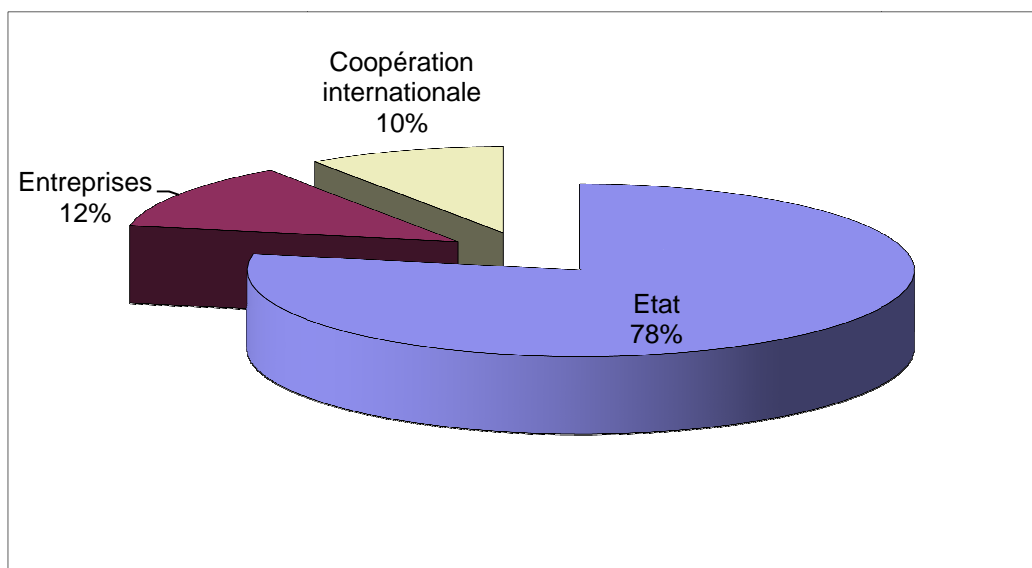
Source : auteur sur la base de données de Ministère de la recherche scientifique, de la Technologie et du Développement des compétences (MRSTDC)

Cependant, la comparaison avec d'autres pays, on s'aperçoit que cet effort reste, malgré tout, relativement faible même s'il est comparé aux plus petits pays de l'OCDE comme l'Espagne et le Portugal. En effet, en 2001, la part de la recherche dans le PIB s'élève à 3.09 au Japon, 1.05 en Italie, 0.96 en Espagne et 0.83 en Portugal (OCDE, 2001).

### **1.2.2. Insuffisante participation des entreprises aux activités de R&D**

La R&D est-elle une affaire d'Etat ? Sans minorer l'importance des gouvernements, institutions et universités, qui doivent donner des perspectives précisément aux entreprises, ces dernières ont la responsabilité d'évaluer les besoins des consommateurs. Dosi et al. (1990) précisent que ce sont les entreprises qui doivent chercher et développer les processus de routines de R&D qui débouchent sur des économies d'échelles liées aux différents types d'apprentissage. Cependant, comme nous pouvons le constater sur la figure (4.2), la R&D tunisienne est presque exclusivement financée par le secteur public (78%), la contribution des entreprises privées dans l'enveloppe globale est très faible (12%).

**Figure 4. 2 : La répartition de DIRD par source de financement en 2004**



Source : auteur sur la base de données de MRSTDC

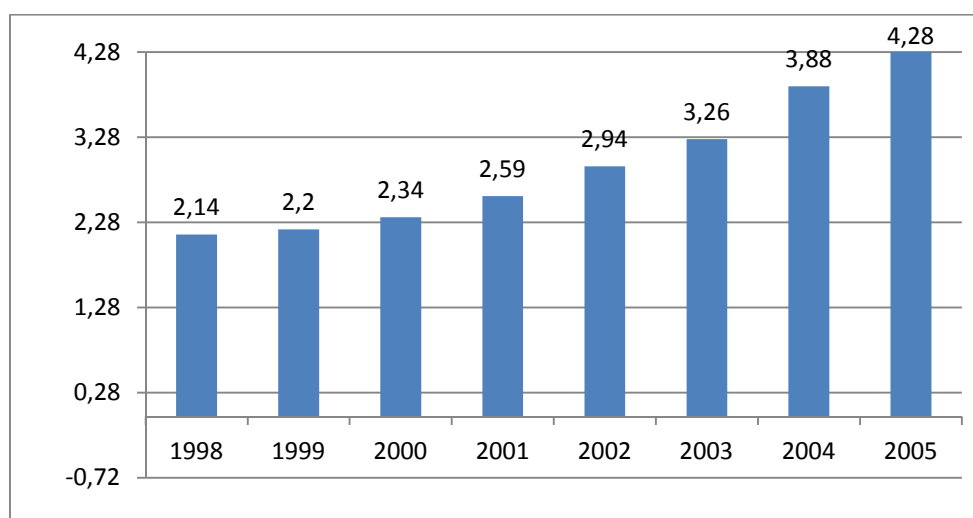
Ceci témoigne d'une très faible implication des entreprises privées dans l'effort national de R&D et révèle, en conséquence, la faiblesse de la recherche industrielle dans le pays. La R&D tunisienne est, en effet, dominée par l'État, principalement sous forme de recherche fondamentale effectuée au niveau des établissements universitaires et des laboratoires publics. En 2005, le MRSTDC a mené une enquête ciblée sur 586 entreprises manufacturières à forte valeur technologique et dont le nombre d'employés est supérieur à 10. Cette enquête concerne les entreprises durant les années (2002-2003-2004) qui ont entrepris des activités de R&D et d'innovation. Pendant cette période 42.3% de la population étudiée déclarent avoir entrepris des activités de R&D. Mais seulement 15.7% des entreprises consacrent un budget de la R&D. Nous pouvons conclure, que les activités de R&D dans la plupart des entreprises (de la population étudiée) sont non structurées. En d'autres termes, la R&D est entreprise d'une manière occasionnelle.



### 1.2.3. Un manque de dotations en chercheurs en plein temps

Le secteur de la recherche scientifique comporte près de 23000 chercheurs en 2004. Pendant la période 1998-2005, comme l'illustre la figure (4.3), le nombre de chercheurs pour 1000 habitants s'a doublé, passant de 2.14 en 1998 à 4.28 en 2005. Signalons à ce propos que ces chiffres sont proches de celles des pays européens (6,45 en France, 2,79 en Italie et 1,02 en Turquie).

**Figure 4. 3 : Evolution du nombre de chercheurs par 1000 habitants en Tunisie**



Source : auteur sur la base de données de MRSTDC

Mais connaissant le fait qu'environ 80% des chercheurs sont des enseignants universitaires dont les activités de recherches sont à dominance théorique fondamentale, et dont pas moins du tiers de leur temps de travail se consomme dans les amphithéâtres et les salles de travaux dirigés (Tlili, 2006). Ces chiffres deviennent donc trompeurs et le nombre réel de chercheurs est bien inférieur et le temps effectif consacré à la recherche des enseignants chercheurs est faible.

De plus, si la recherche fondamentale semble être significative en Tunisie, le bilan de la recherche appliquée menées au sein des laboratoires de recherche de l'enseignement supérieur ou au niveau des entreprises est pour le moins mitigé. Autrement dit, le cloisonnement est encore trop marqué entre l'enseignement

supérieur et les organismes de recherche publics. Ces derniers disposent d'un potentiel scientifique important mais ce potentiel n'a guère contribué à développer la capacité d'innovation des entreprises locales pour diverses raisons : liens entre instituts de R&D et secteurs industriels insuffisants; financement des entreprises de la R&D peu motivant, isolement relatif des instituts de science et de technologie par rapport à l'ensemble des activités socioéconomiques, etc. Dans ce contexte, l'innovation technologique et la valorisation des résultats de recherche restent insuffisantes en l'absence d'un partenariat entre les entreprises, les établissements de recherche et les structures spécialisées en vue de promouvoir la recherche et le développement technologique au sein des entreprises.

#### **1.2.4. Une faiblesse en terme d'output d'innovation**

Malgré, le nombre important des chercheurs, le nombre de publications scientifiques des chercheurs tunisiens reste faible. Il est vrai que l'on a enregistré une croissance importante durant la période 1988-2003 dans les publications en sciences et ingénierie (S&I) passant de 96 à 452. Mais ce nombre reste incomparable à celui des pays développés. Le nombre de publications des chercheurs tunisiens en S&I par million d'habitants est de 40 pendant la période (2000-2003). Il est de 401 en Italie, de 524 en France et s'élève à 715 en Norvège (National Science Foundation, 2006).

Comme nous l'avons signalé, le nombre total de demandes de brevets ou aussi le nombre total de brevets délivrés est considéré aussi comme un indicateur de mesure, en terme d'output, de l'effort national de R&D d'un pays. En Tunisie et durant la période (1997-2006), 2465 demandes de brevets ont été déposées à l'Institut National de la Normalisation et de la Propriété Industrielle (INNORPI). Ces demandes ont enregistré une augmentation en passant de 215 en 1990 à 456 en 2006. La répartition de ces demandes par secteur d'activité révèle que ces brevets sont principalement concentrés, en moyenne par an, dans le secteur Industries chimiques (101,6) et le secteur Industries mécaniques et électriques (63,3). Le reste est éparpillé entre les secteurs Industries électriques, électronique et de l'électroménager (23,6), le secteur Industries manufacturières diverses (16,3), le secteur Industries agricoles et alimentaires (4,5), le secteur Industries des matériaux de construction, céramiques et verre (6), le secteur Industries du textile et habillement (3,6), le secteur Industries du bois, du liège et de l'ameublement (3,8), le secteur Industries du cuir et de la

chaussure (2,2). Il convient de signaler que, la répartition par secteur, des brevets, montre que, ces brevets se concentrent essentiellement dans les secteurs Industries chimiques et Industries mécaniques et électriques, ce sont les secteurs où la valeur de technologies importées a enregistré une croissance rapide.

**Tableau 4. 2 : Statistiques descriptives de brevets**

<b>Secteurs d'activité</b>	<b>moyenne</b>	<b>Ecart type</b>
Industries agro-alimentaires (IAA)	4,5	1,71
Industries du bois, du liège et de l'ameublement (IBLA)	3,8	1,93
Industries du cuir et de la chaussure (ICCH)	2,2	1,39
Industries chimiques (ICH)	101,6	26,64
Industries diverses (ID)	16,3	9,97
Industries électriques, électronique et de l'électroménager (IEEE)	23,6	8,5
Industries des matériaux de construction céramique et verre (IMCCV)	6	4,02
Industries mécaniques et métallurgiques (IMM)	63,3	26,95
Industries textiles et habillement (ITH)	3,6	1,42

Source : calcul de l'auteur sur la base de données de l'INNORPI

Il convient de signaler que la majorité (environ 80%) de brevets déposés à l'INNORPI est d'origine étrangère. Ce constat révèle le manque de dynamisme qui caractérise la R&D en Tunisie et témoigne de l'insuffisance de l'effort entrepris aussi bien par les entreprises privées que par l'ensemble des structures de recherches nationales en matière d'innovation. C'est là un autre signe de précarité de la recherche en Tunisie.

Sur un autre plan, les chiffres recueillis dans les statistiques de l'*US Patent* (USPTO) dévoilent aussi la faiblesse des performances tunisiennes dans ce domaine comparativement à d'autres pays similaires. Le nombre de brevets tunisiens enregistrés durant la période 1996-2005 est de l'ordre de 10. Ce nombre est remarquablement faible si l'on compare à ceux des pays européens comme la France (42464) ou l'Italie (19334). Une faiblesse qui se manifeste aussi dans les données de l'Organisation Européenne des Brevets (OEB). Seulement un brevet tunisien a été déposé durant cette même période contre 4366 pour la France et 2217 pour l'Italie (MRSDC, 2006).

Conscients des nombreuses défaillances dans le système d'innovation et de la recherche scientifique, les pouvoirs publics tunisiens ont prévu diverses modalités

d'incitations financières à l'innovation. Une prime pour l'Investissement Technologique Prioritaire (ITP) de l'ordre de 70% pour les investissements immatériels et de 50% pour les logiciels et équipements. La création d'agences régionales pour la promotion de la recherche, de l'innovation et de création d'entreprises (APRICE) pour renforcer le partenariat entre le secteur de recherche et les entreprises industrielles. Mais ces mesures semblent n'avoir pas suffi pour amorcer une dynamique d'innovation technologique dans le pays. C'est ainsi que la quasi-totalité des biens d'équipements sont importés

### 1.3. Technologies importées et transfert technologique

En Tunisie, la quasi-totalité des biens d'équipements dans le pays sont importés en provenance de pays développés et essentiellement de trois partenaires européens : l'Allemagne, la France et l'Italie. Le total de l'ensemble de technologies importées (équipements, machineries et outillage, matériel informatique, etc.) a enregistré une croissance annuelle de l'ordre de 8,28% durant la période (1997-2006). Les importations du secteur des Industries mécaniques et métallurgiques ont enregistré une croissance rapide de l'ordre de 14,4% suivi des Industries chimiques avec un taux de croissance de l'ordre de 11,6%. De même, la croissance des importations de technologies est relativement importante dans les secteurs des Industries diverses, qui était de l'ordre de 11,1%, et Industries électriques, électronique et de l'électroménager, avec un taux de croissance de l'ordre de 9,5%. Cette croissance s'explique essentiellement par les caractéristiques des dits secteurs. Il s'agit des secteurs intensifs en technologie et pour lesquels la plupart des inputs sont importés.

Tableau 4. 3 : Taux de croissance de la valeur de technologies importées

Secteurs d'activité	Moyenne	Ecart type
Industries agro-alimentaires (IAA)	7,9	0,17
Industries du bois, du liège et de l'ameublement (IBLA)	4,7	0,13
Industries du cuir et de la chaussure (ICCH)	6,8	0,10
Industries chimiques (ICH)	11,6	0,10
Industries diverses (ID)	11,1	0,38
Industries électriques, électronique et de l'électroménager (IEEE)	9,5	0,10
Industries des matériaux de construction céramique et verre (IMCCV)	3,3	0,23
Industries mécaniques et métallurgiques (IMM)	14,4	0,09
Industries textiles et habillement (ITH)	5,3	0,80

Source : calcul de l'auteur sur la base de données de l'Institut National de Statistique.

C'est pourquoi, il semble donc pertinent d'utiliser la valeur de technologies importées dans l'analyse de la relation innovation-emploi au niveau du secteur industriel en Tunisie. En fait, le phénomène de création reste rare et ne concerne qu'un très petit nombre des entreprises tunisiennes, la notion de diffusion, quel que soit son objet (innovation, technologies d'information et de communication TIC, savoir, etc.) nous semble, donc, centrale pour l'étude des effets des innovations technologiques sur l'emploi.

## **2. Approche méthodologique**

Une mesure rigoureuse des effets de la diffusion des innovations technologiques sur l'emploi requiert la distinction de la situation de court terme de celle de long terme. Pour ce faire, le recours aux spécifications générales des modèles en données de panel est particulièrement opportun.

### **2.1. Effets à court terme**

Nous commençons d'abord par étudier l'effet à court terme de la diffusion des innovations technologique sur l'emploi.

#### **2.1.1. Le modèle**

A l'instar de Milner et Wright(1998), Greenaway et al.(1999) et Fu et Balasubramanyam(2005), l'analyse économétrique adoptée dans ce travail reprend le cadre des travaux utilisant des modèles statiques simples de maximisation de profit par les firmes.

Dans ces modèles on suppose une fonction de production de type Cobb-Douglas de la forme :

$$Y_{it} = A^\gamma K_{it}^\alpha L_{it}^\beta \quad (4.1)$$

Où  $Y$  est la production réelle,  $K$  est le stock de capital,  $L$  est l'unité de travail utilisé,  $i$  et  $t$  sont les indices respectifs des secteurs et des périodes de temps.  $\alpha$  et  $\beta$  représentent la part des facteurs de production;  $\gamma$  tient compte des facteurs qui affectent l'efficience de la fonction de production (Milner et Wright, 1998).

Afin de maximiser le profit, les firmes utilisent le capital et le travail à des niveaux tels que la productivité marginale du travail est égale au salaire ( $w$ ) et le produit marginal du capital est égal à son coût d'utilisation ( $c$ ) :

Lorsque les facteurs de productions sont choisis à leur niveau optimal, la fonction de production peut s'écrire sous la forme :

$$Y_{it} = A^\gamma [(\alpha L_{it} / \beta)(w/c)]^\alpha L_{it}^\beta \quad (4.2)$$

En utilisant le logarithme et après réarrangement, la fonction de demande de l'emploi s'écrit :

$$\ln L_{it} = \lambda_0 + \lambda_1 \ln(w/c) + \lambda_2 \ln Y_{it} \quad (4.3)$$

Où  $\lambda_0 = -(\gamma \ln A + \alpha \ln \alpha - \alpha \ln \beta) / (\alpha + \beta)$ ;  $\lambda_1 = -\alpha / (\alpha + \beta)$  et  $\lambda_2 = 1 / (\alpha + \beta)$

En 2005, Fu et Balasubramanyam ont apporté une extension au modèle de base de Greenaway-Milner-Wright, en incorporant une nouvelle variable captant les effets des exportations sur l'emploi. Les auteurs font l'hypothèse que l'expansion des exportations peut créer de nouvelles opportunités d'emplois.

Dans ces conditions, l'équation (4.3) s'écrit :

$$\ln L_{it} = \lambda_0 + \lambda_1 \ln(w/c) + \lambda_2 \ln Y_{it} + \lambda_3 \ln PEX_{it} \quad (4.4)$$

Où  $PEX$  désigne l'index de pénétration des exportations.

Admettant l'hypothèse que la diffusion de technologies peut favoriser l'efficacité de procédés de production et en s'inspirant de l'approche de Fu et Balasubramanyam (2005) et Bin (2008), nous supposons que le paramètre  $A$  varie au cours du temps de la manière suivante :

$$A_{it} = \exp\left(\sum_t \gamma_t D_t\right) BREV_{it}^{\phi_1} TECH_{it}^{\phi_2} PEX_{it}^{\phi_3} \quad (4.5)$$

Où  $BREV$  et  $TECH$  désignent, respectivement, les stocks de brevets et de technologies importées.

Il importe de préciser que dans cette recherche, nous approximations les résultats des activités d'innovation par les brevets au lieu des dépenses de Recherche et Développement (R&D), bien que ce dernier indicateur soit le plus utilisé. Ce choix se justifie par les raisons suivantes. Tout d'abord, les dépenses de R&D représentent une mesure d'*input* des activités d'innovation et ne nous apprennent rien quant à leur aboutissement sur le plan technique ou commercial (Pamukçu et Cincera, 2001). Ensuite, une activité innovante sera assimilée à de la R&D lorsqu'elle est effectuée de manière continue et organisée par les entreprises (OCDE, 1993). Or, l'enquête de l'innovation menée par le Ministère de la Recherche Scientifique, de la Technologie et du Développement des Compétences montre que les activités de R&D dans la plupart des entreprises tunisiennes sont entreprises d'une manière occasionnelle (MRSTDC, 2005 ; Saafi, 2007). Enfin, les brevets jouent un rôle central dans le développement des transactions en matière de technologie (Guellec et Kabla, 1994 ; OCDE, 2004). En effet, les objets brevetables, les critères de brevetabilité imposés et la portée des brevets sont trois instruments essentiels que les responsables de la conception des régimes de brevets peuvent utiliser pour accroître à la fois l'innovation et la diffusion (Encaoua et al., 2003).

En définitive, l'équation que nous estimons pour appréhender les effets de court terme de la diffusion des innovations technologiques sur l'emploi a la forme suivante <sup>57</sup>:

$$\ln L_{it} = \eta_i + \lambda_1 \ln W_{it} + \lambda_2 \ln VA_{it} + \phi_1 \ln BREV_{it} + \phi_2 \ln TECH_{it} + \phi_3 \ln PEX_{it} + \sum_t \gamma_t D_t + \varepsilon_{it} \quad (4.6)$$

Où  $W$ ,  $VA$ ,  $BREV$ ,  $TECH$  et  $PEX$  désignent, respectivement, le salaire réel, la valeur ajoutée, le stock de brevets, la part des biens d'équipements importés dans le stock total de capital et l'index de pénétration des exportations.  $\varepsilon_{it}$  sont les termes d'erreur, supposées être *i.i.d* de moyenne nulle et de variance égale à  $\sigma_\varepsilon^2$ .

---

<sup>57</sup> A l'instar de (Milner et Wright, 1998; Greenaway et al., 1999, Fu et Balasubramanyam, 2005), nous supposons que la variation du coût de capital peut être captée par les year dummies.

### 2.1.2. Tests de spécifications

Lorsqu'on considère un échantillon de données de panel, la première chose qu'il faut vérifier c'est la spécification homogène ou hétérogène des données. Cela revient à tester si on a le droit de supposer que la fonction de demande d'emploi est parfaitement identique pour tous les secteurs ( $H_0: \eta_i = \text{cte}$ ) ou bien il existe des spécificités propres à chaque secteur ( $H_1: \eta_i \neq \text{cte}$ ). Tel que sous l'hypothèse  $H_0$ , on néglige l'existence d'un effet fixe individuel et sous  $H_1$  c'est le contraire. Cela revient donc à estimer les deux modèles suivants :

Sous  $H_0$ , le modèle (4.6) s'écrit :

$$\begin{aligned} \ln L_{it} = & \eta + \lambda_1 \ln W_{it} + \lambda_2 \ln VA_{it} + \phi_1 \ln BREV_{it} + \phi_2 \ln TECH_{it} \\ & + \phi_3 \ln PEX_{it} + \varepsilon_{it} \end{aligned} \quad (4.7a)$$

Alors que sous  $H_1$ , le modèle (4.6) devient :

$$\begin{aligned} \ln L_{it} = & \eta_1 D_1 + \dots + \eta_9 D_9 + \lambda_1 \ln W_{it} + \lambda_2 \ln VA_{it} + \phi_1 \ln BREV_{it} \\ & + \phi_2 \ln TECH_{it} + \phi_3 \ln PEX_{it} + \varepsilon_{it} \end{aligned} \quad (4.7b)$$

où  $D_1, \dots, D_9$  sont des variables Dummy associées aux secteurs.

L'application du test de Fischer entre les deux spécifications (4.7a) et (4.7b) nous permettra de tester l'homogénéité des constantes  $\eta_i$ . La statistique de Fischer se calcule de la manière suivante:

$$F^c = \frac{[SCR(H_0) - SCR(H_1)]/[DL(H_0) - DL(H_1)]}{SCR(H_1)/DL(H_1)}$$

Où  $SCR(H_0)$  et  $SCR(H_1)$  désignent respectivement la somme des carrés des résidus du modèle (4.7a) et du modèle (4.7b);  $DL$ , le degré de liberté.



La règle de décision du test de Fischer est la suivante : si  $F^c > F^{\text{tabulée}}$ <sup>58</sup> (pour un risque  $\alpha=5\%$ ), on accepte l'hypothèse  $H_1$ , équivalent à l'existence d'un effet fixe individuel. Par contre si  $F^c < F^{\text{tabulée}}$ , on accepte  $H_0$ , équivalent à l'absence d'un effet fixe individuel. Quand au test de Hausman nous renseigne sur la nature de ces effets qui peuvent être aléatoires ( $H_0 : E(\eta_i / x_i) = 0$ ), ou fixes ( $H_1 : E(\eta_i / x_i) \neq 0$ ). La statistique de Hausman est distribuée selon une loi du  $\chi^2(r)$  avec  $r$  degrés de liberté,  $r$  étant le nombre de variables explicatives. Si la réalisation de la statistique  $H$  est supérieure à  $\chi^2(r)^{\text{tabulée}}$ <sup>59</sup> au seuil à  $\alpha\%$ , on rejette l'hypothèse nulle et on privilégie l'adoption d'effets individuels fixes et l'utilisation de l'estimateur Within. Par contre, si la statistique du test de Hausman est inférieure à  $\chi^2(r)^{\text{tabulée}}$  au seuil à  $\alpha\%$ , on accepte l'hypothèse nulle et on privilégie l'adoption d'effets individuels aléatoires et l'utilisation de l'estimateur MCG.

## 2.2. Effets à moyen et long terme

Dans cette section nous nous intéressons à la modélisation des effets à moyen et long terme des innovations technologiques sur l'emploi et la stratégie d'estimation économétrique utilisée.

### 2.2.1. La spécification économétrique

Sous des conditions assez générale, l'estimateur «between» est un bon estimateur relatif de long terme (Pirrotte, 1994, 1996). L'auteur montre que sur des données de panel, l'estimation d'une relation statique permet d'évaluer directement les effets de long terme : la logique de la démarche de cointégration peut être transposée. C'est en estimant cette relation dans la dimension inter-individuelle, qu'est obtenue dans tous les cas envisagés la meilleure approximation des effets de long terme. Toutefois, le faible nombre de secteurs observés dans la présente étude rend les coefficients estimés d'une régression inter-individuelle non significatifs. Pour surmonter ce problème, nous recourons à l'approche de panel dynamique. Un modèle

---

<sup>58</sup> Cette valeur est déterminée à partir de la table de la loi de Fischer, en choisissant un seuil de tolérance  $\alpha = 5\%$

<sup>59</sup> Cette valeur est déterminée à partir de la table de  $\chi^2(r)$ , en choisissant un seuil de tolérance  $\alpha = 5\%$

dynamique est un modèle dans lequel un ou plusieurs retards de la variable dépendante figurent comme variables explicatives.

En se référant à Blundell et Bond (1998), la forme autorégressive de la fonction de demande de l'emploi pour un secteur  $i$  à la date  $t$  s'écrit:

$$l_{it} = \eta_i + \lambda_1 l_{it-1} + \beta'(L)X_{it} + \delta_t + \varepsilon_{it} \quad (4.8)$$

Où  $l$ , est le logarithme du niveau de l'emploi,  $L$ , l'opérateur de retards et  $X$  représente l'ensemble des variables explicatives.

Pour mesurer les effets de moyen et long terme de la diffusion des innovations technologiques sur l'emploi, nous estimons une forme particulière de l'équation (IV.8), inspirée de l'approche de Van Reenen (1997) et de Blundell et Bond (1998). La spécification estimée est la suivante :

$$\begin{aligned} \ln L_{it} = & \eta_i + \lambda_1 \ln L_{it-1} + \lambda_2 \ln W_{it} + \lambda_3 \ln W_{it-1} + \lambda_4 \ln VA_{it} \\ & + \sum_{j=0}^4 \phi_{1j} \ln BREV_{it-j} + \sum_{j=0}^4 \phi_{2j} \ln TECH_{it-j} + \phi_3 \ln PEX_{it} + \delta_t + \varepsilon_{it} \end{aligned} \quad (4.9)$$

### 2.2.2. Méthodes d'estimations

L'estimation d'un tel modèle comporte des difficultés importantes. Cette complication provient de la corrélation entre le retard de la variable dépendante et la perturbation, même si  $\varepsilon_{it}$  est supposée non corrélée (Greene, 2003). Ce problème d'endogénéité est engendré également par la corrélation entre certaines variables explicatives et l'effet spécifique individuel non observable représenté par le terme  $\gamma_i$  dans la spécification (10). Dès lors, pour pallier ces biais d'endogénéité, plusieurs techniques d'estimation sont utilisées dans la littérature à l'égard de l'estimateur du GMM en différence (Arellano et Bond, 1991) et l'estimateur du GMM en système (Blundell et Bond, 1998).

La méthode d'Arellano et Bond (1991) se présente comme une estimation du panel dynamique en deux étapes. Ce qui consiste d'abord à réécrire le modèle en

différence première afin d'éliminer les effets spécifiques individuels et temporels. Les termes d'erreurs sont supposés indépendants et homoscédastiques aussi bien entre les secteurs que dans le temps.

$$(l_{it} - l_{it-1}) = \lambda_1(l_{it-1} - l_{it-2}) + \beta'(L)(X_{it} - X_{it-1}) + (\varepsilon_{it} - \varepsilon_{it-1})$$

Cependant, le second problème subsiste, et de façon précise dans des panels relativement courts comme ceux utilisés ici, une corrélation persiste entre la variable endogène en différence première ( $l_{it}-l_{it-1}$ ) et le terme d'erreur ( $\varepsilon_{it}-\varepsilon_{it-1}$ ). Pour pallier ce problème, les auteurs ont proposé dans, un deuxième temps, d'utiliser la méthode des variables instrumentales. Les variables explicatives seront instrumentées par leurs valeurs retardées (en niveau) de ces mêmes variables.

Dans ce contexte, Arellano et Bond (1991) soulignent que, la forme optimale de la matrice des instruments ( $Z$ ) dépend de l'exogénéité des variables explicatives,  $X_{it}$ . En effet, si les variables  $X_{it}$  sont des variables prédéterminées, dans le sens où  $E(X_{it}, \varepsilon_{is}) \neq 0$  pour  $s < t$ ; 0 sinon, alors seulement  $(X'_{i1}, X'_{i2}, \dots, X'_{is-1})$  sont des instruments valides dans les équations en différences premières pour une période  $s$  ( $Z_i = \text{diag}(l_{i1} \dots l_{is} X'_{i1} \dots X'_{is-1})$ ). Si les variables  $X_{it}$  sont strictement exogènes, c'est-à-dire  $E(X_{it}, \varepsilon_{is}) = 0$  pour tout  $s, t$ , alors tous les  $X_{it}$  ( $X'_{i1}, X'_{i2}, \dots, X'_{iT}$ ) sont des instruments valides pour toutes les équations ( $Z_i = \text{diag}(l_{i1} \dots l_{is} X'_{i1} \dots X'_{iT})$ ). Les résidus retenus de la première étape sont utilisés dans une deuxième étape pour construire une estimation consistante de la matrice des variances-covariances. Ainsi, l'estimateur de la deuxième étape est asymptotiquement plus efficace relativement à l'estimateur de la première étape.

Cependant, cette technique d'instrumentation peut être relativement peu efficace, sachant que les variables en niveau retardées constituent de faibles instruments pour les premières différences. Blundell et Bond (1998) montrent que l'estimateur GMM en différence donne des résultats biaisés dans des échantillons finis lorsque les instruments sont faibles. C'est pourquoi Blundell et Bond (1998) ont proposé un modèle des GMM en système, qui se compose d'une équation du modèle en différence première et d'une équation du modèle initial en niveau. Les instruments pour la première équation en différence première sont les mêmes que ceux discutés plus haut. Quant à l'équation en niveau, les variables explicatives en niveau sont

instrumentées par leurs propres différences premières. La convergence de l'estimateur de la MMG est conditionnée par la validité des instruments. En effet, la validité d'ensemble des instruments peut être vérifiée à l'aide du test de sur-identification standard de Sargan<sup>60</sup> qui s'appuie sur l'estimateur de la MMG en deux étapes et est corrigé pour l'hétéroscédasticité sous l'hypothèse nulle de validité des instruments.

Un rejet de l'hypothèse nulle suggérerait une erreur, soit dans le choix des instruments, soit dans la spécification du modèle. Ces défauts sont généralement liés à des problèmes d'auto-corrélation. Etant donné que l'équation de référence a été passée en différences premières, les résidus ainsi obtenus sont censés d'être autocorrélés à l'ordre 1, mais pas à l'ordre 2. A cet effet, nous testons l'absence d'auto-corrélation du premier ordre ( $m_1$ ) et du second ordre ( $m_2$ ) dans les résidus des premières différences. Le test  $m_1$  est sous la forme d'un quotient dans le numérateur duquel apparaissent les covariances moyennes entre le vecteur de résidus retardés d'une période et le vecteur de résidus lui-même. Le dénominateur est formé par la racine carré d'un estimateur consistant de la variance asynchrone du numérateur, après division de ce numérateur par la racine carré du nombre d'observations. De sa part, le test  $m_2$  s'obtient de façon analogue, mais les périodes de retard des vecteurs résidus doivent être au nombre de deux<sup>61</sup>. Les tests  $m_1$  et  $m_2$  se distribuent comme une fonction normale de moyenne 0 et d'écart type 1 sous l'hypothèse nulle d'absence d'autocorrélation.

Il est important de noter que Blundell et Bond (1998) montrent que si les instruments sont faibles, l'estimateur GMM en différence est biaisé dans le cas d'un échantillon de petite taille et dans le cas où les variables sont persistantes dans le temps. Dès lors, l'estimateur GMM en système apparaît ainsi le mieux approprié avec notre essai empirique étant donné que notre échantillon est assez faible ( $N = 9$  et  $T = 10$ ). Dans le choix de variables instrumentales, nous supposons que les variables relatives à la valeur ajoutée (VA) et à l'exportation (PEX) sont des variables endogènes, leurs variables retardées de deux périodes sont utilisées comme des instruments. La variable de l'emploi (L) et la variable salaire (W) sont instrumentées

---

<sup>60</sup> La statistique utilisée dans ce test est distribuée selon une loi du  $\chi^2(m - k - 1)$ , avec  $m$ , le nombre des instruments;  $k$ , le nombre des variables explicatives. Les hypothèses de ce test s'écrivent comme suit :

$H_0$  : les instruments sont valides (variables instrumentales non corrélées avec les termes d'erreur).

$H_1$  : les instruments ne sont pas valides (variables instrumentales corrélées avec les termes d'erreur).

<sup>61</sup> Pour plus d'explications, voir (Arellano et Bond, 1991).

par leurs retards en niveaux (à partir de  $t-2$ ). Nous introduisons en outre, les variations du coefficient de l'emploi, du salaire, de la valeur ajoutée et des exportations retardés d'une seule année comme des variables instrumentales dans l'équation en niveau. Les variables muettes temporelles sont considérées comme des variables exogènes, leurs valeurs courantes sont utilisées comme des instruments dans cette dernière équation. En ce qui concerne les variables de la diffusion technologique, à l'instar de (Van Reenen, 1997), nous faisons l'hypothèse que ces variables sont des variables prédéterminées pour la décision d'embauche d'une telle entreprise.

### **3. Les effets des innovations technologiques sur l'emploi industriel en Tunisie**

Cette section a pour objet d'étudier les effets de la diffusion des innovations technologiques sur l'emploi industriel en Tunisie

#### **3.1. Sources de données et mesures des variables**

Nous commençons dans la section suivante par une présentation générale de données. Nous décrivons, ensuite, les variables utilisées dans notre étude.

##### **3.1.1. Bases de données**

Les données utilisées dans cette recherche proviennent de quatre sources différentes. Les données sur les industries tunisiennes (valeur ajoutée, formation brute de capital fixe, importations des produits par groupement sectoriel, indice de prix, etc.) nous ont été fournies par l'Institut National de Statistique (INS). Celles sur l'emploi proviennent de l'Agence de Promotion de l'Industrie (API). Concernant les brevets, nous avons exploité la banque de données de l'Institut National de la Normalisation et de la Propriété Industrielle (INNORPI) qui est dépositaire des normes, brevets, marques de fabrique ou de commerce et dessins et modèles industriels protégés en Tunisie. S'agissant des salaires, nous avons utilisé la base constituée par l'Institut d'Etudes Quantitatives (IEQ).

À partir des ces différentes sources, nous construisons des variables relatant le contexte industriel, le marché du travail et des indicateurs de l'innovation technologique. Le panel formé porte sur 9 secteurs industriels pour la période entre 1997 et 2006. Le tableau (4.4) présente un ensemble de statistiques descriptives caractérisant le tissu industriel tunisien en 2006.

**Tableau 4. 4 : Statistiques descriptives des industries tunisiennes en 2006**

Secteurs d'activité	Nombre d'entreprises	En % du tissu industriel	emplois	En % de l'emploi industriel
Industries agro-alimentaires (IAA)	993	18	61822	15
Industries du bois, du liège et de l'ameublement (IBLA)	193	4	24501	6
Industries du cuir et de la chaussure (ICCH)	276	5	8977	2
Industries chimiques (ICH)	474	9	34290	8
Industries diverses (ID)	295	5	15267	4
Industries électriques, électronique et de l'électroménager (IEEE)	324	6	57172	13
Industries des matériaux de construction céramique et verre (IMCCV)	440	8	26973	6
Industries mécaniques et métallurgiques (IMM)	520	10	31599	7
Industries textiles et habillement (ITH)	1955	36	164541	39
Total	5470	100	425162	100

Source : l'Agence de promotion de l'industrie (API).

### 3.1.2. Définitions et constructions de variables

**La variable expliquée (L) :** Dans la spécification du modèle, notre variable dépendante sera mesurée par la quantité de travail demandée dans le secteur  $i$  à la date  $t$ . Il ressort des données sur la répartition des créations d'emplois par secteurs (tableau 4.5) que le secteur des Industries de textiles et habillement (ITH), un secteur qui occupe une place importante dans l'économie tunisienne en termes de création d'emploi, continue d'être le principal pourvoyeur de nouveaux emplois dans le secteur industriel en Tunisie.

**Tableau 4. 5 : Création annuelle d'emplois**

Secteurs d'activité	Moyenne	Ecart type	Min	Max
Industries agro-alimentaires (IAA)	2272	549,08	1569	3324
Industries textiles et habillement (ITH)	9562	1992,6	363	2046
Industries mécaniques et métallurgiques (IMM)	1052	516	363	2046
Industries chimiques (ICH)	1081	500,8	459	1843
Industries des matériaux de construction céramique et verre (IMCCV)	619	233,29	247	980
Industries du cuir et de la chaussure (ICCH)	1636	601,2	868	2409
Industries électriques, électronique et de l'électroménager (IEEE)	3264	1443,5	950	5821
Industries du bois, du liège et de l'ameublement (IBLA)	193	49,6	126	262
Industries diverses (ID)	404	155,3	122	584

Source : calcul de l'auteur sur la base de données l'Agence de Promotion de l'Industrie (API).

Viennent ensuite, les Industries électriques, électroniques et de l'électroménager (IEEE) avec une contribution à l'emploi de 3264 par an pour la même période. La participation massive des entreprises étrangères semble avoir un effet positif sur l'augmentation de l'emploi dans ce secteur. En 2006, le secteur des Industries électriques, électroniques et de l'électroménager compte 324 entreprises employant 10 personnes et plus dont 192 à participation étrangère. Les entreprises de ce secteur emploient 53855 personnes. La part des entreprises totalement exportatrices est de 84%. La contribution, en termes de création d'emplois, des Industries agro-alimentaires est aussi relativement importante. En effet, la création était en moyenne de l'ordre de 2272 par an entre 1997 et 2006. En 2006, les entreprises de ce secteur emploient 62154 personnes, représentant 13% de l'ensemble des emplois du secteur manufacturier, dont 12944 relèvent des entreprises totalement exportatrices et 49210 des entreprises partiellement exportatrices.

### **Les variables explicatives**

**Les salaires réels (W) :** En Tunisie, les données relatives aux salaires étant différentes d'une source à un autre, l'analyse de leur évolution devrait être traitée avec précaution. Dans ce travail, les salaires réels, déterminé par rapport à l'indice général de prix, sont mesurés sur la base des données de l'Institut d'Etudes Quantitatives (IEQ). La théorie de compensation postule qu'il existe une relation inverse entre le taux de croissance du salaire réel et celui de l'emploi. Cette relation est très nette dans le cas de la Tunisie durant la période 1997-2006. Du point de vue sectoriel, la corrélation est fortement négative entre le salaire réel et la croissance d'emploi. Autrement dit dans les secteurs où la croissance d'emploi a été élevée, notamment les industries électriques, électroniques et l'électroménager, les salaires ont augmenté à une cadence modérée (une augmentation de l'ordre de 1%). Les secteurs, tels le textile et habillement, où les salaires ont augmenté rapidement, avec un taux de croissance qui était de l'ordre de 2% n'ont pas créé un grand nombre d'emplois. À partir de l'année 2001, la croissance modérée des salaires semble stabiliser le rythme de création d'emplois.

**Stock de brevets (BREV)** : En l'absence d'une classification technologique officielle des brevets, nous empruntons la méthodologie adoptée par Ghali (2001) pour procéder à une classification des brevets déposés en Tunisie durant la période 1997-2007, par secteurs. Une classification sectorielle de chaque brevet est réalisée sur la base du critère « fonction de l'invention », conformément à la classification internationale de l'Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI). La répartition sectorielle obtenue montre que les brevets sont principalement concentrés, en moyenne par an, dans le secteur des Industries chimiques et le secteur des Industries mécaniques et électriques. Il s'agit des secteurs où la valeur de technologies importées a enregistré une croissance rapide. Pour palier le biais lié à la taille des secteurs, nous construisons un quotient de l'intensité de brevetabilité qui rapporte le nombre de brevets dans un secteur à la taille de ce secteur (nombre des entreprises).

**La part des biens d'équipement importés (TECH%)** est définie comme la part du stock de biens d'équipements importés dans le stock total de capital (Lee, 1995; Hasan, 2002). La valeur des importations est déflatée par l'indice de la valeur unitaire des importations. En outre, plus que d'autres importations, les biens d'équipements constituent pour les PED un mode de transfert de technologies non négligeable, en raison de l'accumulation des connaissances et de potentiel qu'ils jouent dans la contribution à l'évolution de capital (Xu et Wang, 2000 ; Eaton and Kortum, 2001). La maîtrise de ces technologies, moyennant leur adaptation aux conditions locales, peut entraîner des activités technologiques dans les entreprises tunisiennes. A l'instar de Dullek et Foster (2008), nous supposons que l'ampleur de la diffusion technologique dépend du niveau de l'investissement dans les équipements importés.

Pour le calcul du stock de biens d'équipements, nous suivons la démarche adoptée par Hasan (2002). L'auteur définit le stock de biens d'équipement importés qui incorporent les dernières avancées technologiques comme :

$$TECH_{it} = \sum_{s=0}^T TECH_{it-s} [1 - \gamma]$$



Où  $\gamma$  représente le taux de dépréciation du stock de capital qui est supposé égale à 6% et  $T$  est supposé égal à 4 (Hasan, 2002). A l'instar de Dulleck et Foster (2008), nous supposons que l'ampleur de la diffusion technologique dépend du niveau de l'investissement dans les équipements importés.

Le stock de capital est calculé selon la méthode de l'inventaire perpétuel: le stock au moment  $t$  est égal au nouvel investissement au moment  $t$  plus le stock au moment  $t - 1$  moins l'amortissement :

$$K_{it} = FBCF_{it} + K_{it-1}[1 - \gamma]$$

**L'index de pénétration des exportations (PEX%)** : il est mesuré par la part des exportations dans la production totale. La valeur des exportations est déflatée par l'indice de la valeur unitaire des exportations. Les valeurs de production sont prises aux prix constants (1990=100). Du point de vue sectoriel, les exportations des industries électriques, électronique et de l'électroménager ont enregistré une croissance relativement importante, qui était de l'ordre de 17,74% par an durant la période allant de 1997 à 2006. Parallèlement, à l'accroissement de la des exportations, les emplois dans le même secteur ont largement augmenté, pour s'élever à 15,7%. Dans la même lignée, les industries mécaniques et métallurgiques ont enregistré une croissance relativement importante de l'ordre de 9,16 parallèle à l'accroissement des exportations, qui était de l'ordre de 14,06.

**La valeur ajoutée (VA)** : les valeurs sont prises aux prix constants de 1990. D'une manière générale, comme le montre le tableau (4.6), la croissance de l'emploi se situant principalement dans les secteurs, qui ont enregistré une croissance de la valeur ajoutée.

**Tableau 4. 6 : Croissance annuelle de l'emploi et de la valeur ajoutée, 1997-2006**

Secteurs d'activité	Croissance de la valeur ajoutée* (%)	Croissance de l'emploi** (%)
Industries agro-alimentaires (IAA)	4,48	7,67
Industries du bois, du liège et de l'ameublement (IBLA)	2,26	7,31
Industries du cuir et de la chaussure (ICCH)	8,33	7
Industries chimiques (ICH)	3,69	7,22
Industries diverses (ID)	1,11	6,99
Industries électriques, électronique et de l'électroménager (IEEE)	7,87	15,7
Industries des matériaux de construction céramique et verre (IMCCV)	2,58	7,92
Industries mécaniques et métallurgiques (IMM)	7,86	9,16
Industries textiles et habillement (ITH)	6,91	2,32

\* Ces valeurs sont calculées sur la base de données de l' INS.

\*\* Ces valeurs sont calculées sur la base de données de l'API.

**Les variables dummy (D) :** 9 indicatrices sectorielles sont considérées dans les spécifications. Nous introduisons également 10 year dummies pour contrôler les chocs externes communs à l'ensemble des industries.

### 3.2. Résultats empiriques

Nous commençons dans la section suivante par l'estimation des effets à court terme de la diffusion des innovations technologiques sur l'emploi industriel en Tunisie

#### 3.2.1. Les effets à court terme

Le nombre d'individus « secteurs » étant faible (N=9), le modèle statique, dit « Least Squares Dummy Variable Model » (LSDV) peut être estimé par la méthode de moindres carrés ordinaires (Greene, 2003) dans la dimension intra-individuelle « within ». Outre la convergence, il est assez communément admis que l'estimateur « within » permet de rendre compte des effets de court terme alors que l'estimateur « between » rendrait mieux compte des effets de long terme (Pirotte, 1996).

Les résultats des estimations du modèle (4.6) sont présentés dans le tableau (4.7). Les trois premières estimations (de 1 à 3) évaluent les effets des différentes variables explicatives sur le logarithme du niveau d'emploi. Quant aux trois dernières (de 4 à 6), elles mesurent les effets des interactions entre l'importation des biens d'équipement, les brevets et l'exportation.

Le test de Fischer amène à accepter l'hypothèse d'existence des effets spécifiques (rejet de  $H_0 : \eta_i = \text{cte}$ ) pour les trois spécifications estimées ( $F^c > F^{\text{tabulée}}$ ). Quant aux résultats du test de Hausman, ils montrent que les effets individuels sont déterministes (rejet de  $H_0 : E(\alpha_i/x_i)=0$ ), et non aléatoires.

Les résultats affichés par le premier groupe d'estimations (de 1 à 3) montrent qu'en dehors du coefficient de la variable indiquant le nombre de brevets, tous les autres sont significatifs. Les signes et grandeurs de ces coefficients appellent les commentaires suivants :

– premièrement, contrairement aux prédictions théoriques, l'effet de court terme de la diffusion des technologies importées sur l'emploi est positif<sup>62</sup>. Une augmentation de l'importation des biens d'équipement de 1% accroît le niveau de l'emploi d'un peu plus de 0,13%. Ce résultat peut s'expliquer par la relation de complémentarité entre le capital et le travail qui s'est instaurée grâce aux réformes du commerce extérieur, dont notamment la suppression des obstacles à l'importation des biens d'équipement ;

- deuxièmement, dans toutes les régressions, la demande globale de produits (approchée par la valeur ajoutée) exerce un effet positif sur le niveau d'emploi. Il en est ainsi parce que l'augmentation de la valeur ajoutée implique un revenu plus élevé

---

<sup>62</sup> Les mêmes régressions ont été estimées en introduisant le carré de la variable TECH. Le coefficient de cette dernière s'est avéré toujours non significatif. En effet, la relation quadratique en U-inversé n'apparaît pas entre la diffusion de technologies importées et l'emploi.

conduisant naturellement à une consommation plus importante. Celle-ci est souvent nécessaire pour la création des emplois ;<sup>63</sup>

- troisièmement, les estimations font apparaître que les entreprises exportatrices ont une plus grande possibilité d'augmenter leur demande d'emploi, suite à une hausse des exportations. En effet une augmentation des exportations de 1% entraîne un accroissement du niveau d'emploi entre 0,1% et 0,15%. Ceci implique que la croissance de la demande externe (exportations) exerce un effet positif sur l'emploi ;<sup>64</sup>

**Tableau 4. 7 : Résultats d'estimation du modèle (4.6) : modèle à effets fixes**

Variable dépendante : logarithme du niveau d'emploi

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
lnTECH	0,133** (2,41)		0,138** (2,50)			0,131** (2,32)
lnBREV		0,031 (0,76)	0,001 (0,08)		0,0001 (0,01)	
lnVA	0,263*** (2,88)	0,217*** (2,86)	0,265*** (2,89)	0,259*** (2,81)	0,263*** (3,53)	0,258*** (2,80)
lnPEX	0,127** (2,10)	0,116** (2,17)	0,100*** (2,79)	0,153*** (3,13)		
lnW	-0,707** (-2,05)	-0,714* (-1,93)	-0,779** (-2,36)	-0,807** (-2,42)	-0,707** (-2,13)	-0,735** (-2,17)
Ln(TECH)*Ln(BREV)				0,013*** (3,76)		
Ln(TECH)*Ln(PEXP)					0,134** (2,30)	
Ln(BREV)*Ln(PEX)						0,011* (1,69)
Secteurs dummies	oui	oui	oui	oui	oui	oui
Year dummies	oui	oui	oui	oui	oui	oui
Test de Fisher	6,163	7,744	6,640	4,942	5,734	6,127
Test de Hausman	127,61	123,55	129,47	126,65	127,42	124,39
R <sup>2</sup>	0,70	0,68	0,72	0,71	0,72	0,71
Nombre d'observations	90	90	90	90	90	90

\*\*\*: le coefficient est significatif à un risque d'erreur de 1 %.

\*\*: le coefficient est significatif à un risque d'erreur de 5 %.

\*: le coefficient est significatif à un risque d'erreur de 10 %.

Les valeurs entre parenthèse correspondent à la statistique t de Student.

- quatrièmement, comme prévu, l'interaction est fortement négative entre le salaire réel et l'emploi. L'élasticité de l'emploi par rapport au salaire est de l'ordre de 0,7.

<sup>63</sup> Ce résultat est semblable à ceux trouvés par Pianta (2001) et Antonuci et Pianta (2002).

<sup>64</sup> Ce résultat correspond à celui obtenu par Fu et Balasubramanyam (2005). Ces derniers trouvent qu'une augmentation du volume des exportations de 1% fait augmenter le niveau d'emploi de 0,17% au niveau des industries chinoises.

Une diminution des salaires favorise l'augmentation de la demande d'employés (Hicks, 1932).<sup>65</sup>

Quant aux trois effets d'interaction entre l'importation des biens d'équipement, les brevets et l'exportation, les estimations montrent qu'ils sont tous significatifs et positifs. Ils en résultent les commentaires suivants :

- d'abord, une augmentation de l'interaction TECHBREV de 1% accroît le niveau d'emploi de 0,013% (modèle 4)<sup>66</sup>. Ce résultat implique que la diffusion des innovations locales (brevets) influence positivement et indirectement la demande de l'emploi à travers son interaction avec les technologies importées ;

- ensuite, l'importation des biens d'équipement et les exportations contribuent simultanément à l'augmentation de la demande d'emploi. Une augmentation de l'interaction TECHPEX de 1% accroît le niveau d'emploi de 0,13 % (modèle 5). Ceci implique que les biens d'équipement importés influencent positivement l'emploi à travers leur interaction avec les exportations. En d'autres termes, les importations de biens d'équipement plus intensifs en technologie favorisent la compétitivité des exportations, ce qui peut permettre la création de nouveaux emplois ;

- enfin, pour ce qui est de l'interaction entre les brevets et les exportations, les résultats obtenus montrent que l'innovation améliore les performances en termes d'exportation des industries manufacturières tunisiennes, ce qui stimule la demande d'emploi. D'ailleurs, Chehaider (2009) avait montré que la relation entre l'innovation et l'exportation dans les entreprises tunisiennes est bidirectionnelle. Autrement, non seulement l'innovation stimule l'exportation, mais aussi cette dernière améliore les performances en termes d'innovation des entreprises manufacturières. L'effet positif

---

<sup>65</sup> Boglacino et Pianta (2010), en utilisant les données des enquêtes communautaires de l'innovation (CIS) pour un échantillon de 8 pays européennes (Allemagne, France, Italie, Pays Bas, Norvège, Portugal, Espagne) ont abouti à un résultat similaire.

<sup>66</sup> En fait la corrélation entre la variable BREV et la variable TECH est positive (coefficient de corrélation égale à 0,21 ; p-value=0,043).

des exportations sur l'innovation s'explique par le fait que la concurrence internationale oblige les entreprises exportatrices à respecter les normes de qualité et les incite à innover (Salmon et Shaver, 2005).

### 3.2.2. Effets à moyen et long terme

Les résultats des estimations concernant les effets de moyen et long terme sont présentés dans le tableau (4.8). Ces résultats émanent de quatre modèles. Dans le modèle (1), la diffusion technologique est appréhendée par les technologies importées, alors que dans le modèle (2), l'innovation technologique est approchée par les brevets. Quant au modèle (3), il prend en compte simultanément ces deux derniers indicateurs de l'innovation technologique. Enfin, le modèle (4) examine les éventuels effets d'interactions entre les technologies importées et les innovations locales (mesurées par les brevets) sur l'emploi. Quelle que soit la spécification retenue, le test de sur-identification de Sargan n'indique aucun problème en ce qui concerne la validité des variables instrumentales. En outre, le non-rejet de l'hypothèse nulle d'absence d'autocorrélation de second ordre attesté par une statistique non significative apporte une nouvelle justification à la spécification du modèle.

Les résultats affichés dans le tableau (4.8) inspirent les quatre commentaires suivants :

- Premièrement, le coefficient de la variable salaire est significativement négatif, ce qui implique qu'une augmentation des salaires entraîne une diminution de l'emploi. Le coefficient négatif de la variable salaire retardée d'une période ( $W_{t-1}$ ) indique qu'il y a un effet de persistance négatif du salaire sur le niveau d'emploi (colonne 1), bien que cet effet de persistance n'apparaisse significatif que dans le cas de la première régression.

- Deuxièmement, les coefficients estimés de la variable exportation (PEX%), lorsqu'ils sont significatifs (colonne 2 et 3), indiquent qu'une augmentation de la part des exportations dans la production accroît le niveau d'emploi. Ce résultat semble signifier que le choix politique de la Tunisie de promouvoir les exportations a produit

ses retombées positives en matière d'emploi. En fait, depuis le début des années 1970, en établissant le statut d'entreprise exportatrice doté d'avantages fiscaux importants<sup>67</sup> (dit régime «offshore»), le gouvernement a cherché à attirer les investissements étrangers et à susciter des vocations exportatrices parmi les entreprises tunisiennes.

- Troisièmement, les coefficients des valeurs retardées de la variable importation des biens d'équipements (TECH), lorsqu'ils sont statistiquement significatifs, sont de signe négatif (modèle 1, modèle 3). Ce résultat rejoint l'argument de Van Reenen (1997), qui précise qu'à mesure que la technologie arrive à maturité, son effet sur l'emploi devient négatif. Il en est ainsi parce que les technologies matures atteignent un stade où leur potentiel pour produire des effets bénéfiques devient minime. Au contraire, les valeurs retardées d'une période de la variable brevets (BREV) (modèle 2) exerce un effet positif et significatif sur le niveau d'emploi.

- Quatrièmement, l'effet de l'interaction entre les technologies importées et les brevets sur l'emploi est positif. Cependant, cet effet n'est significatif que lorsque le retard correspond à quatre périodes.

---

<sup>67</sup> En 1972, la loi a offert des incitations aux entreprises exportant au moins 80% de leur chiffre d'affaire. L'exonération d'impôt a été initialement prévue pour 20 ans, a été renouvelé pour 10 ans puis prolongé de 5 ans en 2002 jusqu'à la fin 2007 pour les entreprises dont le délai arrivait à expiration avant cette date. Les entreprises exportatrices bénéficient également d'une franchise totale des droits et taxes pour les biens d'équipements importés.

**Tableau 4. 8 : Résultats d'estimation du modèle (4.9) par la méthode GMM en système**

Variable dépendante : logarithme de niveau d'emploi

	(1)	(2)	(3)	(4)
LnL <sub>t-1</sub>	0,984*** (34,73)	0,980*** (62,08)	1,005*** (58,72)	0,989*** (69,01)
lnTECH <sub>t</sub>	0,032* (1,87)		0,032 (1,44)	
lnTECH <sub>t-1</sub>	-0,039* (-2,13)		0,018 (0,68)	
lnTECH <sub>t-2</sub>	0,004 (0,70)		-0,014*** (-3,76)	
lnTECH <sub>t-3</sub>	-0,010** (-2,50)		0,002 (0,23)	
lnTECH <sub>t-4</sub>	0,005 (0,45)		-0,017* (-2,28)	
lnBREV <sub>t</sub>		-0,006 (-1,25)	0,0002 (0,02)	
lnBREV <sub>t-1</sub>		0,010* (2,11)	-0,007 (-1,28)	
lnBREV <sub>t-2</sub>		-0,007 (-1,15)	-0,006* (-2,12)	
lnBREV <sub>t-3</sub>		0,007 (1,18)	0,008 (1,75)	
lnBREV <sub>t-4</sub>		0,013 (1,49)	-0,015* (-2,24)	
Ln(TECH) <sub>t</sub> *Ln(BREV) <sub>t</sub>				0,008 (0,36)
Ln(TECH) <sub>t-1</sub> *Ln(BREV) <sub>t-1</sub>				-0,003 (-0,21)
Ln(TECH) <sub>t-2</sub> *Ln(BREV) <sub>t-2</sub>				-0,003 (-0,54)
Ln(TECH) <sub>t-3</sub> *Ln(BREV) <sub>t-3</sub>				-0,008 (-0,55)
Ln(TECH) <sub>t-4</sub> *Ln(BREV) <sub>t-4</sub>				0,024** (2,65)
lnW <sub>t</sub>	-0,274** (-2,54)	-0,040 (-0,77)	0,022 (1,18)	-0,024 (-0,17)
lnW <sub>t-1</sub>	-0,213* (-2,00)	0,041 (0,67)	-0,185 (-1,33)	-0,015 (-0,14)
lnVA <sub>t</sub>	0,028** (2,65)	0,033 (1,80)	0,185 (1,27)	0,023* (2,12)
lnPEX <sub>t</sub>	0,011 (1,49)	0,006* (2,05)	0,017*** (4,57)	0,008 (1,70)
Year dummies	oui	oui	oui	oui
Test de Sargan (dl) (p-value)	40,13 (46) (0,716)	50,45 (46) (0,302)	34,65 (41) (0,748)	42,10 (46) (0,636)
m <sub>1</sub> (p-value)	-3,01 (0,003)	-2,62 (0,009)	-2,90 (0,004)	-2,70 (0,007)
m <sub>2</sub> (p-value)	1,47 (0,142)	1,26 (0,208)	1,32 (0,188)	1,28 (0,200)
Nombre d'instruments	61	61	61	61

Les valeurs entre parenthèse correspondent à la statistique t de Student.

La liste des instruments : Equation en différence première: lnL (à partir de t-2), lnVA<sub>t-2</sub>, lnPEX<sub>t-2</sub>, lnW (à partir de t-2)

Equation en niveau :  $\Delta$ lnL<sub>t-1</sub>,  $\Delta$ lnVA<sub>t-1</sub>,  $\Delta$ lnPEX<sub>t-1</sub>,  $\Delta$ lnW<sub>t-1</sub>, year dummies



Afin d'améliorer notre diagnostic, nous avons procédé à l'estimation des effets de moyen et de long terme, des technologies importées, des brevets ainsi que de leur terme d'interaction sur l'emploi. Ces effets regroupent tout le processus d'ajustement c'est à dire la somme des valeurs des périodes (t à t-4) divisé par  $(1-\lambda_1)$ .

**Tableau 4. 9 : Effets à moyen et long terme**

	(1)	(2)	(3)	(4)
TECH	-0,25	-	-4,2	-
BREV	-	0,85	3.96	-
TECHBREV	-	-	-	1,63

Cette procédure a montré que, d'une part, les effets sur l'emploi à moyen et à long terme des innovations technologiques importées sont négatifs alors que ceux de la brevetabilité sont positifs mais non significatifs<sup>68</sup>. Il en résulte que la diffusion des technologies importées exerce un effet positif sur l'emploi à court terme (tableau 4.7) et des effets négatifs à moyen et à long terme. Ce résultat semble contredire la théorie de compensation. Bien que ce résultat puisse être spécifique à l'échantillon utilisé et à la période étudiée qui reste relativement courte pour mesurer un effet de long terme, certains arguments tendraient à le justifier. Les plus importants tiennent au marché du travail, à la nature des investissements et aux processus d'apprentissage. D'abord, en dépit des nombreuses réformes engagées par les pouvoirs publics dans le but d'introduire une certaine souplesse dans la législation, d'atténuer son caractère protecteur et de développer son aspect promotionnel des emplois et des revenus, les réglementations du travail (en particulier les procédures de licenciement) sont toujours rigides et trop protectrices (Banque Mondiale, 2004). Ensuite, il s'avère que la majorité des mesures d'incitation dans le domaine des investissements, élaborées ces dernières années, visent particulièrement à réduire le coût d'utilisation du capital par la réduction de la valeur d'achat d'équipements, la diminution du coût de

---

<sup>68</sup> La non significativité de l'effet de la brevetabilité s'explique, entre autres par les deux constats suivants :

- près de 80% des brevets déposés par les résidents sont à titre individuel, mettant en perspective l'absence quasi totale de collaboration entre chercheurs, laboratoires de recherche et entreprises (Chellouf et al., 1999) ;
- une grande partie des brevets déposés sont d'origine étrangère. Ces entreprises non-nationales visent, d'une part, à protéger les produits qu'elles cherchent à exporter en Tunisie et d'autre part, à protéger les procédés qu'elles cherchent à implanter lors de la mise en place d'unités de production Ghali (2001).

financement des projets et l'augmentation de la rentabilité du capital. En revanche, très peu de mesures sont prises en faveur de la promotion de l'emploi qui n'ont d'ailleurs que peu d'impact sur les choix technologiques arrêtés par les nouveaux promoteurs (Azaiez, 2000). Enfin, force est de constater que la plupart des entreprises en Tunisie sont des filiales ou des sous-traitants pour les grandes entreprises étrangères. L'apport de ces entreprises se réduit, le plus souvent, à des opérations d'assemblage ce qui n'implique pas un sérieux processus d'apprentissage et la production de technologies similaires.

D'autre part, l'interaction entre l'importation des technologies et les brevets (TECHBREV) exerce un effet positif sur l'emploi à long terme. Ceci pourrait être expliqué par le fait qu'en Tunisie, les brevets portent essentiellement sur des adaptations et des améliorations des procédés de fabrication importés. Ainsi, comme le souligne (Dlala, 1990), l'acquisition d'une capacité autonome d'innovation technologique, via l'accès à des technologies incorporées dans les biens d'équipement importés, permet d'assurer l'entretien et la réparation des équipements, d'adapter les importations technologiques aux besoins du pays et de concevoir de nouveaux outils de production et de les diffuser dans tout l'environnement économique national.

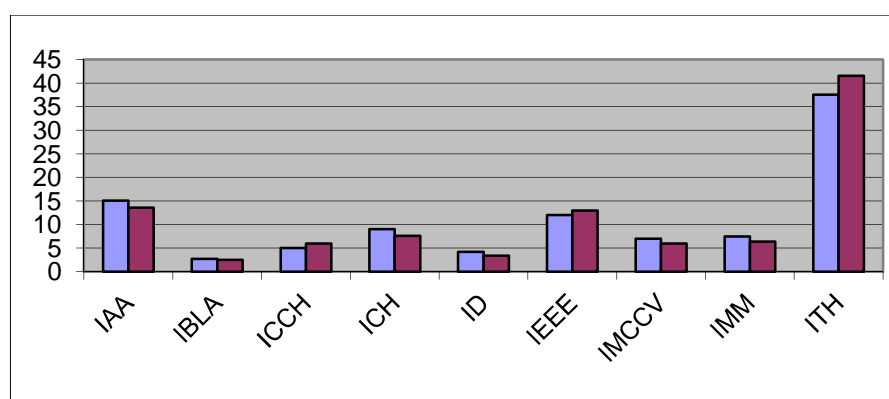
### **3.3. Retour sur les mécanismes de la théorie de compensation**

Si les conclusions relatives au lien entre innovation et emploi ont été largement discutées dans le cadre de pays industrialisés, elles nous paraissent revêtir une grande importance pour les pays en développement (PED), où généralement la technologie est importée. L'examen et l'estimation des effets de court et de long terme de la diffusion des innovations technologiques sur l'emploi industriel tunisien, nous offrent un cadre d'analyse pertinent pour discuter les mécanismes de compensation soulignés dans le premier chapitre.

#### **3.3.1. L'effet compensateur de nouvelles machines non perceptible**

Pour que l'effet de compensation d'un secteur à un autre fonctionne, il faut que certaines conditions soient réunies. Ces conditions concernent, d'une part, le marché du travail, d'autre part, les marchés des biens et des capitaux. Ce mécanisme requiert un transfert fluide de la main-d'œuvre, du capital et de la demande entre les différentes activités. Cependant, la structure globale de l'emploi industriel, comme le montre le graphique (4.4), est demeurée stable durant la période 1997-2006.

**Figure 4. 4 : Évolution de la composition sectorielle de l'emploi industriel, 1997-2006**



Source: auteur sur la base de données de l'Agence de promotion de l'industrie (API)

Cette stabilité peut traduire l'existence de contraintes à la mobilité de la main-d'œuvre. Une économie dynamique et en croissance devrait autoriser un transfert des ressources - y compris au niveau de l'emploi - des secteurs de faible productivité vers des secteurs plus productifs. Tel n'a cependant pas été le cas pour la Tunisie durant la période 1997-2006.

### **3.3.2. Un effet du mécanisme « via la diminution des prix » limité**

Une hausse de productivité, due à la diffusion des innovations, peut permettre de produire à un coût inférieur et donc entraîner une baisse des prix. Dans une économie ouverte, cette diminution des prix devrait se traduire par une augmentation de la compétitivité-prix de pays en matière des exportations. Cependant, d'une façon générale, le taux de croissance des exportations a connu une décélération durant la période (1997-2006). D'un point de vue sectoriel, le secteur de textiles et de l'habillement, principal créateur d'emplois, a perdu une grande partie de sa compétitivité sur le marché international. La part des exportations des industries de textiles et de l'habillement, ainsi que la part des exportations de ce secteur dans les exportations totales ont enregistré une baisse durant les dernières années. Ce ci peut expliquer, entre autres, la faible croissance d'emplois enregistrée dans ce secteur, qui était de l'ordre de 2,32%. Avec le démantèlement de l'AMF, la Tunisie est confrontée à une concurrence plus dure sur les marchés de l'UE, surtout en provenance d'Asie et d'Europe de l'Est, avec des coûts de main-d'œuvre plus bas et/ou une productivité

plus forte. Chaponnière et al. (2005), à l'aide d'un modèle multisectoriel et dynamique d'équilibre générale ont montré l'effet négatif de ce choc sur l'économie tunisienne. La contribution de l'industrie tunisienne de l'habillement à l'emploi et à la croissance économique a été remise en question.

De même, la contribution des industries chimiques dans le PIB et les exportations totales a connu une décélération. De sa part les exportations des industries agro-alimentaires ont été marquées par une baisse durant la période (1997-2006) et la reprise n'était qu'en 2002. Seuls les exportations des industries de électriques, électronique et de l'électroménager ont enregistré une croissance relativement importante de l'ordre de 17,4%. Parallèlement, à l'accroissement des exportations, les emplois dans le même secteur ont largement augmenté, pour s'élever à 15,7%.

### **3.3.3. L'incompatibilité du mécanisme « via la diminution des salaires » dans le contexte des PED.**

Les économistes partisans de la théorie de compensation soutiennent que pour remédier à une situation de chômage, du à la diffusion des innovations technologiques, il est nécessaire de procéder à un abaissement des salaires dont il résulte un accroissement de l'emploi et une disparition du chômage. Mais ce mécanisme peut-il s'appliquer aux pays en voie de développement ? Si le mécanisme de compensation via la diminution des salaires, semble avoir des effets sur l'emploi dans les pays développés, ce mécanisme n'a que peu de signification dans les PED où les salaires sont déjà bas (Karaomerlioglu et Ansal, 2000). Une réduction des salaires s'accompagne presque toujours d'une réduction de la demande globale ; par conséquent toute baisse de la demande entraîne *ipso facto* une baisse des ventes des produits fabriqués qui provoque à son tour une baisse de l'activité économique et par la suite de l'investissement, de la croissance et de la capacité de l'économie à créer des emplois. L'expérience tunisienne peut être une bonne illustration entre les politiques des salaires et emploi dans un PED. En effet, la politique salariale adoptée depuis la fin des années 1980 semble avoir réussi à maintenir l'augmentation des salaires dans des proportions jusqu'à maintenant compatibles avec le maintien des grands équilibres macro-économiques (Azaiez, 2000). La politique des salaires pratiquée en Tunisie soutenait l'idée que chaque augmentation des salaires, qui n'est

point compensée par un réel gain de productivité, alourdit les charges d'entreprises, favorise la régression des exportations qui se traduiront par une dégradation des revenus salariaux et de la capacité des entreprises à créer de nouveaux emplois.

#### **3.3.4. Le mécanisme « via les nouveaux investissements » non pleinement utilisé**

Parmi les mesures économiques générales de promotion de l'emploi, qui visent à mettre en place un environnement économique et sociale sain, capable d'assurer la relance de l'économie et de la promotion de l'emploi, est celles relatives à l'encouragement et l'incitation à l'investissement. Néanmoins, d'une part, en dépit, des importantes mesures d'encouragements préconisées par le code d'investissement, les incitations fiscales, parafiscales et financières décidées par le gouvernement tunisien, les investissements ont marqué durant les dernières années par un essoufflement. Azaiez (2000) explique ce repli par trois raisons : la baisse de la demande intérieure et l'étranglement du marché, les anticipations défavorables des investisseurs depuis l'ouverture des frontières et de la libéralisation des prix, enfin le coût de capital de plus en plus élevé. D'autre part, bien que ce code de l'investissement contienne des incitations pour encourager la création d'emplois, leur portée est minimale en comparaison aux incitations financières. Il s'avère que la majorité des mesures d'incitations élaborées lors des dernières années visent particulièrement à réduire le coût d'utilisation du capital par la réduction de la valeur d'achat d'équipements, la diminution du coût de financement des projets et de l'augmentation du taux de rentabilité de capital. En revanche très peu de mesures sont prises en faveur de la promotion de l'emploi qui n'ont d'ailleurs que peu d'impact sur les choix technologiques arrêtés par les nouveaux promoteurs.

#### **3.3.5 Un bon fonctionnement du mécanisme « via l'augmentation des revenus »**

Le mécanisme de compensation « via l'augmentation des revenus » présuppose que la diffusion des innovations technologiques favorise l'augmentation de revenu des consommateurs. Certes le salaire constitue une part importante du revenu et de la dépense des individus dans les PED. A cet égard, nous envisageons de mesurer les effets des innovations technologiques sur les salaires. Nous supposons que l'équation de salaire est de la forme :

$$\ln W_{it} = \eta_i + \lambda_1 \ln W_{it-1} + \lambda_2 \ln L_{it} + \lambda_3 \ln L_{it-1} + \lambda_4 \ln VA_{it} + \sum_{j=0}^2 \phi_{1j} \ln BREV_{it-j} + \sum_{j=0}^2 \phi_{2j} \ln TECH_{it-j} + \phi_3 \ln PEX_{it} + \delta_t + \varepsilon_{it} \quad (4.10)$$

Les colonnes 1, 2 et 3 du tableau (4.10) présentent les résultats de l'équation de salaire durant la période 1997-2006. Les coefficients estimés indiquent que l'accroissement de demande de biens et des services provoque une augmentation des salaires puisque les firmes embauchent plus de salariés pour satisfaire la nouvelle demande. Toutefois, l'augmentation de l'emploi indépendamment de l'accroissement de la demande diminue le salaire. A partir de ces résultats, nous constatons que la diffusion des innovations technologiques et l'adoption de nouvelles technologies contribuent significativement à l'amélioration des salaires en Tunisie.

Cet effet positif a été confirmé dans la plupart des études empiriques. Ainsi, à partir de données sur les firmes américaines obtenues en coupes transversales pour les années 1984 et 1989, Krueger (1993) a mis en évidence l'existence d'une prime salariale pour les utilisateurs d'ordinateur. Krueger trouve une prime liée à l'innovation de l'ordre de 18% en 1984 et 21% en 1989. Doms et al. (1997) montre une prime de 15% pour « les salariés de production » dans les entreprises « les plus utilisatrices de nouvelles technologies » aux Etats-Unis.

**Tableau 4. 10 : Résultats d'estimation du modèle (4.10) par la méthode GMM en système**

Variable dépendante : logarithme de salaire

	(1)	(2)	(3)
$\ln W_{t-1}$	0,986*** (38,38)	0,987*** (33,06)	0,981*** (34,84)
$\ln \text{TECH}_t$	0,066** (2,24)	-	0,016 (1,07)
$\ln \text{TECH}_{t-1}$	0,082* (1,80)	-	0,125** (2,39)
$\ln \text{TECH}_{t-2}$	-0,054** (-2,06)	-	0,117** (2,33)
$\ln \text{BREV}_t$	-	0,017 (1,14)	0,039* (1,81)
$\ln \text{BREV}_{t-1}$	-	0,107** (2,01)	0,047* (1,97)
$\ln \text{BREV}_{t-2}$	-	0,100* (1,96)	-0,031 (-0,98)
$\ln L_t$	-0,829*** (-4,46)	-0,707*** (-3,81)	-0,962*** (-6,49)
$\ln L_{t-1}$	-0,003 (-0,05)	0,737*** (4,03)	-0,069 (-0,52)
$\ln VA_t$	0,155 (1,63)	-0,023 (-0,45)	0,115* (1,77)
$\ln \text{PEX}_t$	0,020 (0,48)	0,025 (1,01)	0,102* (1,81)
Year dummies	oui	oui	oui
Test de Sargan (dl)	37,24 (58)	43,27 (58)	42,45 (55)
p-value	(0,985)	(0,925)	(0,980)
$m_1$	-2,57	-2,68	-2,58
p-value	(0,010)	(0,005)	(0,009)
$m_2$	1,36	1,52	1,45
p-value	(0,175)	(0,128)	(0,147)

Les valeurs entre parenthèse correspondent à la statistique t de Student.

La liste des instruments :

Equation en différence première:  $\ln L$  (à partir de t-2),  $\ln VA_{t-2}$ ,  $\ln \text{PEX}_{t-2}$ ,  $\ln W$  (à partir de t-2)

Equation en niveau :  $\Delta \ln L$  (à partir de t-1),  $\Delta \ln VA_{t-1}$ ,  $\Delta \ln \text{PEX}_{t-1}$ ,  $\Delta \ln W$  (à partir de t-1), year dummies

### 3.3.6. Le mécanisme de compensation « via les nouveaux produits » est très limité

L'effet positif des innovations de produits, dernier mécanisme de compensation, ne s'applique pas nécessairement aux PED où la principale source de technologies est l'étranger. La Tunisie, comme la plupart des PED, suit de façon

successive un ensemble de séquences dans le processus de diffusion technologique qui commence par l'importation de technologies standardisées, l'imitation, l'adaptation, la transformation et enfin à l'exportation de la technologie intermédiaire. C'est la raison pour laquelle les processus d'apprentissage deviennent si importants puisque c'est grâce à eux que des nouvelles connaissances apparaissent et les connaissances existantes sont transmises. L'apprentissage est un composant critique nécessaire pour « expédier » la diffusion et l'adoption de nouvelles technologies, pour apporter des adaptations et des améliorations locales et pour augmenter plus généralement la conscience et la capacité de tirer profit des occasions technologiques. Dans ce contexte, les investisseurs sont encouragés à créer des entreprises et des emplois nouveaux par la perspective de bénéficier des avancées technologiques futures (Aghion et Howitt, 2000). Cependant, les entreprises tunisiennes semblent ne pas pouvoir mettre leur technologie à niveau. En effet, force est de constater, que la plupart des entreprises en Tunisie sont des filiales ou sous-traitantes pour les grandes entreprises étrangères, l'apport de la partie tunisienne se réduit souvent aux opérations d'assemblage et le processus n'implique donc pas l'apprentissage et la production de technologies similaires. Ce qui explique, entre autres, l'effet négatif à moyen et long termes de la diffusion des innovations technologiques sur l'emploi.

## **Conclusion**

Dans l'optique d'une évaluation empirique de l'impact de la diffusion des innovations technologiques sur l'emploi industriel en Tunisie, nous avons présenté dans ce chapitre un modèle qui examine l'interaction entre l'innovation locale, les importations technologiques et l'emploi dans le cas des industries manufacturières tunisiennes.

Le bilan des résultats économétriques se présente comme suit. A court terme, les effets sur l'emploi de la diffusion des innovations technologiques importées et de la brevetabilité sont positifs. De même, nous trouvons une relation positive et significative entre la demande sur le marché des produits et l'emploi. En revanche l'interaction entre l'emploi et les salaires est négative.

En revanche, en utilisant les modèles de panel dynamiques, nous trouvons que les effets sur l'emploi à moyen et à long terme des innovations importées sont



négatifs. Mais l'effet d'interaction entre technologies importées et brevets est positif. Le premier résultat confirme ceux déjà trouvés par la plupart des travaux empiriques qui se sont intéressés à l'étude de la relation entre le transfert technologique et la croissance en Tunisie. Entre autres, Rezgui et Salah (1999) ont montré, sur une période de vingt ans (1976-1995), que les importations des équipements exercent un effet négatif sur la productivité globale des facteurs. Ils expliquent alors ce résultat par le fait que le stock étranger de connaissance contenu dans un dinar d'importation serait insuffisant pour que l'importation ait un effet positif. Ils estiment aussi que le stock minimal permettant un effet direct positif est de 1,5 fois le stock étranger moyen de connaissances captées par la Tunisie. Ainsi, plutôt que de parler d'effet seuil, Dhaoui (1996) insiste sur l'importance de l'existence de compétences hautement qualifiées pour assimiler les technologies importées.

En guise de conclusion, nous pouvons estimer que la Tunisie ne semble pas profiter pleinement, en termes de croissance et d'emplois, des technologies importées. A cet effet, faut-il freiner l'importation des innovations technologiques ? La réponse est évidemment non. En effet, l'expérience internationale montre que la diffusion des innovations technologiques- et donc une croissance rapide de la productivité du travail- peut stimuler la rentabilité des entreprises et favoriser les investissements et donc, se traduire par une plus forte croissance de l'emploi. A titre d'exemple, en Irlande, en Corée et aux Etats-Unis, vers la fin des années 90, la forte croissance de la productivité du travail s'est accompagnée de niveaux spectaculaires de croissance de l'emploi. Alors que dans les pays (France, Italie et Finlande) où l'emploi a peu augmenté, la croissance de la production est généralement restée très modeste (Banque mondiale, 2004). Historiquement, l'introduction des innovations technologiques a créé plus d'emplois qu'il en a détruit. Les pays qui ont su maintenir un rythme élevé d'innovation technologique sont également ceux qui ont connu les meilleures performances en termes d'emplois.

Cela implique que le problème tient souvent, non pas aux technologies importées elles mêmes, mais plutôt à l'adaptation et l'appropriation de ces technologies. À cet égard, nous pensons que le développement d'un système national de recherche scientifique et d'innovation technologique constitue le meilleur gage en vue d'adapter et d'approprier les technologies importées.

Par ailleurs, notre résultat général sur les effets de l'innovation sur l'emploi au niveau du secteur industriel ne peut pas être transposé tel quel au niveau macroéconomique. Une vision globale doit prendre en compte le secteur des services. A cet effet, un premier développement de ce travail peut être, tout d'abord, par l'élargissement de notre étude au secteur tertiaire. Ensuite, nous pourrions aller plus avant dans la décomposition de la main-d'œuvre en distinguant la main-d'œuvre qualifiée et la main-d'œuvre non qualifiée. Il serait pertinent de déterminer les effets de la diffusion des innovations technologiques sur la demande de la main d'œuvre par qualification. Cette étude fera l'objet de chapitre suivant (chapitre V).



## INNOVATIONS TECHNOLOGIQUES ET DEMANDE DE LA MAIN D'ŒUVRE PAR QUALIFICATION : UNE ANALYSE AU NIVEAU DES INDUSTRIES TUNISIENNES<sup>69</sup>

---

Depuis le milieu des années 1980, la Tunisie a poursuivi une libéralisation graduelle du commerce et des mouvements de capitaux, qui a eu pour résultat une intégration croissante dans l'économie. Dans ce contexte, les analyses d'Edward (1988) donnent à penser que, dans les pays en développement (en l'occurrence la Tunisie) où la main-d'œuvre non-qualifiée est le facteur abondant, l'ouverture commerciale contribue à une augmentation de la demande de la main-d'œuvre non-qualifiée relativement à la main d'œuvre qualifiée. Le théorème de Stolper-Samuelson prévoit que l'ouverture au commerce international conduit à des changements dans la structure de l'emploi entre les branches.

Cependant, notre analyse de l'évolution de différentes catégories d'emplois durant la période 1997-2006 (voir section1) montre que, ni l'une ni l'autre des deux conséquences du commerce international ne sont vérifiées dans le cas du secteur manufacturier tunisien. Premièrement, nous constatons, que le rapport entre le nombre de travailleurs qualifiés et le nombre de travailleurs sans qualifications avait augmenté<sup>70</sup>. Deuxièmement, nous montrons que les changements dans la structure de l'emploi en faveur des travailleurs qualifiés sont dominés par une mobilité intra-branche plutôt que par une mobilité inter-branche. Sur la base de ce double constat, une hypothèse alternative à l'idée du commerce international peut être conçue, celle du progrès technologique biaisé en faveur des travailleurs qualifiés : **Y a-t-il un biais technologique en faveur les travailleurs qualifiés?** D'ailleurs, bien que sans la

---

<sup>69</sup> Ce chapitre est inspiré d'une publication dans la *Revue européenne de droit social* (Saafi, 2009) et d'un document de travail paru dans les cahiers de LAB-RII (Saafi et Sboui, 2011).

<sup>70</sup> Ce constat rejoint l'évidence empirique qui montre que, dans un ensemble des pays en développement (PED), la part des travailleurs qualifiés dans l'emploi aurait progressé plutôt que diminué malgré la croissance de leur salaire relatif (Wood, 1997 ; Hanson et Harisson., 1999)

confirmer, cette hypothèse a déjà été mise en avant par Mouelhi (2007). Ainsi, en examinant l'effet de la libéralisation commerciale sur la demande de la main-d'œuvre par qualification pour un échantillon de 660 entreprises manufacturières tunisiennes durant la période 1983-1994, l'auteur avance que la thèse de biais technologique pourrait être donnée comme une explication possible de l'augmentation de la demande de la main-d'œuvre qualifiée au niveau des firmes exportatrices. La réduction des tarifs douaniers, ainsi que la concurrence étrangère stipule ces dernières à importer les nouvelles technologies, et donc pourrait augmenter la demande du travail qualifié.

L'objectif de ce chapitre est de tester l'hypothèse de « biais technologique » au niveau du secteur industriel tunisien. Au-delà, l'objectif de cette étude est de savoir si les changements dans la composition de la main-d'œuvre induisent-ils des créations, des destructions d'emplois ou les deux à la fois. Notre étude se situe dans la lignée des travaux qui se sont intéressés aux effets de la diffusion de technologies, à travers différents canaux<sup>71</sup>, sur la demande de la main-d'œuvre qualifiée dans le cas des PED (Robins, 1996 ; Mayer, 2001 ; Berman et Machin, 2000 ; Conte et Vivarelli, 2007 ; Feenstra et Hanson, 1997 ; Maximin, 2003). Appliquée au cas tunisien, l'étude empirique proposée ici présente trois originalités. La première tient à la prise en compte des coûts d'ajustement. La deuxième originalité tient à la mesure de l'innovation. La troisième originalité tient à la nature de données utilisées.

La suite de ce chapitre est organisée comme suit : la section 2 présente une analyse de l'évolution de différentes catégories d'emploi au niveau de secteur industriel tunisien. Au niveau de la troisième section, nous exposons le modèle économétrique. La troisième section présente les données utilisées. Dans une dernière section, à travers les résultats d'estimation, nous discutons les effets de la diffusion des innovations technologiques sur la demande de différentes catégories d'emploi.

## **1. Evolution des différentes catégories d'emplois sur la période 1997-2006 : Faits stylisés**

Notre champ d'analyse est le secteur industriel tunisien sur la période 1997-2006. En fait, ce secteur occupe, aujourd'hui, une place centrale dans l'économie

---

<sup>71</sup> La littérature empirique relative à ce thème propose deux principaux canaux de la diffusion technologique dans les PED : importation des biens d'équipement (Robins, 1996 ; Mayer, 2001 ; Conte et Vivarelli, 2007); investissement direct étranger (Feenstra et Hanson, 1997 ; Maximin, 2003).

tunisienne. La part des industries manufacturières dans le PIB a évolué de 6% pendant les années 1961-1963 à près de 21% durant la période 2000-2004. La valeur de la production des industries manufacturières a atteint, en 2006, 29,2 milliards de dinars contre 19,6 milliards de dinars en 2000 ; soit un taux de croissance annuel moyen de 7%. La valeur ajoutée a représenté, en 2006, 31% de la valeur de la production. En 2005, le tissu industriel de la Tunisie compte 5468 entreprises ayant un effectif supérieur ou égal à 10 dont 2 360 sont totalement exportatrices. Le secteur de textile et habillement représente 38% de l'ensemble des industries manufacturières suivi du secteur d'agroalimentaire avec 17%.

### **1.1. Une réorientation vers la demande de la main-d'œuvre qualifiée**

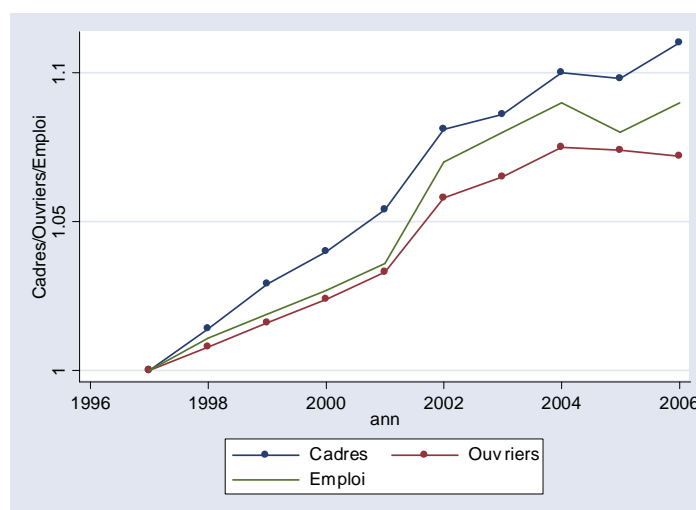
S'inspirant de la théorie du capital humain de Becker (1964), Lucas (1988) montre que l'éducation est l'une des principales sources d'accumulation du capital humain (ou d'acquisition des qualifications). Par ailleurs, Mincer (1993) avance que, l'école n'est pas plus une méthode exclusive qu'une méthode suffisante pour former la main-d'œuvre. Elle représente la fin d'une première étape d'acquisition d'un savoir global et le début d'une période d'acquisition d'un savoir plus spécialisé, de compétences techniques, après l'entrée dans la vie active. Cette seconde étape, la formation dans la production, prend plusieurs formes : processus d'apprentissage informels liés à l'expérience dans la production (« learning-by-doing » à la Arrow, 1962), processus d'apprentissage formels tels les programmes ponctuels de formation mis en place au sein des entreprises soit par l'entreprise elle-même soit par un organisme privé sur demande de l'entreprise, les programmes de formation continue au sein de l'appareil productif.

D'une manière traditionnelle, la qualité de la main-d'œuvre ou qualification dépend du capital humain, qui est fonction de la formation reçue et de l'expérience professionnelle (Duguet et Greenan, 1997). Nous ne disposons pas de mesure directe de ces deux dimensions de capital humain. En revanche, les données disponibles sur la structure d'emplois en apportent une mesure synthétique puisqu'elle ventile les effectifs selon 4 catégories socioprofessionnelles: cadres supérieurs, cadres moyens, ouvriers techniques et ouvriers administratifs. Bien qu'encore assez simple, cette classification permet de passer l'opposition traditionnelle entre « cols blancs/cols bleus » (ou « production worker/non production worker »). Derrière cette ventilation,

on distingue implicitement deux regroupements de niveau hiérarchique : les cadres et les ouvriers. Nous considérons ces deux catégories comme étant équivalentes à une subdivision entre travailleurs qualifiés et non qualifiés.

La figure (5.1) montre que l'emploi total n'a cessé d'augmenter durant la période 1997-2006. L'augmentation de l'emploi peut être expliquée par deux raisons ; le rôle dominant du secteur de textile et de l'habillement, un secteur qui occupe une place importante dans l'économie tunisienne en termes de création d'emploi. La création d'emplois de ce secteur était en moyenne de l'ordre de 9562 par an entre 1997 et 2006. Il représente 39% de l'emploi industriel en 2006. La deuxième raison est liée à l'augmentation de l'activité féminine, où sa part dans l'emploi est passée de 28% en 1997 à environ 47% en 2006.

**Figure 5.1 : Évolution de différentes catégories d'emplois sur la période 1997-2006 (1997=1)**



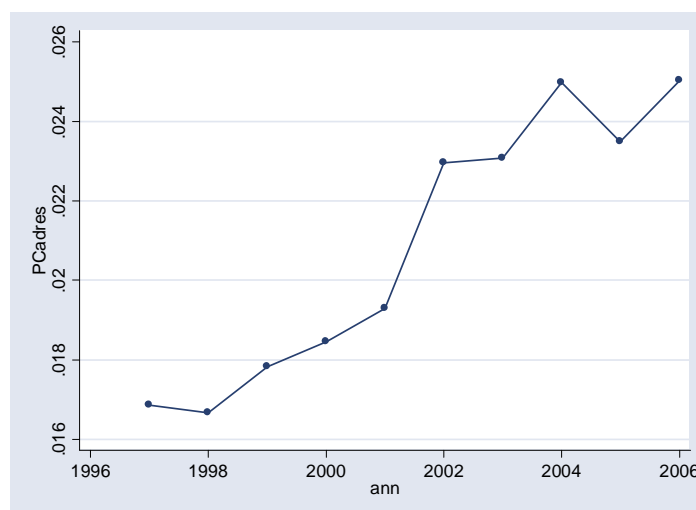
Source : auteur sur la base de données de l'Agence de Promotion de l'Industrie.

\* les chiffres sont en différences logarithmiques (1997=1)

Deux facteurs fondamentaux, à savoir la maîtrise de leur fécondité et leur accès au même titre que les hommes à l'éducation, d'une part, ont fait que la part des femmes dans la population active totale augmente et que leur accès au marché de travail devient plus important. D'autre part, la pression des besoins sur les ménages entraîne une accélération de la progression du taux d'activité des femmes. Ces besoins dus à un profond bouleversement des normes de consommation, alimentaires ou

autres, sont de plus en plus difficiles à satisfaire au sein d'un ménage avec un seul revenu.

**Figure 5. 2 : Évolution de la part de main-d'œuvre qualifiée dans l'emploi total durant la période 1997-2006**



Source : auteur sur la base de données de l'Agence de Promotion de l'Industrie.

On observe également que c'est le contingent de cadres qui croit le plus fortement (+10%). Tans disque l'évolution des ouvriers est de l'ordre de (+5%). D'une manière générale, une substitution progressive de la main-d'œuvre qualifiée à celle peu qualifiée a eu lieu dans presque toutes les branches du secteur industriel. Le graphique (5.2) illustre que la part de la main-d'œuvre qualifiée dans l'emploi total a enregistré une augmentation en passant de 1,6% en 1997 à environ 2,5% en 2006.

Toutefois, il convient de signaler que la part des cadres restait encore relativement faible. Elle ne présente que 2,5% de l'effectif du secteur industriel en 2006. En fait, ce sont justement les secteurs exportateurs à savoir, les industries agroalimentaires, les industries chimiques et les industries électriques, électronique et de l'électroménager qui ont été les plus créateurs de la main d'œuvre qualifiée. Les industries de textile et l'habillement sont par nature peu utilisatrices de la main-d'œuvre qualifiée. En ce qui concerne les industries travaillant pour le marché local, faisant face à la pénurie et profitant d'un système protecteur et d'une situation de monopole, elles avancent le critère de la quantité sur celui de la qualité et, par suite, elles ne demandent qu'en une moindre mesure de la main-d'œuvre qualifiée. Aussi, la



taille de ces entreprises n'est pas assez grande pour recruter des ingénieurs et des cadres supérieurs.

## 1.2. L'augmentation de la part de la main-d'œuvre qualifiée : mouvements intra ou inter-sectorielles?

Berman et al. (1994) proposent une décomposition du changement global dans la proportion de la main-d'œuvre qualifiée. La méthode proposée par les auteurs cherche à savoir si les changements dans la structure de l'emploi en faveur les travailleurs qualifiés sont attribués à des mouvements intra-sectorielles ou bien à des mouvements inter-sectorielles. Formellement, le changement dans la proportion de la main-d'œuvre qualifiée,  $\Delta P$ , pour une période de temps donné s'écrit comme :

$$\Delta P = \sum_i \Delta S_i \bar{P}_i + \sum_i \Delta P_i \bar{S}_i$$

où  $P_i = L_q/L_i$  est la proportion des employés qualifiés dans l'industrie  $i$  et  $S_i = L_i/L$  est la part de l'emploi de l'industrie  $i$  dans l'emploi total.  $\bar{P}_i$  et  $\bar{S}_i$  désignent respectivement la moyenne de  $P_i$  et  $S_i$ . Le premier terme de la formule reflète le changement de la proportion de la main-d'œuvre qualifiée attribué à des mouvements inter-branches. Le deuxième terme reflète le changement de la proportion de la main-d'œuvre qualifiée attribué à des mouvements intra-branches.

**Tableau 5. 1: Changement dans la part de la main-d'œuvre qualifiée entre 1997 et 2006**

	Changement Intra-sectorielles	Changement Inter-sectorielles
Hommes	0,009	-0,0023
Femmes	0,006	-0,0022
Total	0,015	-0,0045

Si le théorème de Stolper-Samuelson prévoit que l'ouverture au commerce international conduit à des changements dans la structure de l'emploi entre les branches. Il ressort de ce tableau que, les changements dans la structure de l'emploi en faveur des travailleurs qualifiés, pour les hommes aussi bien que pour les femmes,

sont dominés par des mouvements intra-branches plutôt que par des mouvements inter-branches.

Pour conclure, notre analyse de l'évolution de différentes catégories d'emplois durant la période 1997-2006 fait ressortir deux constats. Premièrement, nous remarquons, que le rapport entre le nombre de travailleurs qualifiés et le nombre de travailleurs sans qualifications avait augmenté. Deuxièmement, nous montrons que les changements dans la structure de l'emploi en faveur des travailleurs qualifiés sont dominés par une mobilité intra-sectorielle plutôt que par une mobilité inter-sectorielle.

## 2. Méthodologie économétrique

Comme dans le chapitre (4), la stratégie utilisée pour étudier les effets de l'innovation technologique sur la demande de l'emploi par qualification s'appuie sur une modélisation Cobb Douglas :

$$Y_{it} = A^\gamma K_{it}^\alpha L_{it}^\beta$$

Où  $Y$  est la production réelle,  $K$  est le stock de capital,  $L$  est l'unité de travail utilisé.  $\alpha$  et  $\beta$  représentent la part de facteurs de production;  $\gamma$  tient compte des facteurs qui affectent l'efficacité de procédé de fabrication (Milner et Wright, 1998).

Les facteurs considérés ici sont liés au progrès technologique. À la manière de (Hu et al, 2005; Bin, 2008), nous supposons que le paramètre  $A$  varie au cours du temps de la manière suivante :

$$A_{it} = e^{f(TECH, BREV, RD, IDE) + \sum_t \gamma_t D_t + \sum_i \mu_i D_i}$$

Où  $TECH$ , valeur de technologies importées ;  $BREV$ , stock de brevets,  $RD$ , dépenses en  $R\&D$ ;  $IDE$ , le flux entrant de l'investissement direct étranger.  $D_t$  et  $D_i$  sont des variables Dummy associées respectivement aux années et aux secteurs d'activités. La fonction  $f(.)$  inclut le logarithme de différents indicateurs de la diffusion technologique ainsi que les termes d'interaction de ces indicateurs (Hu et al., 2005 ; Bin, 2008).

Cependant l'hypothèse de l'homogénéité de la main-d'œuvre est trop restreinte. En particulier, les industries emploient souvent des employés qualifiés et non

qualifiés. La dispositions de données concernant les différents catégories d'employés rend l'estimation des modèles désagrégés de la demande de travail possible (Bresson et al., 1992).

La fonction de production peut s'écrire sous la forme:

$$Y_{it} = f(K_{it}, L_{it}^q, L_{it}^{nq}, A_{it})$$

$L_{it}^q$  est le nombre des employés qualifiés,  $L_{it}^{nq}$  est le nombre des employés non-qualifiés.

Afin de maximiser leurs profits, les industries déterminent les niveaux optimums d'emplois qualifiés et autres non qualifiés. Dans notre cas, ils dépendent, de la production, du stock du capital, des salaires relatifs ( $w_{it}^q/w_{it}^{nq}$ ) de deux catégories d'emplois et de l'effet progrès technologique. Notons que, les salaires relatifs par catégories ne sont pas disponibles dans notre base de données. Suivant (Berman et al., 1994 ; Machin et Van Reenen, 1998), nous supposons que les salaires relatifs sont constants au cours du temps et changent seulement entre les secteurs. Cette hypothèse se justifie, comme le souligne Walcowiak (2006), par le fait qu'à l'exception du Royaume-Uni, il semble que le changement technologique affecte essentiellement la structure des qualifications (Mairesse *et al.*, 2001 ; Bratti et Matteucci, 2004). L'absence de données sur les salaires par qualification pose une limite à notre analyse. Néanmoins, à l'instar de (Mouelhi, 2007), nous comptons sur les effets spécifiques des secteurs, représentés par le terme  $D_i$ , et des effets spécifiques du temps (variables dummy  $D_t$ ) pour capter les variations des salaires relatifs.

Les fonctions de demande de travail pour les deux catégories de qualification sont de la forme suivante :

$$L_{it}^q = f(Y_{it}, K_{it}, A_{it})$$

$$L_{it}^{nq} = f(Y_{it}, K_{it}, A_{it})$$

Cependant, les industries, lorsqu'elles s'affrontent à un changement dans leur environnement, en particulier, le progrès technologique, n'ajustent pas nécessairement immédiatement leurs niveaux d'emplois à cause de la présence des coûts d'ajustement

(Borrego, 1998). En fait, le progrès technique induit pour l'entreprise un coût d'ajustement ou d'adaptation (Stankiewicz, 2004). Ce dernier englobe les coûts de la formation formelle (dont le prototype est le « stage ») mais aussi les coûts correspondant à toutes les autres formes possibles d'apprentissage : formation en situation de travail, formation informelle « sur le tas » assistée par les supérieurs hiérarchiques ou les pairs, participation à des réunions ou à des conférences, auto-formation (par exemple, assimilation d'un manuel de procédures, etc.), qui comportent un coût pour l'entreprise.

Pour tenir compte de ce phénomène, nous utilisons un processus d'ajustement dynamique qui peut être représenté pour les deux catégories d'emplois comme :

$$L_{it}^q - L_{it-1}^q = \lambda^q (L_{it}^{q*} - L_{it-1}^q)$$

$$L_{it}^{nq} - L_{it-1}^{nq} = \lambda^{nq} (L_{it}^{nq*} - L_{it-1}^{nq})$$

$L_{it}^q$  et  $L_{it}^{nq}$  sont respectivement le nombre d'emplois observés des employés qualifiés et non-qualifiés.  $L_{it}^{q*}$  et  $L_{it}^{nq*}$  sont les niveaux d'emplois optimum de deux catégories de la main-d'œuvre.  $\lambda^q$  et  $\lambda^{nq}$  représentent les paramètres d'ajustement. Pour raisons de simplicité, à la manière de Bresson et al. (1992), nous supposons que les coûts d'ajustement sont symétriques et quadratiques.

Ainsi, les équations d'emplois de deux catégories de la main-d'œuvre estimées sur données de panel sont de la forme :

$$\begin{aligned} \ln L_{it}^q &= (1 - \lambda^q) \ln L_{it-1}^q + \lambda^q \beta_1^q \ln Y_{it} + \lambda^q \beta_2^q \ln K_{it} + \lambda^q f(TECH, BREV, RD, IDE) \\ &+ \lambda^q \sum_t \gamma_t D_t + \lambda^q \sum_i \mu_i D_i + \varepsilon_{it} \end{aligned} \tag{5.1}$$

$$\begin{aligned} \ln L_{it}^{nq} &= (1 - \lambda^{nq}) \ln L_{it-1}^{nq} + \lambda^{nq} \beta_1^{nq} \ln Y_{it} + \lambda^{nq} \beta_2^{nq} \ln K_{it} + \lambda^{nq} f(TECH, BREV, RD, IDE) \\ &+ \lambda^{nq} \sum_t \gamma_t D_t + \lambda^{nq} \sum_i \mu_i D_i + \varepsilon_{it} \end{aligned} \tag{5.2}$$

### **3. Données statistiques et variables utilisées**

Nous commençons dans la section suivante par une présentation générale de données. Nous décrivons, ensuite, les variables utilisées dans notre étude.

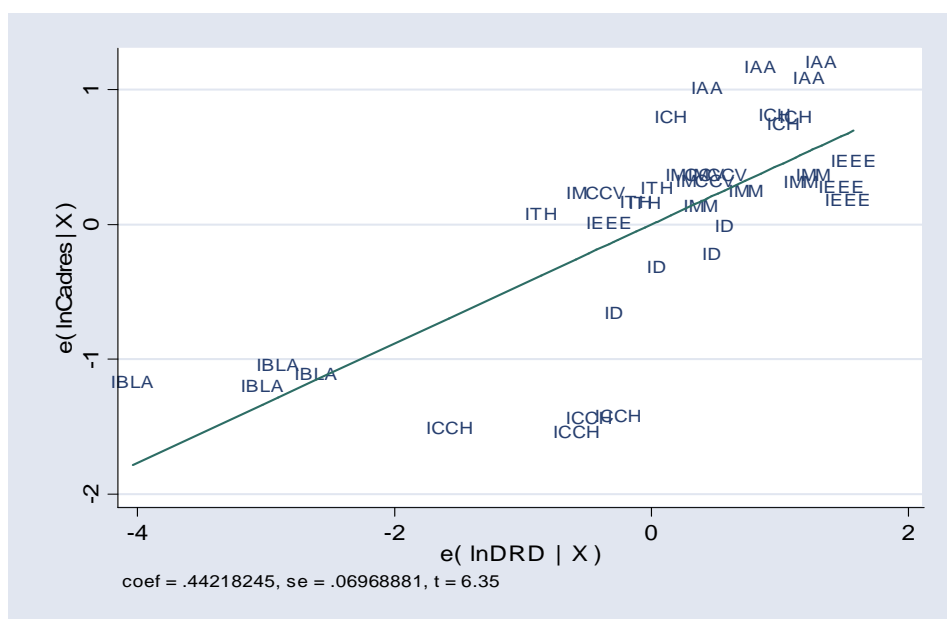
#### **3.1. Sources de données utilisées**

En plus des données décrites auparavant, les données utilisées dans cette étude sont issues du Ministère de la recherche scientifique, de la Technologie et du Développement des compétences (MRSTDC) et de la base de données de l'Agence de Promotion des Investissements Étrangers en Tunisie (FIPA). Le but est de construire une base de données industrielle, de marché du travail et des indicateurs de l'innovation technologique.

#### **3.2. Mesures des variables**

**Les dépenses en R&D (RD%)** est le ratio des dépenses en Recherche et Développement (R&D) sur la valeur ajoutée. Etant donné les problèmes rencontrés dans la collecte des données relatives aux dépenses sectorielles en R&D, nous avons pensé de combiner les données agrégées des dépenses en R&D et les résultats de l'enquête, « Les dépenses de R&D et d'innovation des entreprises en Tunisie ». Cette enquête a été menée par le Ministère de la Recherche Scientifique, de la Technologie et du Développement des Compétences. Elle concerne les entreprises manufacturières qui, durant au moins l'une des trois années (2002–2003–2004), ont entrepris des activités de R&D ou d'innovation. L'information essentielle retenue dans cette enquête est celle de la distribution du pourcentage de la dépense de R&D par secteur entre 2002 et 2004. La répartition des dépenses globales de R&D par secteur montre que le secteur Industries électriques, électronique et de l'électroménager présente la part la plus grande (22,79%) suivi du secteur agroalimentaire (17,79) et Industries mécaniques et métallurgiques (16,61). Par ailleurs, en appariant la distribution du pourcentage de la dépense de R&D par secteur et les données agrégées de R&D, nous avons pu calculer les dépenses de R&D par secteur pour les années 2002,2003 et 2004. Pour les autres années nous avons retenu la moyenne du pourcentage de chaque secteur durant les trois années. Le graphique (5.3) montre que la corrélation entre la main-d'œuvre qualifiée et les dépenses de R&D est positive.

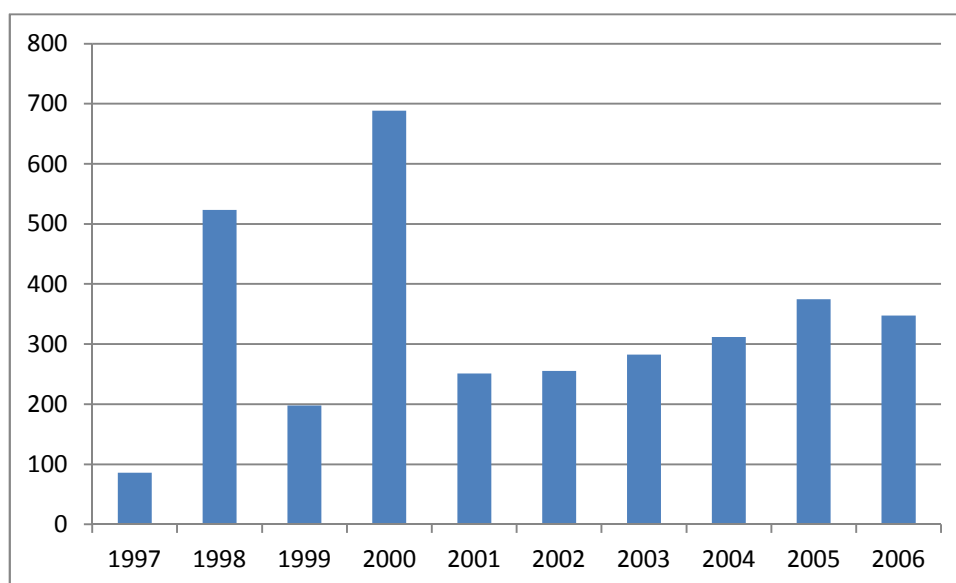
**Figure 5.3 : Corrélation entre les dépenses en R&D et la main-d'œuvre qualifiée**



Source : auteur sur la base de données de MRSTDC

**L'investissement direct étranger (IDE%)** désigne le ratio du flux d'entrée d'IDE sur l'investissement total réalisé dans chaque secteur  $i$  à la date  $t$ . Une simple analyse des flux de l'IDE en Tunisie montre que ces derniers ont connu une forte progression, passant de 402,9 en 1997 à 4402,9 million de dinars en 2006. Si la majeure partie de ces flux était concentrée dans le secteur énergétique, il s'avère que depuis 1997 le secteur industriel est devenu plus attractif. Les flux destinés à ce secteur, comme l'illustre le graphique (5.4) sont passés de 85,7 en 1997 à 347,4 millions de dinars en 2006.

**Figure 5. 4 : Évolution des entrées d'IDE dans le secteur manufacturier tunisien**



Source : auteur sur la base de données de la FIPA

#### **4. Résultats et interprétations**

Les résultats empiriques sont basés sur les estimations des équations d'emplois discutés précédemment. Les variables dépendantes sont respectivement le nombre des employés qualifiés (modèle 5.1) et celui des employés non qualifiés (modèle 5.2). Les variables indépendantes incluent le stock du capital, la valeur ajoutée et les indicateurs de la diffusion de l'innovation technologique. Toutes les variables sont exprimées en logarithme. Les résultats du premier modèle sont indiqués dans le tableau (5.2) et ceux du second dans le tableau (5.3).

##### **4.1. Estimation des effets de la diffusion technologique sur la demande de la main-d'œuvre qualifiée**

Les résultats des estimations du modèle (5.1) sont présentés dans le tableau (5.2). La première estimation évalue les effets des différentes variables explicatives sur le logarithme du niveau d'emploi. Quant aux sept dernières (de 2 à 8), elles mesurent les effets des interactions entre l'importation des biens d'équipement, les

brevets, les dépenses en R&D, l'IDE et l'exportation. Quelle que soit la spécification retenue, le test de sur-identification de Sargan n'indique aucun problème en ce qui concerne la validité des variables instrumentales. En outre, le non-rejet de l'hypothèse nulle d'absence d'autocorrélation de second ordre attesté par une statistique non significative apporte une nouvelle justification à la spécification du modèle.

Les résultats affichés dans le tableau (5.2) inspirent les cinq commentaires suivants :

– premièrement, le coefficient de la variable dépendante retardée est positif et significatif au seuil de 1%. La vitesse d'ajustement est de l'ordre de 0,25 ce qui signifie que les industries ajustent 25 % de leurs déviations de l'optimalité en un an. Ce lent ajustement va de pair avec les imperfections de marché du travail tunisien indiquées précédemment. Cependant, cette valeur est supérieure à celle trouvée par Mouelhi (2007), qui était de l'ordre de 0,12 pour la période (1983-1994). Dès lors, il est probable que la modération, introduite dans les réformes du Code du travail en 1994 et 1996 a élargi la marge d'ajustement des entreprises tunisiennes.

– deuxièmement, les estimations font apparaître un effet positif et statistiquement significatif de technologies importées sur la demande de la main-d'œuvre qualifiée de l'industrie manufacturière tunisienne. En fait, une augmentation de 1% de la valeur de technologies importées s'accompagne d'une augmentation de la demande de la main-d'œuvre qualifiée de 0,12%. Ce résultat correspond à celui obtenu dans d'autres pays par un certain nombre d'études (Robins, 1996 ; Berman et Machin, 2000 ; Conte et Vivarelli, 2007). Les dépenses de R&D et les brevets ont un effet positif mais statistiquement non significatif. Ceci est du, mais pas exclusivement, à ce que tout d'abord les activités de R&D des entreprises tunisiennes sont non structurées, la R&D est entreprises d'une manière occasionnelle (MRSTDC, 2005). Ensuite, près de 80% des brevets déposés par les résidents sont à titre individuel mettant en perspective l'absence quasi totale de collaboration entre chercheurs, laboratoires de recherche et entreprises (Chellouf et al., 1999). En fin, et dans une moindre mesure, une grande partie des brevets déposés à l'INNORPI sont d'origine étrangère.



**Tableau 5. 2 : L'effet de la diffusion de technologies sur la demande de la main-d'œuvre qualifiée**

Variable dépendante : logarithme de la main-d'œuvre qualifiée

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
$\ln L_{it-1}^q$	0,744*** (10,57)	0,771*** (10,38)	0,744*** (10,29)	0,754*** (10,45)	0,743*** (10,39)	0,762*** (10,24)	0,746*** (9,48)	0,751*** (10,59)
LnTECH	0,126* (1,78)	0,134* (1,87)	0,125* (1,73)	0,100 (1,34)	0,125* (1,69)	0,135* (1,78)	0,143* (1,80)	0,121* (1,70)
LnBREV	0,016 (0,92)	0,023 (1,27)	0,017 (1,03)	0,014 (0,84)	0,015 (0,68)	0,015 (1,43)	0,016 (1,40)	0,015 (1,11)
LnRD	0,021 (1,21)	0,029 (1,53)	0,026 (0,76)	0,036 (0,66)	0,002 (0,06)	0,027 (0,94)	0,030 (1,38)	0,047 (1,28)
LnIDE	0,027*** (2,82)	0,032** (2,12)	0,026** (2,32)	0,024* (1,69)	0,026** (2,13)	0,024** (2,58)	0,033** (2,05)	0,030* (2,00)
LnVA	0,278* (1,96)	0,295** (2,58)	0,246** (2,14)	0,245** (2,39)	0,243** (2,32)	0,235** (2,31)	0,227** (2,21)	0,232*** (2,97)
LnK	0,206* (1,80)	0,211* (1,93)	0,213* (2,00)	0,214** (2,19)	0,215** (2,18)	0,216** (2,31)	0,209* (1,99)	0,220*** (2,93)
LnTECH*LnBREV		0,090* (1,79)						0,086* (1,77)
LnTECH*LnRD			0,035 (1,03)					0,040 (1,15)
LnTECH*LnIDE				0,048*** (3,14)				0,060*** (3,28)
LnBREV* LnRD					0,014* (1,70)			0,012 (1,28)
LnBREV* LnIDE						0,005 (0,71)		0,001 (0,59)
LnRD*LnIDE							0,003 (0,42)	0,015 (0,45)
Années Dummies	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui
Secteurs Dummies	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui
Test de Sargan	60,07 (0,437)	56,51 (0,531)	59,10 (0,435)	56,42 (0,534)	59,20 (0,432)	58,71 (0,449)	58,83 (0,445)	48,57 (0,647)
Test AR(1)	-2,78 (0,006)	-2,79 (0,005)	-2,81 (0,005)	-2,84 (0,004)	-2,79 (0,005)	-2,89 (0,004)	-2,95 (0,003)	-2,93 (0,003)
Test AR(2)	-0,27 (0,790)	-0,34 (0,733)	-0,27 (0,791)	-0,30 (0,765)	-0,26 (0,798)	0,01 (0,992)	-0,04 (0,965)	-0,13 (0,899)

Les valeurs entre parenthèses sont les statistiques de Student

\*\*\*: le coefficient est significatif à un risque d'erreur de 1 %.

\*\* : le coefficient est significatif à un risque d'erreur de 5 %.

\* : le coefficient est significatif à un risque d'erreur de 10 %.

– troisièmement, pour ce qui est de l'effet de l'IDE, les résultats obtenus montrent qu'une augmentation du ratio investissements directs étrangers sur l'investissement total de 1 % implique une augmentation de 0,030 % de la demande de travailleurs qualifiés. Ce résultat n'est pas surprenant dans la mesure où l'un des effets attendus de l'implantation des entreprises étrangères dans les pays en développement réside dans

l'amélioration de la qualité de la main-d'œuvre et des conditions du travail (Bouoiyour et al., 2009). La présence des firmes étrangères est susceptible d'influencer positivement les ressources humaines en encourageant une éducation de qualité, en fournissant de nouveaux procédés et en intégrant des nouvelles technologies. De même, il est souvent admis que l'entrée des IDE peut favoriser la diffusion des connaissances technologiques. Pour un pays comme la Tunisie, où les IDE sont essentiellement de type vertical (Karray et Driss, 2009), l'apprentissage et la diffusion technologique se font moins sur les produits (Rezgui, 2004), mais plutôt via les travailleurs et à travers les différentes relations amont-aval entre les entreprises étrangères et les firmes locales. La présence des externalités liées aux IDE peut donc se manifester par une stratégie d'embauche des travailleurs qualifiés dans les entreprises locales ou étrangères.

– quatrième, la variable capital (K) présente un coefficient positif et significatif dans toutes les spécifications. Ce qui confirme la thèse de complémentarité du travail qualifié avec le capital de Griliches (1969).

– cinquième, les estimations font apparaître que l'interaction entre l'importation des biens d'équipement et les brevets est positive et significative en termes de la demande de la main-d'œuvre qualifiée. En effet, une augmentation de la variable d'interaction TECHBREV accroît le niveau d'emploi qualifié de 0,08% (régression 2, régression 8). Ce résultat implique que la diffusion des innovations locales (brevets) influence positivement et indirectement la demande de l'emploi qualifié à travers leur interaction avec les technologies importées. Ceci peut être expliqué par le fait que, en Tunisie, les brevets portent essentiellement sur des adaptations et des améliorations des procédés de fabrication importés. Il apparaît donc que la complémentarité entre les brevets et les technologies importées stimule la demande de la main-d'œuvre qualifiée. Ce résultat pourrait indiquer le rôle primordial que joue la nature de capital humain dans l'assimilation des connaissances étrangère (Benhabib et Spiegel, 1994 ; Mayer, 2001b).

#### **4.2. Estimation des effets de la diffusion technologique sur la demande de la main-d'œuvre non qualifiée**

On trouvera, dans le Tableau (5.3), les résultats d'estimation de l'équation d'emploi relative à la main-d'œuvre non qualifiée. Il en ressort les trois commentaires suivants :

- d'abord, à l'exception de la régression 3, dans toutes les autres régressions, la demande globale de produits (approchée par la valeur ajoutée) exerce un effet positif sur le niveau d'emploi. Il en est ainsi parce que l'augmentation de la valeur ajoutée implique un revenu plus élevé conduisant naturellement à une consommation plus importante. Celle-ci est souvent nécessaire pour la création des emplois.
  
- ensuite, concernant l'effet de l'IDE sur la demande de la main-d'œuvre non qualifiée, il est positif et significatif quelque soit la spécification retenue. Ceci n'est peut-être pas surprenant étant donné qu'une partie assez importante des IDE en Tunisie s'orientent en priorité vers les secteurs à faible contenu technologique et intensifs en main-d'œuvre non qualifiée comme le textile, la confection ou les opérations d'assemblage. En fait, à la fin de l'année 2006, le nombre d'entreprises étrangères et les emplois créés dans le secteur textile habillement représente environ la moitié de l'ensemble des emplois créés par les IDE dans l'industrie manufacturière.

**Tableau 5.3 : L'effet de la diffusion de technologies sur la demande de la main-d'œuvre non qualifiée**

Variable dépendante : logarithme de la main-d'œuvre non qualifiée

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
$\ln L_{it-1}^{nq}$	0,580*** (8,10)	0,607*** (8,07)	0,580*** (7,86)	0,578*** (7,51)	0,586*** (7,73)	0,606*** (8,05)	0,580*** (7,56)	0,569*** (6,75)
LnTECH	-0,080** (-2,12)	-0,089*** (-3,09)	-0,082*** (-2,90)	-0,086*** (-3,00)	-0,090*** (-3,13)	-0,090*** (-3,10)	-0,087*** (-2,99)	-0,085*** (-2,82)
LnBREV	0,008 (0,47)	0,008 (0,30)	0,008 (0,68)	0,007 (0,56)	-0,09 (-0,58)	0,021 (1,09)	0,010 (0,81)	0,013 (0,37)
LnRD	-0,013 (-1,42)	-0,036 (-1,40)	-0,040 (-1,58)	-0,038 (-1,48)	-0,013 (-0,31)	-0,024 (-0,54)	-0,029 (-0,64)	-0,012 (-0,30)
LnIDE	0,127*** (3,42)	0,107*** (3,99)	0,092*** (3,42)	0,111*** (4,09)	0,090*** (3,14)	0,107*** (3,99)	0,119*** (4,29)	0,072** (2,09)
LnVA	0,205** (2,37)	0,208*** (2,78)	0,132 (1,66)	0,188** (2,53)	0,210*** (2,84)	0,193** (2,60)	0,208*** (2,80)	0,242*** (3,02)
LnK	0,198*** (2,71)	0,202** (2,44)	0,196* (1,86)	0,203** (2,08)	0,204** (2,33)	0,201** (2,29)	0,201** (2,30)	0,186* (1,81)
LnTECH*LnBREV		-0,024 (-0,67)						-0,041 (-0,17)
LnTECH*LnRD			-0,028* (-2,09)					-0,019* (-1,76)
LnTECH*LnIDE				0,023 (0,75)				0,047 (0,69)
LnBREV* LnRD					-0,007 (-1,58)			0,003 (0,36)
LnBREV* LnIDE						0,057 (1,30)		0,052* (1,81)
LnRD*LnIDE							0,015* (1,77)	0,011 (1,02)
Années Dummies	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui
Secteurs Dummies	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui
Test de Sargan	52,07 (0,727)	50,56 (0,745)	51,70 (0,707)	51,61 (0,710)	49,14 (0,790)	50,16 (0,758)	47,68 (0,831)	42,48 (0,849)
Test AR(1)	-3,14 (0,002)	-3,17 (0,002)	-3,13 (0,002)	-2,84 (0,004)	-3,22 (0,001)	-3,19 (0,001)	-3,06 (0,002)	-3,17 (0,002)
Test AR(2)	-0,55 (0,582)	-0,40 (0,686)	-0,60 (0,547)	-0,30 (0,765)	-0,46 (0,649)	-0,38 (0,707)	-0,91 (0,362)	-0,63 (0,525)

Les valeurs entre parenthèses sont les statistiques de Student

\*\*\*: le coefficient est significatif à un risque d'erreur de 1 %.

\*\* : le coefficient est significatif à un risque d'erreur de 5 %.

\* : le coefficient est significatif à un risque d'erreur de 10 %.

– enfin, les résultats obtenus montrent que les coefficients de la variable relative au stock de capital, comme dans la première équation, sont positifs et statistiquement significatifs. Mais les valeurs de ces coefficients sont inférieures à celles trouvées dans la première spécification. Ce résultat rejoint les travaux de recherche qui relient l'emploi des qualifications dans les PED à l'hypothèse de complémentarité entre le capital et la main-d'œuvre qualifiée (Goldin et Katz, 1998 ; Flug et Hercowitz, 2000). En revanche, la variable relative à la valeur de technologies importées présente un

coefficient négatif et statistiquement significatif. Ce résultat plaide en faveur l'hypothèse de biais technologique. C'est ce que propose de vérifier la section suivante.

### **4.3. Estimation des effets de la diffusion technologique sur la structure de l'emploi**

Nous tentons maintenant de mesurer l'impact de la diffusion des innovations sur la structure de l'emploi en prenant comme variable dépendante la part d'employés qualifiés dans l'emploi total ( $P^q$ ) : Y a-t-il un changement technologique biaisé en faveur des travailleurs qualifiés ?

Les résultats d'estimations, consignés dans le tableau (5.4), plaident à nouveau, et de manière encore plus significative, en faveur la thèse du biais technologique. En effet, les résultats obtenus montrent que la diffusion des innovations technologiques conduit à une modification permanente de la structure de l'emploi en faveur des travailleurs qualifiés. Par rapport aux différents canaux de la diffusion technologique introduits dans les régressions, il est à remarquer que la diffusion de technologies importées est la source la plus importante de biais favorable aux travailleurs les plus qualifiés. En revanche, bien que positif, l'effet de flux de l'investissement direct étranger est non significatif.

**Tableau 5. 4 : L'effet de la diffusion de technologies sur la structure de qualification**

Variable dépendante : la part d'employés qualifiés dans l'emploi total

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
$P^q_{t-1}$	0,682*** (11,17)	0,695*** (11,07)	0,679*** (10,66)	0,683*** (11,01)	0,680*** (10,73)	0,687*** (11,19)	0,688*** (10,59)	0,692*** (8,40)
LnTECH	0,132** (2,06)	0,137** (2,24)	0,132** (2,04)	0,132** (2,03)	0,135** (2,14)	0,132** (2,06)	0,132** (2,05)	0,157** (2,10)
LnBREV	0,004 (1,17)	0,004 (1,10)	0,004 (1,17)	0,003 (1,00)	0,005 (1,44)	0,005 (1,32)	0,004 (1,11)	0,004 (0,50)
LnRD	0,006 (1,39)	0,007 (1,53)	0,005 (1,13)	0,007 (1,47)	0,005 (1,25)	0,006 (1,50)	0,006 (1,34)	0,006 (1,06)
LnIDE	0,033 (1,09)	0,031 (1,02)	0,030 (0,92)	0,037 (1,17)	0,044 (1,33)	0,034 (1,11)	0,035 (1,10)	0,042 (0,96)
LnVA	0,275** (2,19)	0,272** (2,08)	0,273** (2,03)	0,278** (2,21)	0,289** (2,38)	0,275** (2,18)	0,276** (2,18)	0,288* (1,85)
LnK	0,159** (2,17)	0,157** (2,09)	0,157* (1,99)	0,162** (2,20)	0,170** (2,36)	0,159** (2,18)	0,160** (2,16)	0,171* (1,89)
LnTECH*LnBREV		0,052* (1,87)						0,071* (1,87)
LnTECH*LnRD			0,048 (1,65)					0,060 (1,64)
LnTECH*LnIDE				0,050* (1,71)				0,062 (1,56)
LnBREV* LnRD					0,002 (1,66)			0,004* (1,84)
LnBREV* LnIDE						0,001 (0,91)		0,001 (0,80)
LnRD*LnIDE							0,035 (1,10)	0,042 (0,96)
Années Dummies	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui
Secteurs Dummies	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui
Test de Sargan	51,28 (0,753)	50,01 (0,763)	50,56 (0,745)	59,38 (0,783)	46,18 (0,869)	50,83 (0,736)	49,98 (0,764)	36,23 (0,962)
Test AR(1)	-2,63 (0,008)	-2,61 (0,009)	-2,61 (0,009)	-2,63 (0,009)	-2,77 (0,006)	-2,60 (0,009)	-2,66 (0,008)	-2,92 (0,003)
Test AR(2)	-0,36 (0,722)	-0,35 (0,724)	-0,33 (0,745)	-0,41 (0,683)	-0,31 (0,759)	-0,39 (0,694)	-0,36 (0,716)	-0,03 (0,978)

Les valeurs entre parenthèses sont les statistiques de Student

\*\*\*: le coefficient est significatif à un risque d'erreur de 1 %.

\*\* : le coefficient est significatif à un risque d'erreur de 5 %.

\* : le coefficient est significatif à un risque d'erreur de 10 %.

#### 4.4. Estimation des effets de la diffusion de technologies sur les flux d'emplois

Dans la partie précédente, nous avons souligné que la diffusion des innovations technologiques avait un impact sur la déformation de la structure des qualifications en faveur des travailleurs les plus qualifiés. La question qui se pose est de savoir si ces changements dans la composition de la main-d'œuvre induisent-ils des créations, des destructions d'emplois ou les deux à la fois. L'introduction d'une

technologie peut conduire à recourir à des ressources en main-d'œuvre externe soit à requalifier les emplois internes ou encore les deux solutions. Ainsi, nous proposons de déterminer si le progrès technique biaisé en faveur de la main-d'œuvre qualifiée procède de la destruction d'emplois non qualifiés ou s'il procède de la création d'emplois qualifiés. A cet effet, et dans la lignée de travaux (Greenan et Guellec, 2000 ; Wolcowiak, 2006), nous envisageons de mesurer l'impact de la diffusion des innovations technologiques sur les flux d'emplois en utilisant les indicateurs proposés par Davis et Haltiwanger (1992).

#### 4.4.1. Les variables utilisées

Afin de calculer les indicateurs des flux d'emplois, nous distinguons quatre groupes de qualifications les cadres supérieurs, les cadres moyens, les ouvriers techniques et les ouvriers administratifs. Pour chaque secteur, le volume d'emplois créés (noté *CREA*) correspond à la somme des créations d'emplois pour chaque qualification *k*, obtenues en calculant les variations positives d'emploi d'une année sur l'autre pour chaque qualification. De même, le volume d'emplois détruits (noté *DEST*) est l'agrégation des destructions nettes par qualification *k*. À partir de ces deux indicateurs, nous calculons également le flux net d'emplois (noté *FLUX*), défini comme la somme des volumes de création et de destruction. Le taux de variation nette (*VNET*) des effectifs qui mesure la croissance de l'emploi a aussi été calculé. En notant  $L_{i,t}^k$  le nombre de travailleurs de qualification *k*, à la date *t* dans le secteur *i*, l'ensemble de ces indicateurs est donné par :

$$CREA_{i,t} = \sum_{\substack{k=1 \\ L_{i,t-1}^k < L_{i,t}^k}}^4 (L_{i,t}^k - L_{i,t-1}^k), TCREA_{i,t} = \frac{CREA_{i,t}}{(L_{i,t} + L_{i,t-1})/2}$$

$$DEST_{i,t} = \sum_{\substack{k=1 \\ L_{i,t-1}^k > L_{i,t}^k}}^4 (L_{i,t-1}^k - L_{i,t}^k), TDEST_{i,t} = \frac{DEST_{i,t}}{(L_{i,t} + L_{i,t-1})/2}$$

$$FLOW_{i,t} = CREA_{i,t} + DEST_{i,t}, TFLOW_{i,t} = \frac{FLOW_{i,t}}{(L_{i,t} + L_{i,t-1})/2}$$

$$VNET_{i,t} = \sum_{k=1}^4 (L_{i,t}^k - L_{i,t-1}^k) = CREA_{i,t} - DEST_{i,t}, TVNET_{i,t} = \frac{VNET_{i,t}}{(L_{i,t} + L_{i,t-1})/2}$$

Le tableau (5.5) indique la façon dont les indicateurs des flux d'emplois se répartissent en moyenne pour chaque secteur d'activité. Au total, chaque année, les industries manufacturières créent en moyenne 7,9% d'emplois et en détruisent 0,2%, soit 8,1% de flux d'emplois.

**Tableau 5. 5 : Statistiques descriptives des indicateurs des flux d'emplois**

	TCREA		TDEST		TFOLOW		TVNET	
	moyenne	Ecart type	moyenne	Ecart type	moyenne	Ecart type	moyenne	Ecart type
IAA	0,044	0,026	0,001	0,004	0,045	0,023	0,043	0,029
IBLA	0,081	0,048	0,004	0,012	0,085	0,041	0,077	0,057
ICCH	0,102	0,084	0,0001	0,0003	0,102	0,084	0,101	0,084
ICH	0,083	0,065	0,0008	0,001	0,083	0,064	0,082	0,066
ID	0,089	0,051	0,002	0,006	0,091	0,047	0,087	0,056
IEEE	0,078	0,071	0,002	0,007	0,080	0,068	0,076	0,074
IMCCV	0,075	0,046	0,006	0,019	0,081	0,037	0,069	0,059
IMM	0,081	0,069	0,0008	0,002	0,081	0,068	0,080	0,070
ITH	0,083	0,068	0,005	0,015	0,088	0,062	0,078	0,077
TOTAL	0,079	0,060	0,002	0,009	0,081	0,057	0,077	0,064

Source : Calcul de l'auteur sur la base de données de l'API

Contrairement à ce que l'ont constaté Davis et Haltiwanger (1992) sur des données américaines et Greenan et Guellec (2000) sur des données françaises, la corrélation entre le taux de création et le taux de destruction d'emplois est négative au niveau du secteur industriel tunisien (coefficient de corrélation de Pearson est égale à -0,44, p-value=0,000). Autrement dit, les secteurs d'activités dans lesquels on a enregistré des taux de création d'emplois élevés, ce sont les secteurs où les taux de destruction d'emplois sont faibles.

#### **4.4.1. Résultats**

Les résultats affichés dans le tableau (5.6) inspirent les trois commentaires suivants :

– premièrement, les résultats obtenus montrent que les secteurs dynamiques en termes de la diffusion de technologies importées tendent à renouveler leur main-d'œuvre plus que les autres. En effet, une augmentation de la valeur de la technologie importée de 1% est associée à une hausse de taux de création d'emploi de 0,089% et de 0,026% du taux de destructions nettes d'emplois. Mais, la variation nette des



effectifs est positive car les créations sont supérieures aux destructions d'emploi ce qui se traduit finalement par un effet global net positif.

– deuxièmement, l'investissement direct étranger est associé à une hausse du taux de créations nettes d'emplois et une baisse du taux de destruction d'emplois. De là, il apparaît que l'effet des IDE semble favoriser un renouvellement de la main-d'œuvre par des créations d'emplois.

– troisièmement, pour ce qui est de l'effet de R&D, les estimations font apparaître que bien que leurs effets ne soient pas significatifs, ils sont proches de l'être en ce qui concerne la baisse des destructions d'emplois et la hausse de créations d'emplois.

Au terme de ces estimations et de ces derniers résultats, on peut remarquer que les flux d'emplois semblent être liés aux différents canaux de la diffusion technologique. Ces résultats sont en accord avec ceux de Greenan et Guellec (2000) et Wolcowiak (2006).

**Tableau 5. 6 : L'effet de la diffusion de technologies sur les flux d'emplois**

	TCREA	TDEST	TFOLOW	TVNET
TCREA <sub>it-1</sub>	-0,170 (-1,03)	-	-	-
TDEST <sub>it-1</sub>	-	-0,209 (-1,28)	-	-
TFOLOW <sub>it-1</sub>	-	-	-0,101 (-0,61)	-
TVNET <sub>T-1</sub>	-	-	-	-0,230 (-1,39)
LnTECH	0,089** (2,19)	0,026* (2,00)	0,045* (1,79)	0,127* (1,78)
LnBREV	0,018 (0,27)	0,007 (0,16)	0,023 (0,35)	0,012 (0,38)
LnRD	0,003 (1,27)	-0,001 (-1,30)	0,009 (1,49)	0,002 (0,06)
LnIDE	0,107*** (3,06)	-0,019*** (-2,76)	0,073*** (2,72)	0,136*** (3,53)
LnVA	0,074*** (3,22)	-0,021*** (-4,83)	0,053** (2,39)	0,095*** (3,86)
LnK	0,141** (2,56)	-0,017 (-1,65)	0,120** (2,25)	0,162*** (2,77)
LnTECH*LnBREV	0,030* (1,78)	0,028* (-1,74)	0,005 (1,65)	0,060* (1,70)
LnTECH*LnRD	0,053 (0,69)	0,049 (0,32)	0,037 (0,49)	0,069 (0,83)
LnTECH*LnIDE	0,109* (1,88)	0,089 (0,54)	0,028* (1,70)	0,011** (2,56)
LnBREV* LnRD	0,021 (0,79)	-0,019 (0,38)	0,001 (0,36)	0,002 (0,33)
LnBREV* LnIDE	0,011 (0,40)	0,007 (1,12)	0,020 (0,75)	0,001 (0,42)
LnRD*LnIDE	0,121 (0,59)	0,101 (0,53)	0,049 (0,52)	0,093 (0,91)
Années Dummies	oui	oui	oui	oui
Secteurs Dummies	oui	oui	oui	oui
Test de Sargan	34,17 (0,919)	37,68 (0,666)	41,35 (0,705)	31,64 (0,958)
Test AR(1)	-3,21 (0,001)	-5,40 (0,000)	-3,47 (0,001)	-3,83 (0,000)
Test AR(2)	-1,04 (0,298)	-1,34 (0,180)	-1,57 (0,117)	-1,53 (0,127)

Les valeurs entre parenthèses sont les statistiques de Student

\*\*\*: le coefficient est significatif à un risque d'erreur de 1 %.

\*\* : le coefficient est significatif à un risque d'erreur de 5 %.

\* : le coefficient est significatif à un risque d'erreur de 10 %.

## Conclusion

Ce chapitre se proposait de tester la thèse de biais technologique sur données tunisiennes, au moyen de l'utilisation de modèles de panel dynamiques. Ainsi, l'étude économétrique montre l'existence d'un biais technologique, qui favorise la demande des cadres -supposés la main-d'œuvre la plus qualifiée- par les industries. A cet effet s'ajoute un second effet favorable à la main d'œuvre qualifiée: cette dernière est plus fortement complémentaire au capital que les ouvriers, qui sont supposés la main-d'œuvre non qualifiée. Nous montrons enfin une forte corrélation entre les flux d'emplois (créations, destructions) et les différents canaux de la diffusion technologique.

Néanmoins, la prise en compte de différentes mesures de l'innovation montre que ce résultat général doit être nuancé. Toutes les innovations ne défavorisent pas la main-d'œuvre non qualifiée. Le seul indicateur de l'innovation qui la défavorise est celui de la valeur de technologies importées. Celle-ci est même favorisée par les brevets, bien que cet effet soit statistiquement non significatif. Ceci peut être expliqué par le fait que, en Tunisie, les brevets portent essentiellement sur des adaptations et des améliorations des procédés de fabrication importés. Ces améliorations permettent d'une part, aux entreprises de mettre leurs technologies à niveau. D'autre part, elles peuvent aboutir à la production de technologies similaires. Ce qui peut entraîner la création de nouvelles unités de production et donc de nouveaux emplois sont créés. Mais, le résultat général dépend en large partie de la nature de technologies importées. Les choix technologiques qui ne tiennent aucun compte des alternatives possibles au niveau de l'emploi et de la productivité et qui sont conditionnés par une tradition industrielle limitée, par les conditions et les nouvelles modalités d'utilisation de certains crédits fournisseurs ou bilatéraux liés également par l'importance des commissions servies par les fournisseurs d'équipement, vont augmenter le coût de création et de fonctionnement des projets industriels ainsi que le renchérissement des coûts de création d'emplois.

**STRUCTURE INDUSTRIELLE, INNOVATIONS TECHNOLOGIQUES  
ET CROISSANCE RÉGIONALE DE L'EMPLOI : CAS DE LA TUNISIE**

---

Le développement régional est une préoccupation ancienne en Tunisie. Depuis l'indépendance, les pouvoirs publics tunisiens se sont trouvés confrontés à de fortes disparités régionales perçues comme un grave obstacle au développement. On assiste à un déséquilibre structurel entre les régions littorales et les régions intérieures, déséquilibre accentué depuis toujours par le classique problème de l'exode rural vers les grandes villes et notamment la capitale Tunis. Les objectifs de l'État s'orientent, à cet effet, vers la réduction de l'inégalité et de la pauvreté entre les régions par la modernisation des infrastructures de base, la valorisation des ressources humaines et l'élargissement des prérogatives des structures régionales (Rallet, 1995).

Toutefois, suite à de sérieuses difficultés économiques, la Tunisie a poursuivi, depuis la fin des années 1980, une libéralisation graduelle du commerce et des mouvements de capitaux, qui a eu pour résultat une intégration croissante dans l'économie mondiale, lui impose, en effet, des impératifs de performance afin de permettre à l'économie tunisienne de faire face à la concurrence internationale. Dans un tel contexte, il n'était plus possible de maintenir une problématique de développement régional héritée d'une économie administrée et dominée par une logique de redistribution inter et intra régional de revenue.

C'est ainsi, en adoptant une logique fondée sur les idées d'efficacité et de compétitivité des villes, la nouvelle stratégie du développement régional préconise une logique de métropolisation favorisant les grandes villes côtières et risquant d'engendrer une fracture au sein de l'armature urbaine tunisienne porteuse de sérieux risques pour la cohésion sociale du pays (El Bekri, 2000 ; Ben Letaief , 2008). Ainsi, la stratégie tunisienne vise à renforcer la métropolisation de Tunis ; Sfax et Sousse, les trois principales villes tunisiennes et, en particulier, Tunis qui devrait devenir une véritable métropole internationale (Metral, 2003). On assiste, ainsi, à un glissement de référentiel et de légitimité des dogmes de l'équilibre régional et de l'équité

spatiale, vers celui de la compétitivité des villes et des régions, et de la performance et des résultats.

Certes, ce jeu d'équilibre entre l'insertion compétitive dans la globalisation, ce qui implique une forte politique sélective de métropolisation, et la cohésion sociale est délicat. Rallet (1995) suggère que la politique de développement régional doit évoluer en passant de l'exploitation des ressources génériques (faible coût de la main d'œuvre, soleil, mer,..) à la construction des ressources spécifiques (savoir faire, produits particuliers, etc.). La capacité d'innovation garantit ce passage car, à la différence des ressources génériques, les ressources spécifiques doivent être construites. Dans le même ordre d'idées, Dlala (2007) avance que l'utilisation potentielle des technologies avancées, entre autres, a contribué à consolider la zone métropolitaine de Tunis à l'Ouest et au Sud-Ouest et à l'étendre vers le Sud le long d'un axe métropolitain assurant la jonction avec le Nord-Est et le Sahel.

L'idée que l'innovation technologique favorise le développement régional est une conjecture relativement récente. Si Schumpeter a mis très tôt l'accent sur l'apparition en grappe des innovations ou les regroupements d'entrepreneurs innovateurs, ce n'est que très progressivement que la littérature économique concernant le développement régional et la localisation des entreprises s'est intéressée aux questions d'innovation. Bien que tardive, cette introduction de l'espace dans l'analyse de la dynamique d'innovation a donné lieu à une littérature foisonnante. Au sein de cette dernière, on peut distinguer, comme le soulignent Massard et Riou (2002), deux grandes voies méthodologiques. La première consiste à estimer directement les effets des structures locales sur la croissance régionale (mesurée le plus souvent par la croissance de l'emploi) (Gleaser et al., 1992 ; Henderson et al, 1995 ; Catin et al., 2007, Karray et Driss, 2009). La seconde voie s'attache à expliquer la concentration des activités innovantes en partant de l'idée que si les externalités de connaissances sont localisés, alors certaines régions doivent bénéficier d'effets cumulatifs favorisant la production d'innovation (Feldman, 1994 ; Audretsch et Feldman, 1996 ; Caniels, 1999, 2000). En revanche, l'analyse des liens entre innovation technologique et croissance régionale d'emplois souffre d'un manque d'attention.

Dans ce chapitre, notre attention portera tout particulièrement sur la dimension territoriale de l'innovation : **les régions les plus innovantes sont-elles les plus créatrices d'emplois** ? Dès lors, il s'agit de saisir l'importance de la diffusion des innovations technologiques à côté de la structure industrielle locale, mesurée par des indices de spécialisation, de diversité industrielle et de la concurrence, dans la croissance de l'emploi au sein des régions tunisiennes à partir d'un modèle empirique qui s'inspire de Glaeser et *al.* (1992) et de Henderson et *al.* (1995).

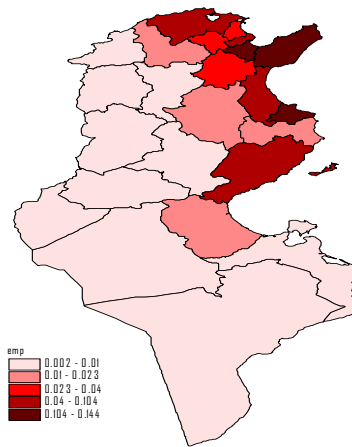
Pour parvenir à cette fin, nous aménagerons ce chapitre autour de quatre sections. Dans la première section, nous tentons d'analyser l'évolution de l'emploi industriel régional. Il s'agit tout particulièrement d'étudier la concentration industrielle de chaque secteur entre les différents gouvernorats de la Tunisie entre les deux dates 2004 et 2008. La deuxième section sera consacrée à la description des données et des variables utilisées. Le modèle fera l'objet de la troisième section. Dans la dernière section, nous présentons les résultats avant d'en tirer les conclusions.

## **1. Évolution de l'emploi industriel régional : Les grandes tendances**

Notre champ d'analyse est le secteur industriel tunisien sur la période 2004-2008. En 2008, le tissu industriel de la Tunisie compte 5 633 entreprises ayant un effectif supérieur ou égal à 10 dont 2 670 sont totalement exportatrices. Le secteur de textile et habillement représente près de 37% de l'ensemble des industries manufacturières suivi du secteur d'agroalimentaire avec 18%.

De manière générale la répartition géographique de l'emploi industriel en Tunisie, comme montre le graphique (6.1), révèle une forte concentration des activités industrielles ainsi que de grandes disparités inter-régionale. L'essentiel de l'emploi et de l'activité industrielle est largement concentré dans les régions du Littoral. Le déséquilibre structurel entre les régions littorales (situés à l'Est de pays) et les régions intérieures (situées à l'ouest de pays) est apparent. En 2008, l'emploi des régions côtières représente près de 90% de l'emploi industriel total.

**Figure 6. 1 : Carte de la répartition géographique de l'emploi industriel par gouvernorats (en 2008)**



Source : auteur sur la base de données de l'API.

### 1.1. Mesure de la concentration géographique des activités industrielles

Dans cette section, nous tentons de savoir si on assiste à une concentration géographique de certaines activités de secteurs. La concentration géographique mesure la concentration d'un secteur dans une zone. L'approche généralement retenue, notamment par simplicité, s'appuie sur l'estimation d'un indice de concentration géographique de Herfindhal ( $H_k$ ). Il vaut 1 quand tous les effectifs sont concentrés dans une seule zone et est minimal lorsque les effectifs sont répartis équitablement entre les zones (Houdebine, 1999). L'indice de concentration a-spatial de Herfindahl ( $H_k$ ) pour le secteur k est :

$$H_k = \sum_r \left( \frac{emp_{kr}}{emp_k} \right)^2$$

où  $emp_{kr}$  désigne l'emploi du secteur k dans la région r et  $emp_k$  représente l'emploi total du secteur k.

La simplicité de cet indice présente, toutefois, l'inconvénient de ne pas tenir compte de la structure globale des effectifs. A cet effet, on fait recours à l'indice de concentration d'Isard. Ce dernier, repopularisé par Krugman (1991), consiste à mesurer de concentration en termes relatif par rapport à une norme nationale. L'indice de concentration d'Isard s'écrit :

$$I_k = \sum_r \left| \frac{emp_{kr}}{emp_k} - \frac{emp_r}{emp_n} \right|$$

où  $emp_{kr}$ ,  $emp_k$ ,  $emp_r$  et  $emp_n$  désignent respectivement, l'emploi du secteur k dans la région r, l'emploi total du secteur k, l'emploi total de la région r et l'emploi national total.

**Tableau 6. 1 : Indices de concentration**

	Indice d'Herfindhal				Indice d'Isard			
	2004	rang	2008	rang	2004	rang	2008	rang
IAA	0.2353	8	0.2168	9	0.3664	5	0.44662	5
IMCCV	0.2197	9	0.2190	8	0.285	7	0.2616	7
IMM	0.2971	6	0.2850	6	0.0936	9	0.1411	9
IEEE	0.3307	4	0.3125	4	0.3394	6	0.3468	6
ICH	0.3284	5	0.30821	5	0.5961	2	0.5990	2
ITH	0.3406	3	0.3356	3	0.262	8	0.2530	8
ICC	0.406	2	0.3750	2	0.5515	3	0.4861	4
IBLA	0.5049	1	0.8662	1	0.8582	1	0.6198	1
ID	0.2859	7	0.26972	7	0.4986	4	0.4923	3

Les deux indices ne donnent pas le même classement en terme de concentration spatiale des secteurs industriels. A titre d'exemple, le secteur du textile et habillement est considéré comme étant un secteur concentré au sens de Herfindhal (rang 3) alors qu'il est un secteur dispersé au sens d'Isard (rang 8). En revanche, les secteurs garde le même classement entre les deux dates (2004 et 2008) en terme de concentration au sens de d'Herfindhal et d'Isard. Selon ces deux indices, les industries du bois, du liège et de l'ameublement, les industries du cuir et de la chaussure et les industries chimiques sont les industries les plus concentrées. Ces résultats sont semblables à ceux trouvés par Maurel et Sédillot (1997) et Houdebine (1999) pour des données françaises. En effet, les industries les plus concentrées, pour le cas de la France, appartiennent à l'industrie d'extraction et aux activités qui dépendent d'une ressource naturelle. Les résultats trouvés montrent aussi que les industries



traditionnelles intensives en main-d'œuvre peu qualifié apparaissent beaucoup plus concentrées.

Par ailleurs, le tableau (6.1) révèle une légère baisse de la concentration géographique dans la plupart des industries durant la période 2004-2008. Cette baisse pourrait être due, d'une part à l'extension des régions du littoral vers les centres urbains intérieures les plus proches (Cheebane, 1990) ou à une tendance à la déconcentration de l'activité économique vers des espaces suburbains et le déclin progressif du centre historique CBD (Central Business District) (Amara et al., 2010).

## 1.2. Une concentration s'accompagne d'une spécialisation sectorielle des régions

Selon le théorème Stolper-Samuelson, une zone se spécialise dans la production d'un bien qui utilise intensivement le facteur dont elle est relativement la mieux dotée. Les nouvelles théories de l'économie géographique apportent aussi d'autres explications : la concentration géographique d'un secteur peut conduire à la spécialisation locale (Houdebine, 1999). La spécialisation d'une zone reflète la concentration des activités de la région dans un ou plusieurs secteurs.

De même que les indices de concentration définis précédemment, on définit deux indices de spécialisation. L'indice de spécialisation de Herfindhal pour la région  $r$  est :

$$H_r = \sum_k \left( \frac{emp_{kr}}{emp_r} \right)^2$$

où  $emp_{kr}$  et  $emp_r$  désignent respectivement l'emploi du secteur  $k$  dans la région  $r$  et l'emploi total de la région  $r$ .

On définit, aussi, l'indice de spécialisation d'Isard d'une région par :

$$I_r = \sum_k \left| \frac{emp_{kr}}{emp_r} - \frac{emp_k}{emp_n} \right|$$

**Tableau 6. 2 : Indices de spécialisation**

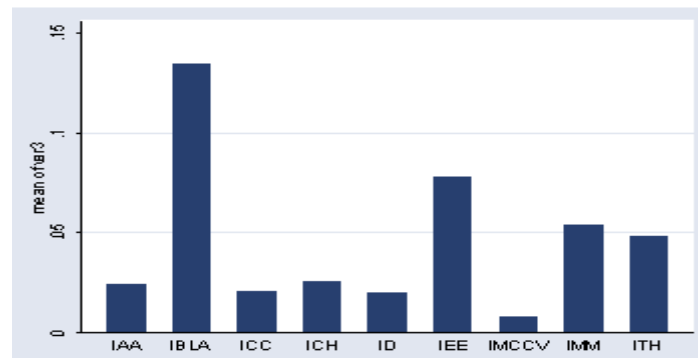
	Indice d'Herfindhal				Indice d'Isard			
	2004	rang	2008	rang	2004	rang	2008	rang
Grand Tunis	0.181	6	0.1767	6	0.3089	5	0.3088	5
Nord-Est	0.305	2	0.2176	4	0.2068	6	0.2968	6
Nord-Ouest	0.2449	3	0.1893	5	0.5251	3	0.4808	3
Centre-Est	0.3699	1	0.3715	1	0.3512	4	0.3535	4
Centre-Ouest	0.2177	5	0.2246	3	0.9425	1	0.5750	2
Sud	0.2286	4	0.2417	2	0.8429	2	0.9401	1

Il ressort du tableau (6.2), que l'indice d'Isard est souvent plus élevé que celui de Herfindhal. Ceci peut être expliqué par le fait que certaines régions sont sous représentées de façon remarquable dans une industrie. Jusqu'au 2008, certaines activités ne sont pas encore présentes dans les régions de l'intérieur du pays. A titre d'exemple, les industries électriques, électroniques et de l'électroménager ne sont pas représentées dans les gouvernorats de Gabes, Tataouine, Jendouba, Le Kef, Siliana, Kasserine, Kbelli et Tozeur. Aussi, une absence des industries mécaniques et métallurgiques dans les gouvernorats de Tataouine, Siliana, Kasserine et Tozeur.

Par ailleurs, la région de Grand Tunis présente l'indice de spécialisation le plus faible. Or, cet indice est autant plus faible lorsque les activités industrielles d'une même région sont assez diversifiées. Ce ci dit que, cette région possède un tissu industriel diversifié. Presque, toutes les activités industrielles sont représentées dans la région du Grand Tunis. Les facteurs principaux pour cette concentration sont : la présence des zones industrielles les plus anciennes du pays, la proximité du centre administratif et économique, le bon système d'infrastructure et la disponibilité de main-d'œuvre.

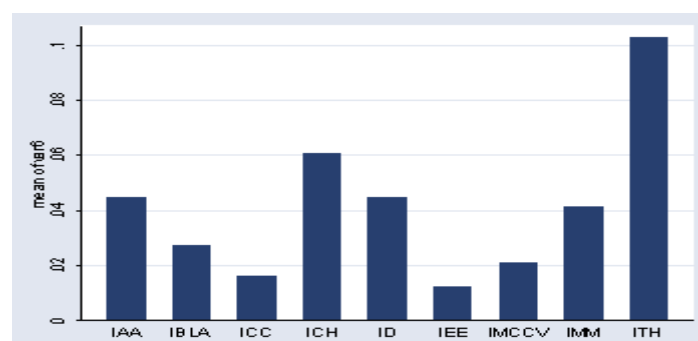
En dynamique, le graphique (6.2) montre que la croissance est particulièrement marquée dans les industries du bois, du liège et de l'ameublement, les industries électriques, électroniques et de l'électroménager et à moindre degré dans les industries textiles et habillement.

**Figure 6. 2 : Croissance annuelle de l'emploi industriel, par secteur d'activité, dans la région de grand Tunis (en pourcentage)**



En revanche, l'indice de spécialisation de la région du centre Est (connue sous le nom du Sahel) est élevé. Ce ci s'explique par le fait que la dite région se spécialise essentiellement dans le secteur de textile et de l'habillement. En 2008, le nombre d'emplois dans ce secteur représente 58% de l'emploi total de la région et 44% de l'emploi total de ce secteur. La croissance annuelle de l'emploi des industries de textile et de l'habillement, entre 2004 et 2008, était de l'ordre de 10%. Pour le cas des régions de l'intérieur (Nord ouest, Centre Ouest et Sud), le secteur agroalimentaire reste toujours le secteur prépondérant en termes d'emplois. Il représente respectivement 29% de l'emploi de la zone du Nord Ouest, 36% de la zone du Centre Ouest et 28% de la zone du Sud.

**Figure 6. 3 : Croissance annuelle de l'emploi industriel, par secteur d'activité, dans la région de Centre Est (en pourcentage)**



En résumé, Il est manifeste que la diffusion du développement industriel s'est faite largement sur une partie limitée du pays, notamment dans les régions côtières situées à l'Est de pays. Le paysage industriel tunisien se caractérise par une forte concentration des activités industrielles dans les régions de Grand Tunis, de Centre

Est et du Nord Est. Néanmoins, progressivement, un redéploiement sectoriel et géographique, même si faible, de l'appareil productif tend à s'opérer. Ce constat nous appelle à tester s'il on assiste réellement à une convergence régionale. L'introduction dans le modèle empirique (section 3) d'une variable relative aux conditions initiales comme le niveau de l'emploi dans chaque région en 2004 (*emploi 2004*), pouvant indiquer, dans la période d'analyse, l'existence ou non d'un processus de convergence régional en la matière.

## **2. Bases de données et définitions des variables**

Nous commençons dans la section suivante par une présentation générale de données. Nous décrivons, ensuite, les variables utilisées dans notre étude.

### **2.1. Sources de données utilisées**

Cette contribution s'appuie sur des données statistiques provenant de quatre sources différentes. Les données sur les industries tunisiennes (l'emploi par secteur et par gouvernorat, nombre d'entreprises par secteur par gouvernorat) ainsi que la population par gouvernorat proviennent de l'Agence de Promotion de l'Industrie (API). Concernant les brevets, la banque de données utilisée est celle de l'Institut National de la Normalisation et de la Propriété Industrielle (INNORPI) dépositaire des normes, brevets, marques de fabrique ou de commerce et dessins et modèles industriels protégés en Tunisie. Les données sur le stock de l'investissement direct étranger par secteur et par gouvernorat sont issues de la base de données de l'agence de promotion des investissements étrangers en Tunisie (FIPA). Le nombre d'abonnées à la connexion d'Internet, nombre de laboratoires de recherche par gouvernorat et le nombre des universités par région sont issus des rapports annuels sur les indicateurs d'infrastructure de l'INS. Les données sont ventilées en 9 grandes branches d'activité industrielle. Les unités spatiales retenues dans notre travail sont les gouvernorats. Ce choix est essentiellement dicté par la disponibilité des données. C'est le découpage administratif le plus fine pour lequel les données statistiques sont disponibles.

Le tableau (6.3) représente un ensemble des statistiques descriptives du tissu industriel tunisien en 2008.

**Tableau 6. 3 : Statistiques descriptives des industries tunisiennes en 2008**

Secteurs d'activité	Emplois	pourcentage	Nombre d'entreprises	pourcentage
Industries agro-alimentaires	65537	13.5	1000	18
Industries du bois, du liège et de l'ameublement	28622	6	284	5
Industries du cuir et de la chaussure	9429	2	197	3.5
Industries chimiques	36652	7.5	488	8.5
Industries diverses	16422	3.3	281	5
Industries électriques, électronique et de l'électroménager	62991	13	337	6
Industries des matériaux de construction céramique et verre	27944	6	424	7.5
Industries mécaniques et métallurgiques	35201	7.2	568	10
Industries textiles et habillement	201374	41.5	2054	36.5
Total	484172	100	5633	100

## 2.2. Mesures des variables

Cette section a pour objet de décrire les variables utilisées dans notre spécification économétrique : variable endogène et les variables explicatives.

### 2.2.1. Variable endogène

La variable expliquée est l'indice de croissance de l'emploi du secteur k dans la région r rapporté à l'indice de croissance de l'emploi dans le même secteur au niveau national

$$y_{kr} = \frac{\frac{emp_{k,r,2008}}{emp_{k,r,2004}}}{\frac{emp_{k,2008}}{emp_{k,2004}}}$$

Avec k = (1,...9) et r= (1,...24)

## 2.2.2. Variables liées à la structure industrielle

À l'instar de Glaeser et al. (1992, nous distinguons trois types d'externalités : MAR (Marshall-Arrow-Romer), Porter et Jacobs.

### 2.2.2.1. La diversité

Afin de mesurer la diversité, Henderson et al. (1995) utilisent l'indice de spécialisation de Hervindhal calculé sur tous les secteurs sauf le secteur considéré.

$$Div_{kr} = H_r = \sum_{j \neq k} \left( \frac{emp_{jr}}{emp_r - emp_{jr}} \right)^2$$

où  $emp_{jr}$  et  $emp_r$  désignent respectivement l'emploi en 2004 du secteur  $j$  dans la région  $r$  et l'emploi total de la région  $r$ . Plus cet indice est faible, plus la région est diversifiée.

Cette variable nous permet d'identifier les externalités de type (Jacobs, 1969) découlant de la diversité industrielle d'une région. La diversité et la variété des industries dans une même région conduit à des échanges d'informations beaucoup plus productifs que ceux à l'intérieur d'un seul secteur. Dans ce cas, ce sont les échanges et la fertilisation croisée entre secteurs localisés dans une même zone urbaine ou périurbaine qui permettent des externalités inter-industrielles favorables à la pérennité des agglomérations.

### 2.2.2.2. La spécialisation

La thèse de la spécialisation suggère que la concentration d'entreprises d'un même secteur d'activité produit des externalités facilitant la croissance de l'ensemble des unités de production du secteur. Ainsi, un niveau de concentration élevé se traduira par des effets positifs de communication à l'intérieur du secteur d'activité concerné favorisant les efforts de recherche, de développement et d'innovation. Ces avantages, internes au secteur mais externes à l'entreprise, sont appelés externalités de type MAR. Ces externalités reposent sur les travaux de Marshall (1890), Arrow (1962) et Romer (1990) mettant en avant les externalités de connaissances qui touchent les firmes appartenant à une même industrie.

À l'instar de Glaeser et al. (1992), nous définissons l'indice de spécialisation sectorielle locale comme la part de l'emploi du secteur k dans l'emploi total de la région r relativement à la part de l'emploi dans le secteur k dans l'emploi total de la Tunisie en 2004.

$$Spe_{kr} = \frac{emp_{kr} / emp_r}{emp_k / emp_n}$$

Cet indice est autant élevé que le secteur k a un poids relativement important au niveau régional. Si la théorie Marshall-Arrow-Romer est vérifiée, on s'attend que la spécialisation ait un effet positif sur la croissance régionale.

### 2.2.2.3. La concurrence

Selon Porter (1990), la concurrence locale favorise davantage la croissance que le monopole local, et la spécialisation intra-industrielle est une source de croissance. La concurrence locale nourrit l'innovation et pousse les entreprises à la création des nouvelles idées. Suivant Combes (2000), la concurrence peut être approximé par l'inverse de l'indicateur de concentration d'Herfindhal établi sur la base du poids relatif de chaque établissement dans la zone d'emploi.

$$comp_{k,r} = \frac{1 / \sum_{j \in z} (emp_{j,r} / emp_r)^2}{1 / \sum_i (emp_j / emp_n)^2}$$

### 2.2.3. Les indicateurs de l'innovation et du transfert technologique

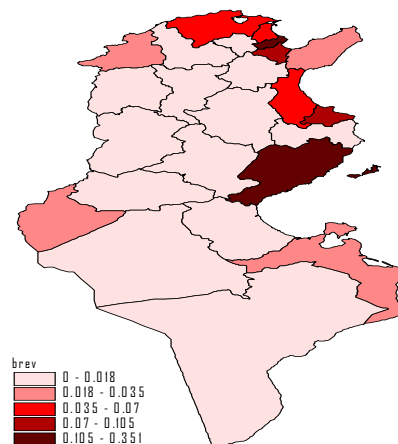
Concernant la variable attachée à l'innovation technologique, nous utilisons trois types d'indicateurs de l'innovation et du transfert technologique : le stock de brevets, l'adoption des nouvelles technologies (nombre d'abonnées à l'Internet) et le stock des IDE:

#### 2.2.3.1 Brevets

Il importe de préciser que dans cette recherche, nous approximons les résultats des activités d'innovation par les brevets au lieu des dépenses de Recherche et Développement. Bien que, ce choix est dicté par la disponibilité de données

statistiques, il se justifie par les raisons suivantes. Tout d'abord, les dépenses de R&D représentent une mesure d'*input* des activités d'innovation et ne nous apprennent rien quant à leur aboutissement sur le plan technique ou commercial (Pamukçu et Cincera, 2001). Ensuite, Acs et al. (2002) ont montré récemment que les brevets constituent une mesure fiable de l'activité d'innovation. Enfin, dans les données statistiques que nous avons pu collecter, nous disposons d'une information pertinente sur la localisation des inventeurs. Cette dernière nous a permis d'assigner un brevet à un territoire. Le graphique (4) montre une certaine inégalité dans la répartition des brevets dans les différents gouvernorats. La majorité des inventeurs se concentrent dans les zones côtières du pays. La Capitale Tunis est le gouvernorat le plus dynamique en terme de brevetabilité, suivi du Sfax.

**Figure 6. 4 : Carte de la répartition géographique du stock des brevets par gouvernorats en 2004 (en pourcentage)**



Source : auteur sur la base de données de l'INNORPI

### **2.2.3.2. Nouvelles technologies de l'information et de la communication**

Récemment, un nouveau champ s'est développé qui tient compte des nouvelles technologies de l'information et de la communication (TIC) pour expliquer la relation

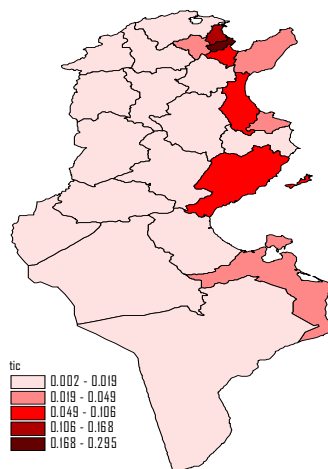


entre évolution technologique et dynamique des territoires (Graham, 1998 ; 2001 ; Qingxuan et Mingzhi , 2002 ; Mills et Mitacre, 2003). Selon Ben youssef et al. (2009) les impacts des TIC sur le territoire a été abordée, au moins, selon trois optiques différentes : la substitution, la co-évolution et la recombinaison (Graham, 1998). La thèse de substitution suppose que les deux espaces (régions urbaines et régions rurales) sont substituables et que les agents économiques prennent leur décision d'implantation selon divers paramètres parmi lesquels les dotations en TIC prennent une part non négligeable. La co-évolution met en avant le processus de co-évolution qui lie technologie et espace. Autrement dit, les technologies contribuent à la modification de l'espace et la relation des agents économiques avec celui-ci. La perspective de recombinaison insiste, plutôt sur le rôle des TIC dans la construction sociale.

Toutefois, la problématique de localisation et de délocalisation des entreprises en fonction des TIC reste un sujet de discussion à part entière. L'absence d'investigation empirique à ce sujet, ne permet pas d'infirmer ou de confirmer l'une ou l'autre des deux thèses. Mais il est fortement probable que dans les pays en développement, les forces centrifuges (poussant à la concentration) demeurent plus importantes que les forces centripètes (poussant à la localisation en milieu rural) (Ben youssef et al., 2009).

En Tunisie, la diffusion des TIC constitue un levier efficace du développement économique et social. En dépit d'un faible investissement en TIC (2.4% du PIB à prix constant) ces dernières contribuent de 3% à la production nationale et explique 9% de sa croissance sur la dernière décennie (Ben youssef et M'henni, 2004). L'enquête réalisée en 2004 par l'Institut National des Statistiques (INS) dans le cadre du recensement générale de la population, fait ressortir plusieurs indicateurs des TIC : équipements en téléphonie, usage de l'Internet, etc.). Nous utilisons dans notre analyse le pourcentage des abonnées de l'Internet comme indicateur des TIC.

**Figure 6. 5 : Carte de la répartition géographique des abonnés de l'Internet par gouvernorats en 2004 (en pourcentage)**



Source auteur : sur la base de données de l'INS

L'indicateur nombre d'abonnés de l'Internet révèle un grand écart entre les régions du Littoral et les régions intérieures. Cette « fracture numérique » existe même entre la région du grand Tunis et les autres gouvernorats du Littoral.

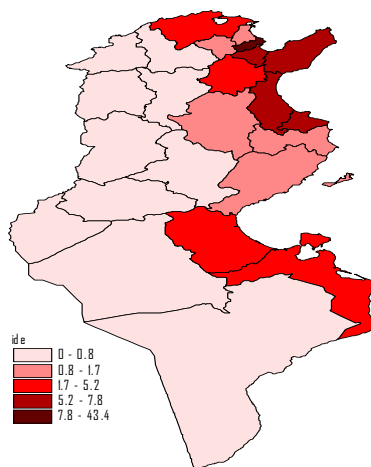
### **2.2.3.3. Investissement direct étranger**

Les IDE constituent l'un des principaux mécanismes et un vecteur principal de transfert de technologie à l'échelon international. Les firmes multinationales opérant sur les marchés des PED représentent l'un des moyens de transfert technologique. Les activités de ces filiales peuvent avoir des répercussions positives sur les firmes locales : i) en mettant les firmes locales au courant de nouvelles technologies ii) en intensifiant la concurrence sur le marché intérieur, ce qui peut conduire les autres firmes à acquérir des techniques de production plus sophistiquées ou à utiliser avec plus d'efficacité celles existantes ; iii) en favorisant la diffusion de leurs technologies par la formation du personnel qui peut être engagé par la suite par des firmes domestiques.

Une vaste littérature théorique et empirique entreprise sur les pays en voie de développement (Markusen, 1995 ; Markusen et Venables, 1999) a montré le rôle que pouvaient jouer les IDE, vecteur de transfert technologique, sur la croissance des PED. Mais, parallèlement l'implantation des firmes multinationales (FMI) et des externalités qu'elles procurent peut agir sur le choix de localisation et la répartition spatiale des firmes locales. D'un point de vue théorique, Catin et al. (2001) montrent que l'implantation des firmes multinationales dans un PED peut influencer la concentration spatiale des activités productives locales. En tenant compte du rôle des externalités de connaissance procurés par les FMI, les auteurs parviennent que l'implantation des FMI tend à exercer un effet centrifuge sur les firmes locales si la concurrence exercée par les FMI domine les externalités. A l'inverse, si les externalités de connaissance emportent l'effet de concurrence, on assiste à un effet centripète sur les firmes locales. La présence des FMI va inciter les entreprises locales à s'implanter dans la même région dans le but de bénéficier des externalités procurées par ces FMI. Dans le présent chapitre, nous tentons de savoir si l'effet positif des externalités de connaissances emporte l'effet de concurrence. Dans ce cas, les IDE exercent un effet positif sur la croissance régionale de l'emploi.

Dans nos estimations, une variable relative au stock d'IDE dans le secteur  $k$  dans la région  $r$  en 2004 en  $\log(IDE_{k,r})$  est introduite dans le modèle de base afin de tenir compte globalement des effets de la diffusion technologique via l'IDE sur la croissance régionale. D'après la figure (6), on remarque une concentration de l'investissement direct étranger dans les régions côtières. La plupart des entreprises étrangères se localisent dans la dite régions.

**Figure 6. 6 : Carte de la répartition géographique des IDE dans les gouvernorats Tunisiennes en 2004 (pourcentage)**



Source : auteur sur la base de données de la FIPA

### 3. Modèle

Le modèle utilisé pour tester l'effet de la structure industrielle ainsi que de la diffusion des innovations technologique sur la croissance d'un secteur k dans une région r est inspiré de Glaeser et *al.* (1992) et de Henderson et *al.* (1995). Il est dérivé de l'équation suivante :

$$\log(y_{k,r}) = C + \alpha_1 \log(spe_{k,r}) + \alpha_2 \log(div_{k,r}) + \alpha_3 \log(conc_{k,r}) + \alpha_4 \log(Emp - 2004_r) + \alpha_5 \log(brev_{k,r}) + \alpha_6 \log(TIC_r) + \alpha_8 \log(IDE_{k,r}) + \varepsilon_{k,r}$$

où  $spe_{kr}$ ,  $div_{kr}$  et  $conc_{kr}$  sont les variables explicatives liées à la structure industrielle et correspondant respectivement à la spécialisation, la diversité et la concurrence. Les variables ( $brev_{kr}$ ,  $TIC_r$  et  $IDE_{kr}$ ) représentent les indicateurs de l'innovation et du transfert technologique. Ils désignent respectivement le stock de brevets, l'adoption des nouvelles technologies (nombre d'abonnés à l'Internet) et le stock des IDE. La variable  $Emp-2004_r$  désigne l'emploi dans chaque région en 2004, elle reflète l'importance des conditions initiales. Nous avons introduit également des variables de dummy relatives aux secteurs et aux régions pour contrôler les effets fixes propres

aux secteurs et aux régions. Par raison de simplicité, nous adoptons le groupement officiel de gouvernorats en 6 régions correspondant, donc, à 6 variables de dummy relatives aux régions au lieu de 24 (nombre de gouvernorats). Les estimations du modèle sont réalisés par la méthode des moindres carrées généralisées (MCG).

#### **4. Résultats d'estimation et interprétation**

Nous consacrons la section suivante à l'estimation des effets de l'innovation technologique, à coté de la structure industrielle, sur la croissance régionale de l'emploi.

##### **4.1. Résultats de régressions globales**

Dans un premier temps, le modèle est estimé pour l'ensemble des secteurs industriels. Comme Glaeser et al. (1992), nous faisons l'hypothèse d'homogénéité des effets des variables explicatives au niveau global. L'intérêt d'une régression globale consiste ici à cerner s'il existe des spécificités sectorielles pouvant légitimer des régressions secteur par secteur. Nous présentons, ainsi, quatre séries d'estimation : 1) nous utilisons la valeur des IDE comme indicateur du transfert technologique, 2) l'innovation est approximée par les brevets ; 3) la troisième spécification utilise le pourcentage de ménage ayant un usagé d'Internet comme indicateur de l'adoption des TIC, 4) les trois indicateurs sont prises dans la même équation. Les principaux résultats des estimations sont résumés dans le tableau (6.4).

**Tableau 6. 4: Régressions globales\***

Variable dépendante : logarithme de la croissance d'emplois entre 2004 et 2008

	(1)	(2)	(3)	(4)
C	-5.462 (-1.35)	6.369 (1.21)	-3.873 (-0.84)	5.491 (0.316)
div	-2,912 (-2.86)	-2.293 (-2.24)	-3.065 (-2.97)	-2.057 (-1.99)
conc	3.121 (3.13)	3.606 (3.73)	3.404 (3.43)	3.312 (3.40)
spe	0.129 (1.40)	0.151 (1.69)	0.124 (1.34)	0.158 (1.76)
lnEmp-2004	0.546 (1.71)	-0.978 (-1.76)	0.410 (1.13)	-0.923 (-1.66)
lnIDE	0.047 (1.71)	-	-	0.051 (1.91)
lnTIC	-	0.968 (3.13)	-	1.005 (3.19)
lnBrev	-	-	0.098 (0.38)	-0.043 (-0.17)
Grand Tunis	2.038 (4.18)	1.279 (2.30)	2.207 (4.44)	1.025 (1.77)
Nord Ouest	0.016- (-0.04)	1.381 (2.38)	0.603 (0.15)	1.367 (2.37)
Nord Est	3.513 (6.83)	4.531 (9.01)	3.914 (8.06)	4.145 (7.67)
Centre Ouest	0.596 (1.26)	1.898 (2.95)	0.714 (1.41)	1.858 (2.87)
Centre Est	2.496 (5.04)	2.643 (5.75)	2.740 (5.76)	2.366 (4.91)
IAA	1.561 (2.69)	1.628 (2.87)	1.602 (2.74)	1.590 (2.81)
IMCCV	0.494 (0.93)	0.530 (1.03)	0.560 (1.05)	0.458 (0.89)
IMM	1.161 (2.23)	1.276 (2.54)	1.279 (2.46)	1.147 (2.28)
IEEE	1.019 (1.94)	1.149 (2.28)	1.148 (2.20)	1.010 (1.99)
ICH	1.364 (2.64)	1.394 (2.78)	1.369 (2.69)	1.359 (2.72)
ITH	2.242 (3.81)	2.220 (0.41)	2.365 (4.02)	2.090 (3.59)
ICC	0.123 (0.24)	0.202 (0.41)	0.213 (0.41)	0.104 (0.211)
ID	0.729 (1.41)	0.787 (1.57)	0.836 (1.61)	0.667 (5.491)
R <sup>2</sup>	0.62	0.64	0.62	0.65

\*Les valeurs entre parenthèses sont les statistiques de Student.

### *La structure industrielle*

L'analyse des résultats relatifs à la structure industrielle révèle d'intéressants résultats. Le coefficient relatif à la diversité est de signe négatif et statistiquement significatif. Ceci veut dire qu'une faible valeur de cet indice favorise la croissance régionale de l'emploi. Or, cet indice est d'autant plus faible que les activités industrielles dans une même région sont assez diversifiées. L'influence positive significative de cette variable met en avant le rôle des externalités de type Jacobs. La diversité du tissu industriel semble avoir de réel impact significatif sur la croissance régionale de l'emploi industriel. Ce résultat rejoint celui de Glaeser et al. (1992) Henderson et al. (1995) et Catin et al. (2007).

De même, le signe positif et significatif du coefficient relatif à la spécialisation montre que cette dernière favorise la croissance d'emplois et confirme les externalités de type MAR. En revanche, à l'encontre des résultats de Catin et al. (2007), le coefficient relatif à la variable diversité est plus important que celui associé à la spécialisation. Ces résultats vont dans le sens où l'effet des externalités de type Jacobs est plus prononcée que celui de MAR. D'ailleurs, Catin et al. (2007) constatent que les externalités de type MAR caractérisent généralement les pays moins développés. Comme la Tunisie se situe à un stade relativement avancé, il est alors prévisible que la croissance régionale est liée plus à la diversité qu'à la spécialisation (Karray et Driss, 2009). Aussi, le signe positif et significatif du coefficient relatif à la concurrence montre que cette dernière favorise la croissance d'emplois et confirme les externalités de type Porter. Ce même résultat a été trouvé par Glaeser et al. (1992) et Henderson et al. (1995).

### *La diffusion des innovations technologiques et des TIC*

Concernant la variable attachée aux brevets, la régression globale ne fait apparaître aucune influence significative. Ceci s'explique, probablement, par le fait que, premièrement, la majorité des brevets déposés à l'Institut national de la normalisation et de la propriété industrielle (INNORPI) sont d'origine étrangère. Les entreprises étrangères qui brevettent en Tunisie peuvent avoir deux objectifs qui conditionnent leurs stratégies : d'une part, protéger les produits qu'elles cherchent à exporter en Tunisie et d'autre part, protéger les procédés qu'elles cherchent à

implanter lors de la mise en place d'unités de production (IDE). Deuxièmement, près de 80% des brevets déposés par les résidents sont à titre individuel mettant en perspective l'absence quasi totale de collaboration entre chercheurs, laboratoires de recherche et entreprises (Chellouf et al., 1999).

En revanche, malgré les écarts entre les régions (13.06% des ménages ayant un usagé de l'Internet dans la région du Grand Tunis contre seulement 4.48% dans les régions de l'intérieur) l'indicateur des TIC semble avoir un effet global positif et statistiquement significatif sur le développement local de l'emploi. De même le stock des IDE, vecteur principal du transfert technologique, exerce un effet positif et significatif sur le développement local. Pour le cas de la Tunisie, les relations entre les firmes multinationales (dont le principe est la réexportation des produits vers les pays d'origine) et les firmes locales sont essentiellement de type vertical. Ainsi, les effets d'entraînement semblent emporter l'effet de la concurrence. Mais, il faut signaler que l'apprentissage et la diffusion des connaissances technologiques se font moins sur les produits mais plutôt via la mobilité des travailleurs et à travers les relations qui peuvent exister entre les entreprises multinationales et les firmes domestiques (Rezgui, 2004).

Les coefficients des variables dummy sectorielles indiquent toutefois qu'une certaine prudence doit entourer les résultats globaux, ceux-ci devant en effet être précisés par des régressions secteur par secteur.

#### **4.2. Résultats de régressions sectorielles**

Concernant les variables liées à la structure industrielle, les résultats ne sont plus instables. A l'exception des industries agroalimentaires et des industries chimiques, tous les secteurs révèlent une élasticité non significative de la diversification. Dans ces deux secteurs, qui sont étroitement liées aux ressources naturelles et sont intensives en main-d'œuvre moins qualifiée, un environnement local diversifié semble contribuer à la croissance régionale. De même, seulement deux secteurs révèlent une élasticité positive et significative de la spécialisation, industries chimiques et industries textile et habillement. Ce dernier connaît une forte concentration dans la région du Sahel et a une production et des inputs fortement spécialisés expliquant l'impact positif de la spécialisation sur sa croissance. A



l'inverse, la concurrence semble favoriser le développement de la plupart des industries.

**Tableau 6. 5 : Régressions sectorielles\***

Variable dépendante : logarithme de la croissance d'emplois entre 2004 et 2008

	IAA	IMCCV	IMM	IIEE	ICH	ICC	IBLA	ID	ITH
C	4.571 (0.98)	1.358 (0.33)	-0.403 (-0.07)	-13.726 (-2.38)	54.60 (2.67)	1.196 (0.28)	7.366 (1.94)	-9.902 (1.64)	-5.917 (-1.46)
div	-5.385 (-1.77)	-0.206 (-0.08)	-3.192 (-0.71)	0.129 (0.03)	-6.133 (-2.19)	-2.769 (-1.34)	-4.094 (-1.22)	1.389 (0.38)	0.716 (0.20)
conc	-0.419 (-0.25)	5.446 (1.93)	10.024 (1.13)	19.452 (1.73)	-5.128 (0.71)	13.518 (2.78)	17.040 (1.73)	16.427 (1.24)	-4.106 (-2.70)
spe	-0.046 (-0.11)	0.025 (0.20)	-0.090 (-0.10)	-3.115 (-0.95)	0.279 (1.72)	0.162 (1.38)	-0.203 (-1.48)	0.056 (0.15)	1.905 (2.07)
lnIDE	1.121 (1.77)	-0.012 (-0.25)	-0.015 (-0.15)	0.346 (2.34)	-0.078 (-0.89)	0.115 (1.48)	-0.351 (-2.07)	0.205 (1.68)	0.074 (1.16)
lnTIC	1.185 (0.33)	-0.012 (-0.02)	0.414 (0.62)	2.098 (2.90)	1.632 (1.99)	0.059 (0.10)	-0.867 (-1.53)	1.416 (2.04)	1.313 (2.89)
lnBrev	-0.001 (-0.01)	0.273 (0.31)	-0.216 (-0.35)	2.344 (2.35)	1.190 (4.08)	-0.421 (-0.78)	0.686 (1.18)	0.885 (0.92)	-0.751 (-1.55)
Grand Tunis	-0.678 (-0.43)	-0.053 (-0.03)	2.794 (2.01)	1.298 (0.51)	1.670 (1.76)	0.431 (0.28)	5.255 (4.25)	-3.140 (-1.07)	1.495 (1.08)
Nord Est	-0.836 (-0.45)	3.958 (4.08)	3.646 (2.04)	4.148 (1.44)	7.270 (7.31)	0.484 (1.79)	5.445 (2.75)	3.094 (2.09)	1.868 (1.17)
Nord Ouest	0.754 (0.76)	-0.716 (-0.47)	0.410 (0.18)	2.647 (1.74)	2.721 (1.45)	-0.924 (-1.12)	0.065 (0.05)	1.952 (1.28)	1.828 (0.83)
Centre Est	1.236 (0.90)	2.784 (2.41)	3.082 (2.06)	-0.573 (-0.28)	5.746 (5.93)	2.214 (1.30)	2.228 (1.24)	-1.346 (-0.60)	3.262 (2.08)
Centre Ouest	0.471 (0.40)	1.977 (3.19)	-0.567 (-0.35)	2.059 (1.21)	5.208 (3.62)	1.502 (1.19)	-0.510 (-0.75)	1.383 (0.94)	2.689 (2.26)
R <sup>2</sup>	0.48	0.62	0.72	0.82	0.89	0.85	0.80	0.78	0.78

\*Les valeurs entre parenthèses sont les statistiques de Student.

A propos des variables relatives à l'innovation technologique, nous remarquons que l'innovation technologique (approchée par le nombre des brevets) favorise le développement local des industries électriques, électroniques et de l'électroménager et des industries chimique. Ces sont les deux secteurs les plus dynamiques en termes de brevetabilité. En fait, l'examen des données sur la répartition de brevets par secteurs révèle que ces brevets sont principalement concentrés, en moyenne par an, dans le secteur Industries chimiques (101) et le des industries électriques, électroniques et de l'électroménager (63). Il semble ainsi que la diversité des activités, l'une des caractéristiques des industries chimiques, a produit pour ce secteur davantage opportunités d'innovation que les autres secteurs. Ces

opportunités pouvant être créées par des relations marchandes soutenues par la proximité géographique (vu la forte concentration des ces industries (déjà monté dans la deuxième section).

Quand aux IDE, leur impact positif sur le développement local se confirme pour le cas des industries agroalimentaires, les industries des industries électriques, électroniques et de l'électroménager et les industries divers.

### **4.3. Résultats régionaux**

Jusqu'à présent, nous avons supposé que tous les secteurs industriels répondaient de la même manière à nos variables explicatives quelque soit leur localisation. Cependant, les coefficients relatifs aux effets fixes liés aux régions montrent l'existence d'effets significatifs. Par conséquent, nous menons dans cette partie des régressions région par région. Nous limitons notre analyse sur les régions littorales vu la forte concentration des activités industrielles dans ces régions (près de 90 de l'emploi industriel).

Les estimations du modèle par région, montre l'existence des différences entre les régions littorales elles-mêmes. En effet, si la diversité favorise le développement régional de la région Grand Tunis. Ce dernier est attribué à la concurrence pour le cas de la région Nord Est. Par contre, dans la région Centre Est c'est la spécialisation qui exerce un effet positif et significatif sur le développement local de l'emploi. Il semblerait ainsi que les secteurs localisés au sein de trois régions aient été sujets à des impulsions de croissance différentes.

**Tableau 6. 6 : Régressions régionales\***

Variable dépendante : logarithme de la croissance d'emplois entre 2004 et 2008

	Régions de Littoral	Grand Tunis	Centre Est	Nord Est
C	5.845 (0.79)	4.245 (0.86)	-0.808 (-0.35)	-12.586 (-2.45)
div	-2.472 (-1.92)	-20.053 (-3.13)	-3.800 (-0.27)	-0.144 (-0.08)
conc	3.302 (2.04)	-5.448 (-1.58)	8.672 (1.10)	7.929 (1.77)
spe	0.700 (1.40)	0.580 (1.22)	0.772 (2.49)	0.156 (0.26)
lnEmp-2004	-0.845 (-1.18)	-	-	-
lnIDE	0.057 (2.15)	0.015 (0.41)	-0.032 (-0.64)	0.019 (0.28)
lnTIC	1.004 (3.24)	0.815 (1.48)	0.794 (1.13)	1.809 (3.15)
lnBrev	-2.268 (-0.97)	1.345 (2.80)	2.140 (1.19)	0.395 (0.85)
Grand Tunis	2.815 (4.15)	-	-	-
Centre Est	1.392 (2.92)	-	-	-
IAA	0.684 (1.10)	-1.245 (-1.66)	1.274 (1.09)	2.285 (2.04)
IMCCV	-0.688 (-1.13)	-3.85 (-5.30)	0.264 (0.31)	1.964 (1.80)
IMM	0.977 (1.57)	-0.025 (-0.03)	1.090 (1.10)	2.569 (2.31)
IEEE	0.794 (1.25)	0.488 (0.55)	1.377 (1.44)	2.132 (1.73)
ICH	1.307 (2.14)	-0.933 (-1.18)	2.331 (2.36)	3.109 (2.91)
ITH	1.196 (1.56)	0.983 (0.81)	1.333 (1.44)	1.265 (2.51)
ICC	-1.085 (-1.72)	-3.903 (-5.06)	1.473 (1.70)	0.689 (0.52)
ID	0.210 (0.33)	-1.542 (-1.77)	1.808 (2.33)	1.638 (1.34)
R <sup>2</sup>	0.65	0.86	0.78	0.80

\*Les valeurs entre parenthèses sont les statistiques de Student.

Concernant les indicateurs de l'innovation et du transfert technologique, l'impact positif des IDE s'avère plus important pour les régions littorales, où la localisation géographique des firmes étrangères est fortement concentrée (en 2008 près de 92% des entreprises étrangères sont localisées dans les régions littorales). En revanche, il apparaît que l'effet l'innovation (approximée par les brevets) est

significatif surtout dans la région du Grand Tunis. En fait, plus de 30 % des inventeurs se localisent dans la dite région.

## **Conclusion**

Ce chapitre se proposait, en s'appuyant sur les apports de la nouvelle économie géographique et les approches théoriques de la géographie de l'innovation, d'évaluer le rôle effectif de la diffusion des innovations technologiques à côté de la structure industrielle locale mesurée par des indices de spécialisation, de diversité industrielle et de la concurrence dans la croissance de l'emploi au sein des régions tunisiennes entre 2004 et 2008. Globalement, le modèle économétrique proposé dans ce chapitre montre bien qu'un environnement compétitif (externalités de type Porter) et une diversité des activités industrielles (externalités de type Jacobs) sont favorables au développement local. Également, les résultats montrent que les innovations technologiques semblent avoir un effet global positif sur le l'emploi régional.

Néanmoins, l'analyse par secteur, montre que ce résultat général doit être nuancé. Concernant les variables liées à la structure industrielle, les élasticités issues des régressions sectorielles n'indiquent pas clairement l'existence d'externalités positives produites par une structure locale particulière. Seule la concurrence semble favoriser le développement de la plupart des industries. Ces résultats sont cependant à interpréter avec précaution vu le niveau d'agrégation, utilisé dans ce travail, est trop élevé. En outre, l'impact positif de l'innovation technologique se confirme pour les secteurs dynamiques en terme de brevetabilité. Ceci peut être expliqué par le fait que, en Tunisie, les brevets portent essentiellement sur des adaptations et des améliorations des procédés de fabrication importées. Ces améliorations permettent d'une part, aux entreprises de mettre leurs technologies à niveau. D'autre part, elles peuvent aboutir à la production de technologies similaires. Ce qui peut entraîner la création de nouveaux unités de production et donc la création de nouveaux emplois.

Par ailleurs, les estimations du modèle par région, montre l'existence de différences significatives entre les régions. Si la diversité favorise le développement régional de la région Grand Tunis. Ce dernier est attribué, plutôt à la concurrence pour le cas de la région Nord Est. En revanche, dans la région Centre Est, la spécialisation exerce un effet positif et significatif sur le développement local de l'emploi. Ces

constatations nous autorisent à conclure que la proposition de n'importe quelle politique de développement régionale mérite une attention particulière. La diversité des trajectoires du développement local montre la complexité des problèmes que peuvent rencontrer les autorités locales dans la mise en œuvre de politiques régionales ayant pour objectif la création d'emplois industriels.

Ce travail pourrait être développé dans trois directions, nous pourrions aller plus avant dans la décomposition de la main d'œuvre en distinguant la main-d'œuvre qualifiée et la main-d'œuvre non qualifiée. Il serait intéressant de déterminer les effets de la diffusion des innovations technologiques à côté de la structure industrielle sur la demande locale de la main-d'œuvre qualifiée. Ensuite, l'analyse empirique pourrait être améliorée en disposant d'une unité spatiale plus fine et de séries temporelles plus longues. Enfin, le recours aux méthodes de l'économétrie spatiale permettrait de tenir compte de l'effet de voisinage. Une telle analyse serait utile pour tester les effets de l'innovation technologique et des structures locales dans une région sur l'évolution de l'emploi dans une région voisine.

## CONCLUSION GÉNÉRALE

---

Dans un environnement économique extrêmement changeant et difficilement prévisible, la thèse selon laquelle la compétitivité d'une économie nationale dépend de son potentiel de R&D et d'innovation technologique est largement admise par les économistes. En sens inverse, il n'est pas difficile de défendre l'idée que le progrès technique entraîne des perturbations dans l'ensemble de l'économie et en particulier sur l'emploi. En empruntant une méthode de travail qui essaiera d'embrasser en même temps les principales contributions théoriques ainsi que l'éventail des études empiriques, nous avons souhaité explorer, dans cette thèse, les liens et les interactions complexes qui existent entre la diffusion de l'innovation technologique et l'emploi. Les conclusions dégagées sont d'ordre aussi bien théorique qu'empirique.

Sur le plan théorique, nous avons montré, à l'issue du premier chapitre, que la théorie économique standard de l'innovation ne s'intéresse qu'au résultat du processus de l'innovation et non au processus lui-même. La première conséquence de cette approche théorique est que l'innovation n'est jamais décrite comme le résultat d'un processus complexe, elle est supposée réalisée de façon exogène à la firme et pleinement assimilable à la capacité de production existante. Il en résulte, en seconde analyse et suivant les hypothèses posées par les théoriciens, que le progrès technique pouvait conduire à un chômage temporaire, compensé dans le long terme par la croissance de l'emploi liée à la fois aux secteurs de production des machines et à l'effet de compensation dû à la croissance de la production liée à la baisse des prix.

Tout différent, les travaux récents sur l'innovation, présentés dans le second chapitre, en particulier l'approche évolutionniste impulsée par les travaux de Nelson et Winter (1982), proposent une vision profondément renouvelée du processus d'innovation. Le processus d'innovation n'est plus représenté comme une succession des phases isolées, mais plutôt une interaction permanente entre les possibilités offertes par la technologie ou le marché, les moyens privés et publics mis en œuvre et les stratégies d'acteurs. L'apprentissage et la capacité d'absorption revêtent désormais une importance capitale dans le processus d'innovation. Au-delà de ces divergences, ce qu'il importe de noter c'est que les nouvelles approches néoshumpéteriennes et évolutionnistes du changement technique ont le mérite d'offrir une vision beaucoup plus ouverte des formes de processus innovatifs, vision qui semble approfondir la réflexion sur les mécanismes de destruction et de création d'emploi liés aux progrès techniques.

Sur le plan empirique, les analyses statistiques et les études économétriques menées dans cette thèse font état de trois groupes de résultats dont les deux derniers sont globalement conformes aux prédictions théoriques.

Notre première modélisation empirique s'est intéressée à une analyse empirique de l'effet à court et long termes de la diffusion des technologies sur l'emploi industriel en Tunisie. La stratégie utilisée pour étudier les effets de court terme repose sur une modélisation Cobb Douglas de la production par secteur de laquelle est dérivée la demande de travail. S'appuyant sur Pirotte (1994, 1996), nous avons retenu l'estimateur « Within » qui rendrait mieux compte des effets de court terme. Par la suite, nous avons tenté de cerner les effets de moyen/long terme de l'innovation sur l'emploi. Au regard de la nature du panel utilisé, le recours à une forme autorégressive de la fonction de demande d'emploi, et l'utilisation des valeurs retardées des variables explicatives paraît particulièrement adapté. Ainsi, nous avons utilisé la méthode GMM en système développé par Blundell et Bond (1998) pour générer nos estimations.

Les approches empiriques adoptées, à l'issue du chapitre quatre, montrent qu'à court terme, les effets sur l'emploi des innovations technologiques importées et des brevets sont positifs alors qu'ils sont *a priori* négatifs à moyen et à long terme. À moins que ce résultat soit spécifique à l'échantillon de référence dans ce travail et à la période étudiée, le contexte tunisien semble contredire les prédictions théoriques. Un tel résultat pourrait affirmer le fait que l'économie tunisienne demeure fondamentalement consommatrice et encore très peu productrice des innovations technologiques. Ceci interpelle la capacité d'absorption du tissu industriel tunisien et l'efficacité du processus d'apprentissage. Quant à l'effet positif à court terme, il s'explique, notamment, par la complémentarité entre le capital et le travail.

À la lumière de ces résultats empiriques, nous pouvons prétendre que la Tunisie ne profite pas pleinement, en termes d'emplois, des technologies importées. Pourtant, compte tenu des expériences internationales, la Tunisie n'aurait pas intérêt à renoncer à l'importation des innovations technologiques ? En effet, la littérature empirique montre qu'en général, l'introduction des innovations technologiques crée plus d'emplois qu'elle n'en détruit. Cela voudrait dire, qu'en Tunisie, le problème



n'est pas lié à l'importation des technologies, mais plutôt à l'adaptation et l'appropriation de ces technologies. En fait, l'apport des entreprises tunisiennes dans la chaîne de production se limite, le plus souvent, à des opérations d'assemblage employant des machines, déjà obsolètes en Europe, et une main d'œuvre très peu qualifiée. C'est pourquoi le processus d'introduction des technologies semble ne pas avoir impliqué l'apprentissage, ni la formation massive de cadres ou de techniciens susceptibles de s'approprier voire d'améliorer les technologies importées. Cela renvoie également à la capacité d'absorption très limitée des industries manufacturières tunisiennes.

Cela étant, comme l'entreprise n'est pas isolée dans un « espace à cloisons », le problème tient souvent, non pas à l'entreprise elle-même, mais à l'économie dans son ensemble. Nous pensons alors que le développement d'un système national de recherche scientifique et d'innovation technologique serait le meilleur gage en vue d'adapter et d'approprier les technologies importées. A cet égard, certaines défaillances, dont souffre le système tunisien d'innovation, méritent d'être comblées. L'un des problèmes majeurs est l'insuffisante articulation entre les différents éléments du système d'innovation, notamment la faible coordination entre le système éducatif et la politique industrielle (Saafi, 2007). Le système éducatif tunisien continue de former dans des spécialités très peu demandées sur le marché du travail. En revanche, certaines compétences fortement sollicitées restent relativement rares.

L'importation de technologies serait valorisante en termes d'emplois si la politique industrielle visait l'orientation du potentiel scientifique et technique du pays vers l'organisation d'un espace relationnel entre les institutions publiques d'enseignement et de recherche et les entreprises nationales. Plus précisément, il serait indispensable d'instaurer un contexte d'interaction entre les différents acteurs en vue d'impulser l'apprentissage (Saafi et Sboui, 2011).

Notre deuxième modélisation empirique, présentée au cinquième chapitre, évalue les effets de la diffusion technologique sur la demande de l'emploi par qualification. L'étude économétrique montre l'existence d'un biais technologique, qui favorise la demande des cadres -supposés la main-d'œuvre la plus qualifiée- par les industries. A cet effet s'ajoute un second effet favorable à la main-d'œuvre qualifiée : cette dernière est plus fortement complémentaire au capital que les ouvriers, qui sont supposés la main-d'œuvre non qualifiée. Des effets semblables ont, en même temps,

été constatés entre les flux d'emplois (créations, destructions) et les différents canaux de la diffusion technologique.

Par rapport aux différents canaux de la diffusion technologique introduits dans les régressions, il est important de préciser que la diffusion de technologies importées est la source la plus importante de biais favorable aux travailleurs les plus qualifiés. En revanche, bien que positif, l'effet de l'investissement direct étranger (IDE) est non significatif. Ceci n'est peut-être pas surprenant étant donné qu'une partie assez importante des IDE en Tunisie s'orientent en priorité vers les secteurs à faible contenu technologique et intensifs en main-d'œuvre non qualifiée comme le textile, la confection ou les opérations d'assemblage. En fait, à la fin de l'année 2006, le nombre d'entreprises étrangères et les emplois créés dans le secteur textile habillement représente environ la moitié de l'ensemble des emplois créés par les IDE dans l'industrie manufacturière.

Ainsi, quelques enseignements utiles peuvent être rapidement dégagés en termes de politiques économiques. Sachant que la Tunisie a toujours choisi de développer l'aspect actif plutôt que passif en matière de politiques d'emploi, la thèse de biais technologique vérifiée dans cette étude souligne qu'il serait pertinent de subventionner et d'encourager les entreprises à investir dans l'innovation technologique. De sa part, les entreprises tunisiennes sont appelées à s'impliquer dans le processus de la R&D et de l'innovation par l'intermédiaire du financement de certains projets de recherche qui sont liées à leurs activités. Une des contributions clés de la littérature évolutionniste et schumpétérienne sur le développement technologique aura été de montrer que les entreprises ont la responsabilité finale d'assurer la production, d'évaluer les besoins du consommateur, de travailler commun accord avec les fournisseurs et les distributeurs sans minorer pour autant l'importance des gouvernements, institutions et autres universités qui doivent donner des perspectives précisément aux firmes.

En outre, les résultats trouvés dans ce chapitre mettent en exergue que, en Tunisie, la contribution de l'investissement direct étranger en termes de créations de l'emploi qualifié est modeste. Une des mesures urgentes semblant légitime consiste à privilégier les IDE à haute contenu technologique et intensifs en main d'œuvre qualifiée.

Notre troisième évaluation empirique, présentée au sixième chapitre, évalue les répercussions de la diffusion des innovations technologiques à côté de la structure industrielle locale mesurée par des indices de spécialisation, de diversité industrielle et de la concurrence sur la croissance de l'emploi au sein des régions tunisiennes entre 2004 et 2008. L'analyse empirique montre qu'un environnement compétitif (externalités de type Porter) et une diversité des activités industrielles (externalités de type Jacobs) sont favorables au développement local. Les résultats montrent également que les innovations technologiques semblent avoir un effet global positif sur l'emploi régional. Par ailleurs, les estimations du modèle par région, montre l'existence de différences significatives entre les régions. Cette diversité des trajectoires du développement local montre la complexité des problèmes que peuvent rencontrer les autorités locales dans la mise en œuvre de politiques régionales ayant pour objectif la création d'emplois industriels.

Abstraction faite de ces résultats économétriques quelquefois mitigés, les études empiriques effectuées à travers les trois derniers chapitres ont au moins deux mérites. Le premier mérite est d'avoir adopté une démarche très rarement rencontrée dans les travaux empiriques traitant des mêmes questions. En fait, nous avons opté pour une modélisation qui tient compte des interactions entre les différents canaux de la diffusion de technologies - y compris les activités d'innovations des entreprises locales - d'une part, et la demande de l'emploi, d'autre part. Le deuxième mérite est d'avoir dissipé les difficultés liées à l'indisponibilité des données statistiques fiables et exhaustives relatives à la Tunisie, en menant nos études empiriques au niveau de l'industrie manufacturière désagrégée en neuf branches d'activités. Cette entreprise nous a permis de procéder à des estimations qui échappent aux contraintes techniques qu'impose le manque de données chronologiques et ce en recourant à l'utilisation de l'économétrie des données de panel.

Comme tout travail de ce genre, notre recherche n'est pas exempte d'imperfections. Les plus importantes ont trait à la qualité des données utilisées et aux hypothèses de travail sous-jacentes. Certaines hypothèses sont très restrictives, les autres peuvent faire l'objet de nombreuses critiques et discussions. S'il est clair que l'importation des biens d'équipements constitue la principale source du progrès technique incorporé en Tunisie, le fait de supposer que ces biens sont toujours

porteurs de progrès exclut le fait que beaucoup d'entre eux sont simplement importés à des fins d'investissements de remplacements. De même, les IDE peuvent créer des emplois et agir en ce sens directement sur la croissance régionale sans qu'il y ait aucun transfert et diffusion technologique ou managériale et aucun effet d'entraînement. Le caractère agrégé des données que nous avons utilisées peut aussi rendre les estimateurs trouvés peu efficaces.

Au terme de ce travail, un certain nombre de pistes se dégagent pour des recherches futures. En premier lieu, notre résultat général sur les effets de la diffusion technologique sur l'emploi (chapitre 4) et sur la notion de biais technologique (chapitre 5) au niveau du secteur industriel ne peut pas être transposé tel quel au niveau macroéconomique. Une vision globale doit prendre en compte le secteur des services. A cet effet, un premier développement de ce travail peut être, tout d'abord, par l'élargissement de notre étude au secteur tertiaire. Ensuite, nous pourrions aller plus avant dans la décomposition des catégories de la main-d'œuvre en distinguant les deux sexes (hommes et femmes). Le biais technologique, montré dans cette thèse, peut-il expliquer la féminisation de l'emploi, observée au cours de la dernière décennie dans le marché du travail tunisien? La femme, vu l'amélioration de son niveau éducatif, semble être « avantagée » et prend une part beaucoup plus importante dans l'emploi total et surtout dans les emplois nouvellement créés.

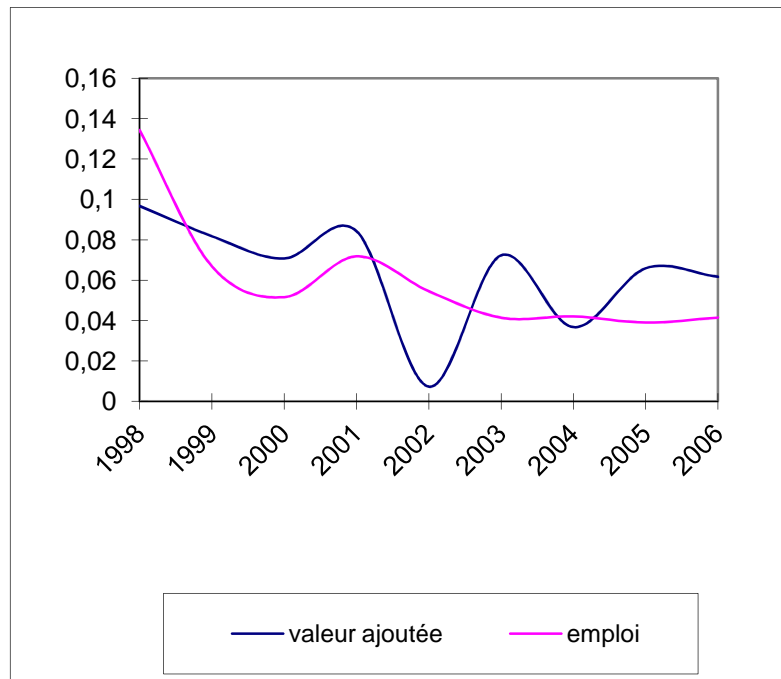
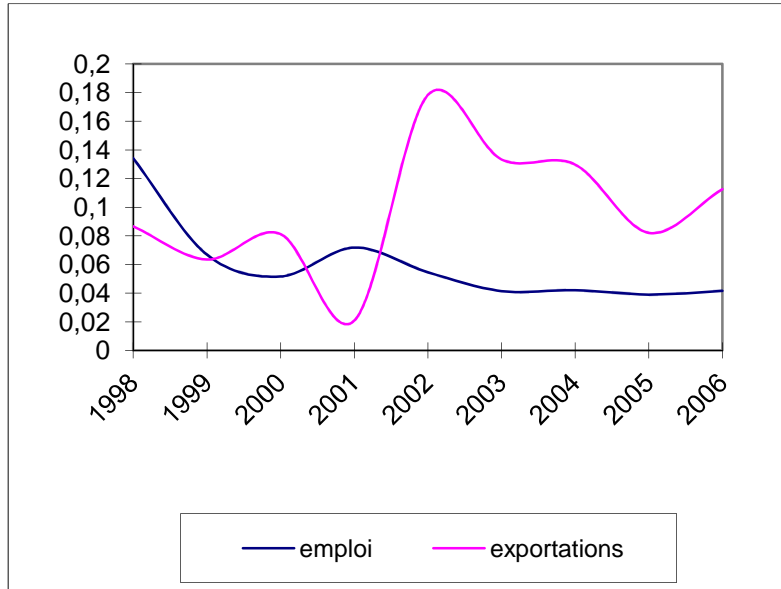
En deuxième lieu, une seconde piste d'approfondissement consiste à étudier d'une manière approfondie la relation qui pourrait exister entre la croissance et la spécialisation des activités technologiques des régions. Les premières investigations montrent que les grandes régions, en termes de capacité inventives, se spécialisent durant leur croissance alors que les régions à faible propensions à breveter diversifient leurs activités technologiques (Ouardighi, 2005). Ce comportement pourrait-il contribuer à l'explication des inégalités toujours persistantes dans les régions tunisiennes ? Les perspectives de recherches qu'ouvre cette thèse restent toutefois plus nombreuses que celles que nous venons d'évoquer.



## ANNEXES

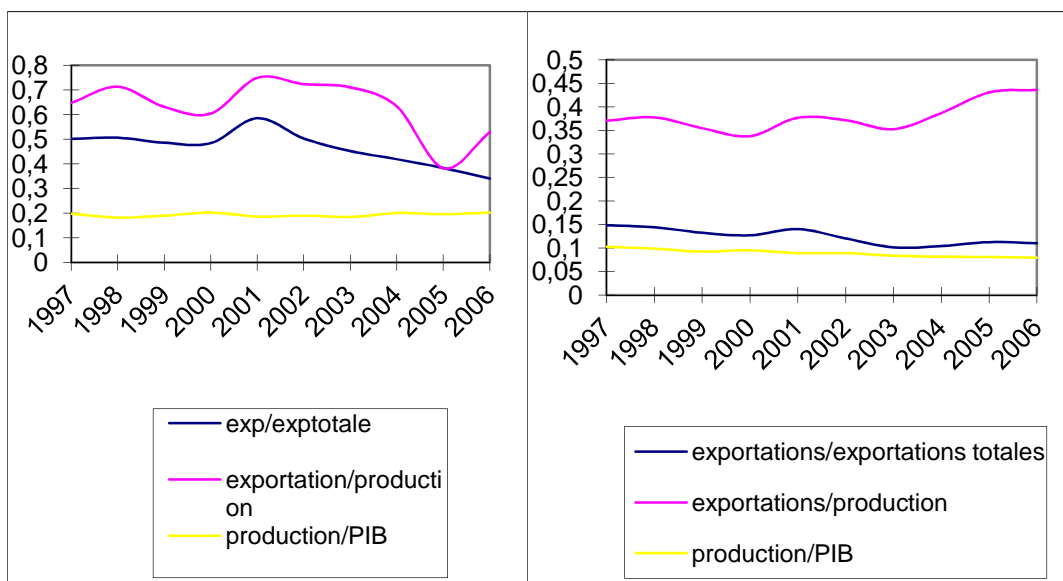
---

**Annexe 1: Evolution de la valeur ajoutée, des exportations et de l'emploi dans le secteur industriel en Tunisie\***



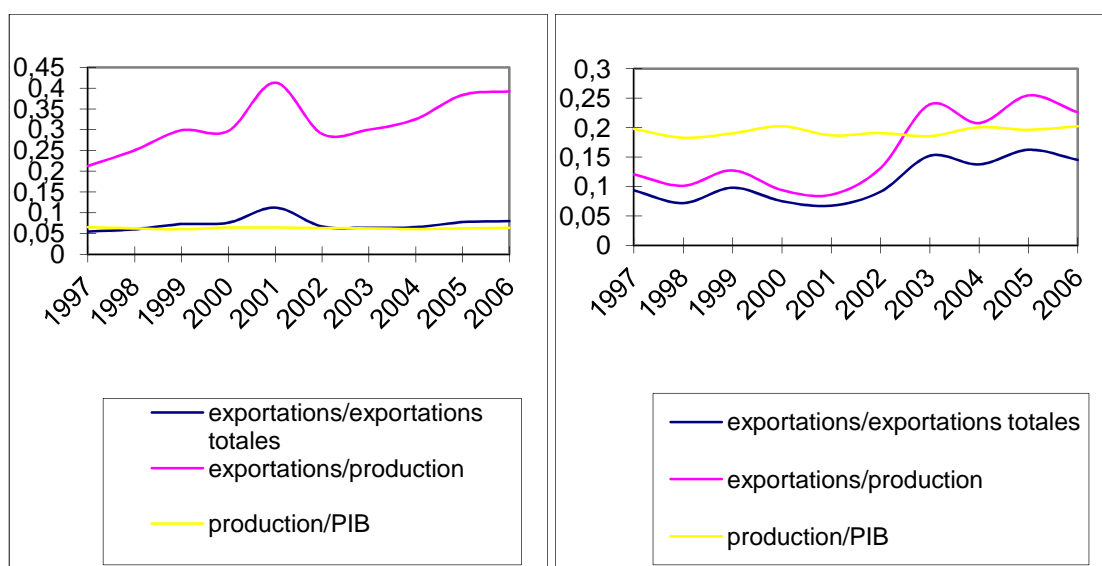
\* Les valeurs sont en différence logarithmique

**Annexe 2 : Evolution de la part des exportations des industries tunisiennes dans la production, exportations totales et le PIB\***



Industries de textiles et de l'habillement

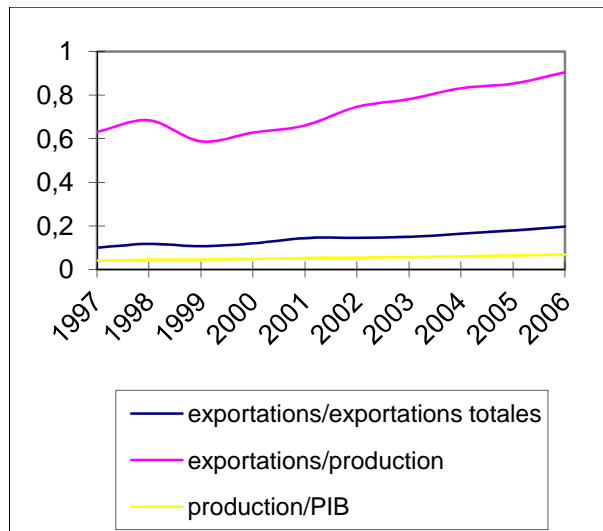
Industries chimiques



Industries mécaniques et métallurgiques

Industries agro-alimentaires

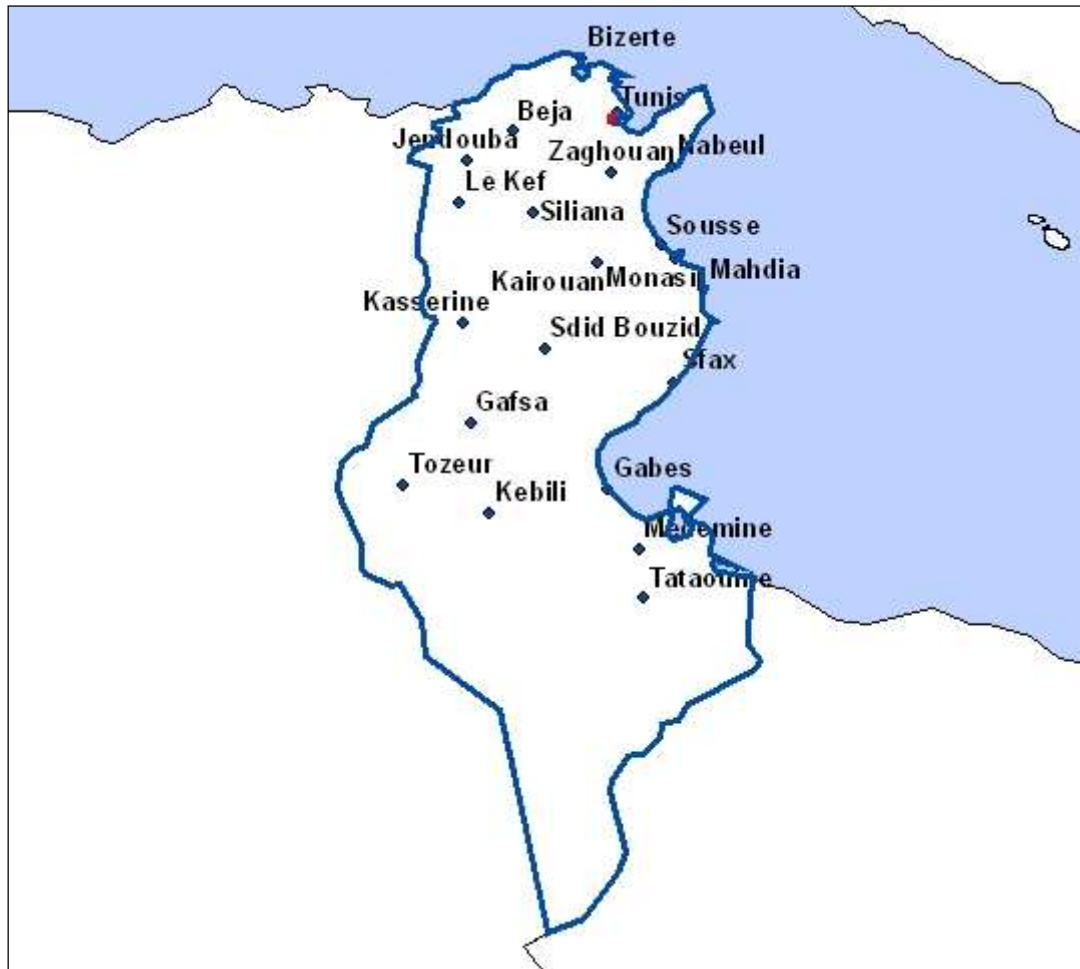




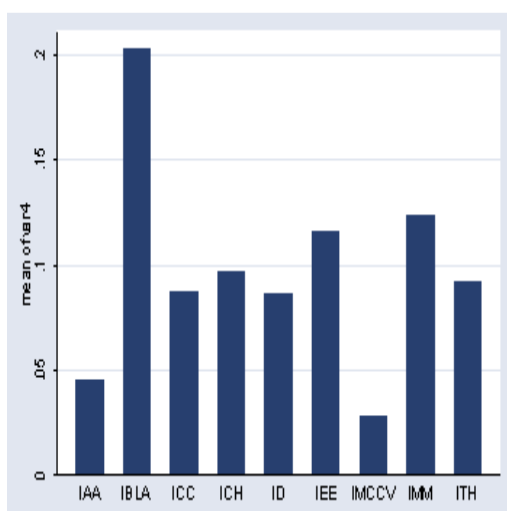
Industries électriques, électronique et de l'électroménager

\* Les valeurs de la valeur ajoutée et de l'emploi sont en différence logarithmique

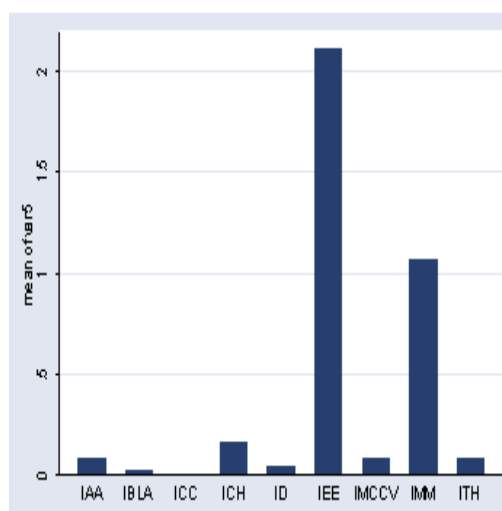
**Annexe 3 : Carte géographique de la Tunisie**



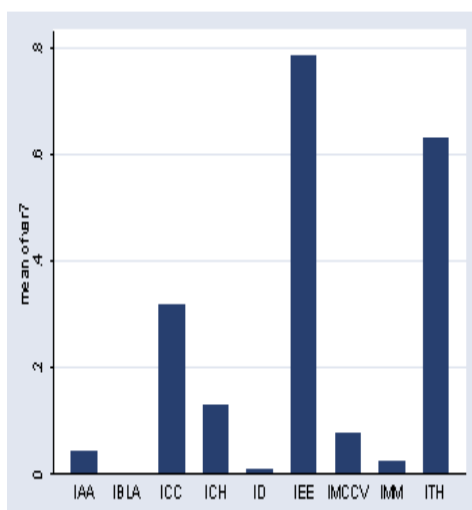
**Annexe 4: Croissance annuelle de l'emploi industriel par secteur d'activité (en pourcentage) entre 2004 et 2008**



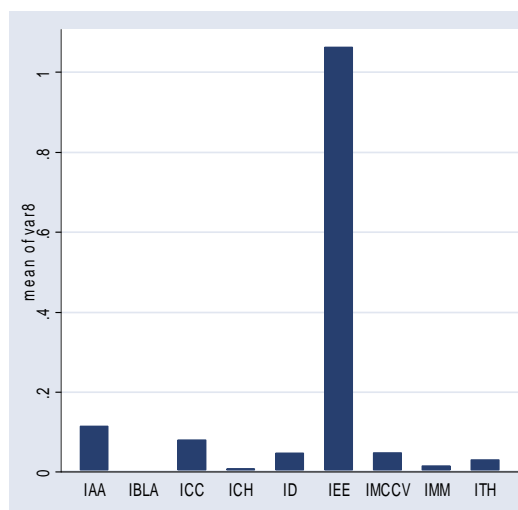
Nord Est



Nord Ouest

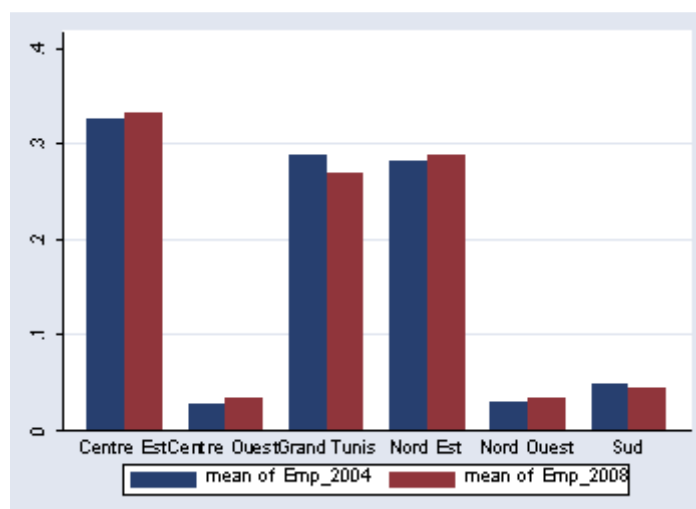


Centre Ouest



Sud

### Annexe 5: Evolution de l'emploi industriel, par région, entre 2004 et 2008



Régions	Gouvernorats
Grand Tunis	Tunis, Ariana, Ben Arous, Manouba
Nord Est	Bizerte, Nabeul, Zaghouan
Nord Ouest	Beja, Jendouba, Le Kef, Siliana
Centre Est	Sousse, Monastir, Mahdia, Sfax
Centre Ouest	Kairouan, Kasserine, Sidi-Bouzyd
Sud	Gabes, Gafsa, Medenine, Tataouine, Kebili, Tozeur

Secteurs d'activité	Code
Industries agro-alimentaires	IAA
Industries du bois, du liège et de l'ameublement	IBLA
Industries du cuir et de la chaussure	ICC
Industries chimiques	ICH
Industries diverses	ID
Industries électriques, électronique et de l'électroménager	IEEE
Industries des matériaux de construction céramique et verre	IMCCV
Industries mécaniques et métallurgiques	IMM
Industries textiles et habillement	ITH



## BIBLIOGRAPHIE

ABERNATHY W. et UTTERBACK J. (1978), "Patterns of industrial innovation", *Technology Review*, 80, pp. 41-47.

ACEMOGLU D. (2002), "Technical Change, Inequality, and the Labor Market", *Journal of Economic Literature*, 40, pp. 7-72.

ACEMOGLU D. (1998), "Why do new technologies complement skills? Directed technical change and wage inequality", *Quarterly Journal of Economics*, 113, pp. 1055–1090.

ACS Z, ANSELIN L et VARGA A. (2002), "Patents and innovation counts as measures of regional production of new knowledge", *Research Policy* 31, pp. 1069–1085.

ADAMS J. (1997), "The structure of firm R&D and the factor intensity of Production", *NBER Working Paper* 6099.

AGHION P. (2002), "Les défis d'une nouvelle théorie de la croissance", *L'Actualité économique*, vol.78, n°4, pp. 459-486.

AGHION P. et HOWITT P. (1992), "A Model of Growth Through Creative Destruction", *Econometrica*, 60, pp. 323-351.

AGHION P. et HOWITT P. (1994), "Growth and Unemployment", *Review of Economic Studies*, 61 : pp. 477-494.

AGHION P. et HOWITT P. (1997), On the Macroeconomic Effects of General Purpose Technologies, in Elhanan Helpman (ed), *General Purpose Technologies and Economic Growth*, MIT Press, Cambridge, MA.

AGHION P. et HOWITT P. (2000), *Théorie de la croissance endogène*, Dunod, Paris.

ALCHIAN A.A. (1950), "Uncertainty, evolution and economic theory", *Journal of Political Economy*, vol. 58, n°3, pp. 211-221.

AMABLE B., BARRE R., BOYER R. (1997), *Les systèmes d'innovation à l'ère de la globalisation*, Économica, Paris.

AMARA M. (2010), *Inégalités spatiales et développement local en Tunisie*, Thèse de Doctorat, Université Panthéon Sorbonne.

AMARA M., KRIAA M. et MONTACER M. (2010), "Centralité des activités dans la région urbaine de Tunis (1994-2004)", *Revue d'Economie Régionale et Urbaine* 3, pp. 473-509.

ANTONELLI, C. (1999), *The Dynamics of Technological Knowledge*, Routledge.

ANTONNUCI T., PIANTA M. (2002), “The employment effects of product and process innovations in Europe”, *International Review of Applied Economics*, 16, 3, pp. 295-308.

AQUAIN V., CEZARD M, CHARRAUD A et VINCK L. (1994), “Vingt ans d'évolution des conditions de travail”, *Travail et emploi*, n° 61, pp. 81-91.

ARENA, R. et LAZARIC N. (2003), “La théorie évolutionniste du changement économique de Nelson et Winter: Une analyse économique rétrospective”, *Revue Economique*, vol. 54, n°2, pp. 329-354.

AROCENA R., SUTZ J. (2000), “Interactive learning spaces and development policies in Latin America”, *DRUID Working Paper 13*, Aalborg School.

ARELLANO M. et BOND S. (1991), “Some Tests of Specification for Panel Data : Monte Carlo Evidence and an Application to Employment Equations” , *Review of Economic Studies*, n°58, pp.277-297.

ARROW K. (1962), “The Economic Implications of Learning by Doing”, *Review of Economic Studies*, vol. 80, pp. 155-173.

ARTUS P. et CETTE G. (2004), *Productivité et croissance*, rapport du Conseil d'Analyse Economique, La Documentation française.

AUDRETSCH D. et FELDMAN M. (1996), “R&D spillovers and the geography of innovation and production”, *American Economic Review*, 86, 4, pp. 253-273.

AUTOR D., KATZ L., KRUEGER A. (1998), "Computing inequality: have computers changed the labor market?", *Quarterly Journal of Economics* 113, pp. 1169–1214.

AZAIEZ T.L. (2000), *TUNISIE : changements politiques et emploi (1956-1996)*, L'Harmattan, Paris.

BANQUE MONDIALE (2004), “République Tunisienne : Stratégie d'Emploi”, Vol. 1 et 2.

BALDWIN J.R. et DIVERTY B. (1995), “Utilisation des technologies de pointe dans les établissements de fabrication”, *Document de travail n° 85*, Division de l'analyse microéconomique, Statistique Canada, Ottawa.

**BALTAGI B. et RICH D. (2005)**, “Skill-biased technical change in US manufacturing : a general index approach”, *Journal of Econometrics*, 126, pp. 549-570.

**BARTEL A. et LICHTENBERG F. (1987)**, “The Comparative Advantage of Educated Workers in Implementing New Technology”, *Review of Economics and Statistics* 64, pp. 1-11.

**BECKER G. (1964)**, "*Human Capital*", New York : Columbia University Press.

**BENHABIB J. et SPIEGEL M. (1994)**, "The Role of Human Capital in Economic Development: Evidence from Aggregate Cross-Country Data", *Journal of Monetary Economics*, Vol. 34, pp. 143–173.

**BEN HMIDA E. et FERGUREN A. (1998)**, "Les implantations d'entreprises off-shore en Tunisie : quelles retombées sur l'économie?", *Monde arabe* (160), pp. 50-68.

**BEN LEATAIEF M. (2008)**, “Les politiques urbaines en Tunisie. Quelques réflexions sur les mutations d’une action publique post-keynésienne”, *METROPOLES*, n°4, pp. 133-159.

**BEN YOUSSEF A. et M'HENNI H. (2004)**, “Les effets de la technologie de l’information et de la communication sur la croissance économique : Le cas de la Tunisie”, *Revue Région et Développement*, 19, pp. 132-150.

**BEN YOUSSEF A., RAOUCHEN M. et M'HENNI H. (2009)**, “Disparités régionales et diffusion des TIC en Tunisie”, *TIC & développement*, mars, pp. 1-11.

**BERGSTROM V. et PANAS E. (1992)**, “How Robust is the Capital-Skill Complementarity Hypothesis”, *Review of Economics and Statistics*, vol. 74, pp. 540-546.

**BERMAN E. (2000)**, "Does Factor-Biased Technological Change Stifle International Convergence? Evidence from Manufacturing", *Working Paper, Boston University*.

**BERMAN E., BOUND J. et GRILICHES Z. (1994)**, “Changes in the Demand for Skilled Labor within US Manufacturing: Evidence from the Annual Survey of Manufactures”, *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 109 (n°2), pp. 367-397.

**BERMAN E., BOUND J. et MACHIN S. (1998)**, "Implication of skilled-biased technological change: international evidence", *Quarterly journal of economics*, 113, pp. 1245-1280.



**BERMAN E.** et **MACHIN S.** (2000), "Skill-Biased Technology Transfer around the World", *Oxford Review of Economic Policy*, Vol. 16 (n°3), pp. 12-22.

**BERNDT E. R.** et **CHRISTENSEN L. R.** (1974), "Testing for Existence of a Consistent Aggregate Index of Labor Input", *American Economic Review*, vol. 64, 3, pp. 391-404.

**BETTS J.** (1997), "The skill bias of technological change in Canadian manufacturing industries", *Review of Economics and Statistics* 79, pp. 46–50.

**BIN G.** (2008), "Technology acquisition channels and industry performance: An industry-level analysis of Chinese large- and medium-size manufacturing enterprises", *Research Policy* 37, pp.194–209.

**BLACKER F.** (1995), "Knowledge, Knowledge Work and Organizations: An Overview and Interpretation", *Organizations Studies*, Volume 16, n° 6, pp. 1021-1046.

**BLAMONT J.** (1993), *Le chiffre et le songe. Histoire Politique de la découverte*, Odile Jacob.

**BLIEN U.**, **SUEDEKUM J.** et **WOLF K.** (2006), "Local employment growth in West Germany: A dynamic panel approach", *Labour Economics* 13 (4), pp. 445-458.

**BLOMSTROM M.** et **KOKKO A.** (1998), "Multinational Corporations and Spillovers", *Journal of Economic Surveys*, Vol. 12, n° 3, pp. 247-277.

**BLUNDELL R.** et **BOND S.** (1998), "Initial Conditions and Moment Restrictions in Dynamic Panel Data Models", *Journal of Econometrics*, Vol. 87(n°1), pp. 115.143.

**BOGLICINO F.** et **PIANTA M.** (2010), "Innovation and Employment: a Reinvestigation using Revised Pavitt classes", *Research Policy*, n°39, pp. 799–809.

**BOISCUVIER E.** (2001), "Innovation, intégration et développement régional", *L'Actualité économique*, vol. 77, n° 2, p. 255-280.

**BORREGO CA.** (1998), "Demand for labour inputs and adjustment costs: evidence from Spanish manufacturing firms", *Labour Economics* 5, pp. 475–497.

**BOUABDALLAH K.** (1998), "Hétérogénéité des firmes, flux d'emplois et innovations", *Revue d'économie industrielle*, Volume 84, n°1, pp. 27 – 44.

**BOUABDALLAH K.** et **VILLEVAL M.C.** (1997), "Innovation et croissance des inégalités sur le marché du travail", *Revue d'Économie Politique*, Bilans et Essais, 107(5), pp. 567-605.

**BOUABDALLAH K. et VILLEVAL M.C. (2000), “ Existe-t-il une prime salariale à l’innovation?”, *L'Actualité économique*, vol. 76, n° 2, pp. 225-236.**

**BOUADDALLAH K., GREENAN N. et VILLEVAL M.-C. (1999), “Le biais technologique : fondements, mesures et tests empiriques”, *Revue Française d'Economie*, vol. XIV, n° 1, pp. 171-227.**

**BOUND J. et JOHNSON G (1992), “Changes in the structure of Wages During the 1980s: An Evaluation of Alternative Explanations”, *American Economic Review*, LXXXII, pp. 371-392.**

**BOUOUIYOUR J., HANCHANE H. ET MOUHOUD E.M., 2009, "Investissements directs étrangers et productivité : Quelles interactions dans le cas des pays du Moyen Orient et d'Afrique du Nord?", *Revue économique*, vol. 60, n° 1, pp. 109-132.**

**BRAGA H. et WILLMORE L. (1991), “Technological Imports and Technological Effort: An Analysis of their Determinants in Brazilian Firms”, *The Journal of Industrial Economics*, Vol. 39, pp. 421-432.**

**BRATTI M. et MATTEUCI N. (2004), "Is There Skilled Biased Technological Change in Italian Manufacturing? Evidence from Firm-Level Data", *Quaderni di Ricerca, Working Paper of Università Politecnica delle Marche*, n° 202.**

**BRESNAHAN T.F., BRYNJOLFSSON E. et HITT L.M. (2002), “Information Technology, Workplace Organization and the Demand for Skilled Labor: Firm-Level Evidence”, *Quarterly Journal of Economics*, vol. 117, pp. 339-376.**

**BRESSON G., KRAMARZ F. et SEVESTRE P. (1992), Dynamic labor demand models, In: MATAYS L. et SEVESTRE P. (Eds.), *The Econometrics of Panel Data*, Kluwer Academic Publishers, pp. 360–387.**

**CANIELS M.C.J. (1999), Regional Growth Differentials: The Impact of Locally Bounded Knowledge Spillovers, *PhD thesis, Maastricht University*.**

**CANIELS M.C.J. (2000), “The geographic distribution of patents and value added across european regions”, *Working paper, MERIT, Août*.**

**CANTWELL J. (1989), *Technological innovation and multinational corporations*, Oxford Cambridge, Mass: Blackwell, pp. 16-23.**

**CARD D., KRAMARZ F. et LEMIEUX T. (1999), “Changes in the Relative Structure of Wages and Employment: A Comparison of the United States, Canada, and France,” *Canadian Journal of Economics*, 32 (4), pp. 843–877.**

CAROLI E. et VAN REENEN J. (2001), "Skill-Biased Organizational Change?: Evidence from a Panel of British and French Establishments", *Quarterly Journal of Economic*, 116 (4), pp. 1449-1492.

CARTER C. F. et WILLIAMS B. R. (1957), *Industry and Technical Progress: Factors Governing the Speed of application of Science to Industry*, London: Oxford University Press.

CASSIER M. et FORAY D. (2001), "Economie de la connaissance : le rôle des consortiums de haute technologie dans la production d'un bien public", *Economie & prévision*, n° 105, pp. 107-122.

CASTELLACCI F. (2008), "Technological paradigms, regimes and trajectories: Manufacturing and service industries in a new taxonomy of sectoral patterns of innovation", *Research Policy* 37 (6-7), pp. 978-994.

CATIN M., HANCHANE S. et KAMAL A. (2007), "Structure industrielle, externalités dynamiques et croissance locale au Maroc", *Région et Développement*, n° 25, pp. 46-63.

CATIN M., GHIO S., et VAN HUFFEL C. (2001), "Intégration, investissement direct étranger et concentration spatiale dans les pays en développement", *Région et Développement*, n° 13, pp. 12-46.

CHANG CH. et ROBIN S. (2006), "Doing R&D and/or Importing Technologies: The Critical Importance of Firm Size in Taiwan's Manufacturing Industries", *Review of Industrial Organization* 29, pp. 253-278.

CHAPONNIERE J.R., CLING J.P. et MAROUANI M.A. (2005), "Les conséquences de la fin de l'AMF : le cas de la Tunisie", *Revue française d'économie*, Volume 20 n°2, pp. 151-196.

CHEEBANE H. (1990), La décentralisation industrielle, *Rapport Tunis*.

CHEHAIDER O. (2008), Ouverture commerciale et rattrapage technologique : cas de la Tunisie, *Thèse de doctorat en sciences économiques*, Faculté des sciences économiques et de gestion de Tunis.

CHEHAIDER O. (2009), "Les déterminants de l'activité de recherche et développement des entreprises manufacturières tunisiennes", *Région et Développement* n° 29, pp.160-179.

CHELLOUF I., OUTTARA O. et DOU H. (1999), "La nécessité de la veille technologique en Tunisie", *International Journal of Information Sciences Decision Making*, n°3, pp. 35-47.

CHENELLS L. et VAN REENEN J. (1999), "Has technology hurt less skilled workers? An econometric survey of the effects of technical change on the structure of pay and jobs", *Institute for Fiscal Studies working paper 27*, London.

CHERKAOUI M. et NAINI A., (2002), "Trade liberalization, real exchange rate and export diversification in selected North African Economies", Paper presented in the *Eighth annual conference of ERF*.

CHUDNOVSKY D. et LOPEZ A. (1999), "Globalization and Developing Countries", paper prepared for the UNCTAD/UNDP Global Programme on "Globalization, Liberalization and Sustainable Development".

CLARK J.B. (1907), *Essentials of Economic Theory*, Macmillan, New York.

CLARK N. et JUMA C. (1990), Evolutionary theories in economic thoughts, in Dosi et al., *Technical change and economic theory*, (London: Printer), pp. 197-218.

COE. D.T., HELPMAN E. et HOFFMAISTER. A-W. (1997), "North-South R&D Spillovers", *The Economic Journal*, vol. 107, pp. 134-149.

COE. D.T. et HELPMAN E. (1995), "International R&D spillovers", *European Economics Review*, Vol.39, n° 5, pp. 859-888.

COHEN D. et SAINT-PAUL G. (1994), "Uneven Technological Progress and Job Destructors", *CEPR Discussion Paper n° 979*.

COHEN M. D., BURKHART R., DOSI G, EGIDI M., MARENGO L., WARGLIEN M. et WINTER. S. (1996), "Routines and Other Recurring Action Patterns of Organizations : Contemporary Research Issues", *Industrial and Corporate Change*, 5, pp. 653-698.

COHEN W. et LEVINTHALL D. (1989), "Innovation and learning: The two faces of R&D", *The Economic Journal*, Vol. 99, pp. 569-596.

COHEN W. et LEVINTHALL D. (1990), "Absorptive Capacity: a New Perspective on Learning and innovation", *Administrative Science Quarterly*, pp. 1288-152.

COHENDET P., HERAUD J..A et ZUSCOVITCH E. (1992), *Apprentissage*

technologique, réseaux économiques et appropriabilité des innovations, in Foray D. et Freeman C. (eds), *Technologie et richesse des nations*, Economica.

COHENDET P. et LLERENA P. (1999), "La conception de la firme comme processeur de connaissances", *Revue d'économie industrielle*, Vol. 88., 2e trimestre, pp. 211-235.

CONNOLY M. (2000), "North-South technological diffusion: a new case for dynamic gains from trade", *Duke University, Department of Economics Working Papers n°99-08*.

CONNOLY M. (2003), "The Dual Nature of Trade: Measuring its Impact on Imitation and Growth", *Journal of Development Economics*, Vol: 72, pp. 31-55.

CONTE A. et VIVARELLI M. (2007), "Globalization and Employment: Imported Skill Biased Technological Change in Developing Countries", *Working paper IZA DP n° 2797*.

COLECCHIA A. et SCHREYER P. (2001), "ICT Investment and Economic Growth in the 1990s : Is the United States a Unique Case? A Comparative Study of Nine OCDE Countries", *STI Working Paper, 2001/7*, OCDE, Paris.

COMBES P. (2000), "Economic Structure and Local Growth: France, 1984–1993", *Journal of Urban Economics*, 47, pp. 329-355.

COMBES P., MAGNAC T. et ROBIN J. (2004), "The Dynamics of Local Employment in France", *Journal of Urban Economics*, 56 (2), pp. 217-243.

COTIS J., GERMAIN J. et QUINET A. (1997), "Les effets du progrès technique sur le travail peu qualifié sont indirects et limités", *Économie et Statistique*, n° 301, pp. 23-24.

CRESCENZI (2005), "Innovation and Regional Growth in the Enlarged Europe: The Role of Local Innovative Capabilities, Peripherality, and Education", *Growth and Change*, Vol. 36, (4), pp. 471–507.

CRIFO P. (2005), "L'augmentation des inégalités est-elle le prix à payer pour l'innovation et la croissance?", *Revue Française d'Économie*, 19 (3), pp. 117-157.

DAHLMAN C. et NELSON R.R. (1995), Social Absorption Capability, National Innovation Systems and Economic Development, in Koo B. and Perkins D. (eds) *Social Capability and Long Term Economic Growth*, , pp. 82-122.

DAVID P. et FORAY D. (1995)., “Dépendance du sentier et économie de l'innovation : un rapide tour d'horizon”, *Revue d'Economie Industrielle*, numéro spécial : « Économie industrielle : développements récents », pp. 27-52.

DAVID P. et FORAY D. (2002), “Une introduction à l'économie et à la société du savoir”, *Revue internationale des sciences sociales*, n°171, pp. 13-28

DAVID P.A. et ROTHWELL G. (1994), “Standardization, diversity and learning: strategy for the coevolution of technology and industrial capacity”, *CEPR Publication n°402, Stanford University*.

DAVIS S. (1992), “Cross-Country Patterns of Change in Relative Wages”, *NBER, Working Paper, n° 4085*.

DAVIS S. et HALTIWANGER J. (1992), "Gross Job Creation, Gross Job Destruction and Employment Reallocation", *Quarterly Journal of Economics*, 107, pp. 819-863.

DHAOUI M.L. (1996), *Mise à niveau et Compétitivité de l'Entreprise Industrielle en Tunisie*, Editions Arabesques, Tunis.

DIBIAGGIO L. (1999), "Apprentissage, coordination et organisation de l'industrie – Une perspective cognitive", *Revue d'économie industrielle*, vol.88, n°1, pp.111-136.

DINARDO J.E. et PISCHKE J.S (1997), “The Returns to Computer Use Revisited: Have Pencils Changed the Wage Structure too?”, *Quarterly Journal of Economics*, 112(1), pp.291-303.

DJELLAL F. et GALLOUJ F. (2006), "La relation innovation-emploi dans les services : un bilan et un agenda de recherche", *Travail et Emploi*, n° 108, octobre-décembre, pp. 45-56.

DLALA H. (1990), "Le transfert de technologie et de savoir-faire industriels en Tunisie", *Annales de Géographie*, n°554, pp. 441-457.

DLALA H. (2007), "Métropolisation et recomposition territoriale du Nord-Est tunisien", *Cybergeo: European Journal of Geography*, Environnement, Nature, Paysage, article 410.

DOCKES P. (1990), "Formation et transferts des paradigmes socio-techniques, *Revue Française d'Economie*", vol V, n° 4, pp. 38.

DOGSON M. (1991), *The management of Technological Learning: Lessons from a Biotechnology Company*, Berlin, Walter & Gruyter.

DOMS M., DUNNE T. et TROTSKE K. (1997), "Workers, Wages, and Technology", *Quarterly journal of Economics*, vol. 112, pp. 253-89.

DOUGLAS P.H. (1930), "Technological unemployment", *American Federationist* 37(8), pp. 923-50.

DOSI G. (1982), "Technological paradigms and technological trajectories", *Research Policy*, 11(3), pp.147-162.

DOSI G. (1984), *Technical Change and Industrial Transformation*, St Martin's Press, New York.

DOSI G. (1988), "Sources, procedures, and microeconomic effects of innovation", *Journal of Economic Literature*, Vol. XXVI, pp. 1120-1171.

DOSI G. (1995), "The Contribution of Economic Theory to the Understanding of a Knowledge-Based Economy", *Working Paper 95-56*, June, IIASA, Laxenburg, Austria.

DOSI G. (2002), "A very reasonable objective still beyond our reach : economics as an empirical disciplined social science", Santa Anna Pise, *Working Paper*.

DOSI G., FREEMAN C., NELSON R., SILVERBERG G. et SOETE L. (1988), *Technical change and economic theory*, London and New-York, Pinter Publishers.

DOSI G., NELSON R. (1994), "An introduction to evolutionary theories in economics", *Journal of Evolutionary Economics*, n° 4, pp. 153-172.

DOSI G, TEECE D. et WINTER S. (1990), "Les Frontières des Entreprises: vers une Théorie de la Cohérence de la Grande Entreprise", *Revue d'Economie Industrielle*, vol. 51, pp.242-243.

DUGUET E. et GREENAN N., 1997, "Le biais technologique : une étude économétrique sur données individuelles", *Revue Economique* 48-(3), pp. 1061-1089.

DULLECK U. et FOSTER (2008), “Imported Equipment, Human Capital and Economic Growth in Developing Countries”, *Economic Analysis Policy*, vol.38, n°2, pp. 233-250.

DULUDE L.S. (1982), “Les Flux technologiques interindustriels : une analyse exploratrice du potentiel canadien”, *Actualité Économique*, pp. 259-281.

DUNNE T. et SCHMITZ J.A (1995), “Wages, Employment Structure and Employer Size-Wage Premia: Their Relationship to Advanced Technology Usage at U.S. Manufacturing Establishments”, *Economica*, 62, pp. 89-107.

EATON B. et KORTUM S. (2001): “Technology, Trade and Growth: A Unified Framework”, *European Economic Review*, Vol: 45, pp. 742-755.

EDQUIST C., HOMMEN L. et MCKELVEY M. (2001), *Innovation and Employment*, Edward Elgar, Cheltenham and Northampton.

EL BEKRI F. (2000), “Disparités régionales et développement en Tunisie”, *Revue d'Economie Urbaine et Régionale* 5, pp. 877-914.

EL OUARDIGHI J. (2005), “La spécialisation des activités technologiques des régions européennes : une approche empirique de la convergence”, *Recherches économiques de Louvain*, Vol. 71, pp. 315-343.

ENCAOUA D, GUELLEC D. et MARTINEZ C. (2003), “The Economics of Patents: From Natural Rights to Policy Instruments”, *Cahiers de la MSE*, Collection EUREQua, 124.

ENTORF H. et KRAMARZ F. (1994), “The Impact of New Technologies on Wages: Lessons from Matching Panels on Employees and on their Firms”, *CREST Working Paper*, 947.

ENTORF H. et POHLMEIR W. (1991), “Employment, innovation and export activity”, in Florens, J. et al. (eds) *Microeconometrics : surveys and applications*. Oxford, Basil Blackwell.

ESPOSITO P. et STEHRER R. (2008), “The sector bias of skill-biased technical change and the rising skill premium in transition economies”, *Working Paper* n° 07/08.

FALK M. (2001), “Diffusion of Information Technology, Internet Use and the Demand for Heterogeneous Labor”, *ZEW Discussion Paper* n° 01-48, ZEW, Mannheim.



FEENSTRA R.C. et HANSON G. (1997), Foreign investment, outsourcing and relative wages, In : FEENSTRA R.C, GROSMAN G.M. et IRWIN D.A. (Eds.), *Political economy of trade policy, essays in honour of Jodish Bhagwati*, Cambridge (Mass.).

FELDMAN M.P. (1994), *The Geography of Innovation. Economics of Science, Technology and Innovation*, Dordrecht; Kluwer Academic Publisher

FINDLAY A. (1984), Tunisia: The Vicissitudes of Economic Development, in Lawless R. and Findlay A. (ed.), *North Africa: Contemporary Politics and Economic Development*, St. Martin's Press, New York.

FLUG K. et HERCOWITZ Z. (2000), "Equipment Investment and the Relative Demand for Skilled Labor: International Evidence", *Review of Economic Dynamics*, Vol. 3(No.3), pp. 461-485.

FONTAN J-M. , KLEIN J-L., TREMBLAY D-G (2004), "Innovation et société : pour élargir l'analyse des effets territoriaux de l'innovation", *Géographie, économie, société*, Vol. 6, pp. 115-128.

FORAY D. (1994), "Recherche et technologies – les nouveaux paradigmes de l'apprentissage technologique", *Revue d'économie industrielle*, 1er trimestre, n° 69, pp. 93-104.

FORAY D. (2000), *L'économie de la connaissance*, La Découverte.

FORAY D. (2004), *The Economics of Knowledge*, MIT press.

FORAY D. et LUNDVALL B.A. (1996), The Knowledge -based Economy: in from the Economics of Knowledge to the Learning Economy, in OCDE (1996), *Employment and Growth in the Knowledge-Based Economy*, Paris.

FREEMAN C. (1974), *The Economics of Industrial Innovation*, Frances Pinter, London.

FREEMAN C. (1982), *The Economics of Industrial Innovation*, 2<sup>ème</sup> édition, Frances Pinter, London,

FREEMAN C. (1991), "Innovation, Changes of Techno-Economic Paradigm and Biological Analogies in Economics", *Revue économique*, volume 42, numéro 2, pp. 211-232

FREEMAN C. (1992), *The Economics of Hope. Essays on Technical Change, Economic Growth and the Environment*, London, Pinter.

FREEMAN C. et LOUCA F. (2001), *As Time Goes By. From the Industrial Revolutions to the Information Revolution*, Oxford University Press, Oxford.

FREEMAN C. et PEREZ C. (1988), *Structural Crises of Adjustment : Business Cycles and Investment Behaviour*, in Dosi et al. (eds), *Technical Change and Economic Theory*, London : Pinter Publishers, pp. 38-66.

FREEMAN C. et SOETE L. (1987), *Technical change and Full Employment*, Oxford: Basil Blackwell.

FREEMAN C. et SOETE L. (1994), *Work for all or mass unemployment – computerized technical change into the 21st century*, Pinter Publishers, London.

FU X. et BALASUBRAMANYAM V.N. (2005), “Exports, Foreign Direct Investment and Employment: The Case of China”, *The World Economy*, vol. 24, Issue 4, pp. 607-625.

GAFFARD J.L. (1990), *Economie industrielle et de l'innovation*, Paris, Précis Dalloz.

GAFFARD J.L. (2000), “Equilibre, coordination et cycle”, *Revue économique*, Volume 51, n°5, 2000. pp. 1233-1247.

GALLOUJ F. (1999), “Les trajectoires de l'innovation dans les services: vers un enrichissement des taxonomies évolutionnistes”, *Economies et Sociétés, Série Economie et Gestion des Services*, n°1, pp. 143-169.

GERA S., GU W. et LIN Z. (2001), “Technology and the demand for skills in Canada: an industry level analysis”, *Canadian Journal of Economics* 34, pp. 132–148.

GHALI S. (2001), “Une évaluation de la capacité innovatrice des entreprises tunisiennes”, *Revue Finance & développement de Maghreb*, n°26, pp. 40-49.

GLAESER E.L., KALLAL H.D., SCHEINKMAN J.A. et SHLEIFER A. (1992), “Growth in cities” , *Journal of Political Economy*, vol. 100, n° 6, pp. 1126-1152.

GLASS A. et SAGGI K. (1998), "International technology transfer and the technology gap", *Journal of Development Economics*, Vol. 55, pp. 369-398.

GRAHMAN S. (1998), “The end of geography or the explosion of place? Conceptualizing space, place and information technology”, *Progress in Human Geography* 22 (2), pp. 165– 185.

GRAHMAN S. (2001), "Information technologies and reconfigurations of urban space", *International Journal of Urban & Regional Research*, 25, pp. 405–410.

GREENAN N. (2003), "Organizational change, technology, employment and skills: an empirical study of French manufacturing", *Cambridge Journal of Economics* 27, pp. 287–316.

GREENAN N. et GUELLEC D. (2000), "Technological Innovation and Employment Reallocation", *Labour*, vol. 14, n°4, pp. 547-590.

GREENAN N., MAIRESSE J. et TOPIOL-BENSAID A. (2001), "Information Technology and Research and Development Impacts on Productivity and Skills: Looking for Correlations on French Firm Level Data", *NBER Working Paper*, 8075.

GREENE W.P. (2003), *Econometric Analysis*, Fifth Edition, Prentice Hall, Englewood Cliffs.

GREENWAY D., HINE R. et WRIGHT P. (1999), "An Empirical Assessment of the Impact of Trade on Employment in the United Kingdom", *European Journal of Political Economy*, 15, pp. 485-500.

GREINER A. RUBART J. et SEMMLER W. (2004), "Economic growth, skill biased technical change and wage inequality: A model and estimations for the US and Europe", *Journal of Macroeconomics* 26, pp. 597–621.

GRILICHES Z. (1969), "Capital-Skill Complementarity", *Review of Economics and Statistics*, 51, pp. 465-468.

GRILICHES Z. (1990), Patent statistics as economic indicators: A survey, *Journal of Economic Literature*, 28, p. 1661-707.

GOLDIN C. et KATZ L. F. (1996), "Technology, Skill and the Wage Structure: Insights from the Past", *American Economic Review*, pp. 252-257.

GOLDIN C. et KATZ L. F. (1998), "The Origins of Technology-Skill Complementarity", *Quarterly Journal of Economics*, pp. 693-732.

GORT M. et KLEPPER S. (1982), "Time Paths in the Diffusion of Product Innovations", *Economic Journal*, 92, pp. 630-653.

GOSLING A., MACHIN S. et MEGHIR C. (1994), "What Has Happened to Men's Wages Since the Mid-1960s ?", Institute for Fiscal Studies.

GOUX D. et MAURIN E. (1994), "Éducation, expérience et salaire", *Économie et Prévision*, n° 116, pp. 155-178.

**GOUX D. et MAURIN E. (1995),** “Les transformations de la demande de travail en France, une étude sur la période 1970-1993, ” Mimeo, *INSEE Working Paper*.

**GOUX D. et MAURIN E. (1997),** Le déclin de la demande de travail non qualifié. Une méthode d'analyse empirique et son application au cas de la France, *Revue économique*, vol. 48, n<sup>o</sup>5, pp. 1091-1114.

**GROSSMAN G.M. et HELPMAN E. (1991),** “Trade Knowledge Spillovers and Growth”, *European Economic Review*, vol. 35, pp. 517-526.

**GUELLEC D. (1999),** *Economie de l'innovation*, édition La découverte.

**GUELLEC D. et KABLA I. (1994),** “Le brevet : un instrument d'appropriation des innovations technologiques”, *Economie et statistique*, n<sup>o</sup> 275-276, pp. 83-94.

**HANSON G. et HARISSON A. E. (1999),** "Trade Liberalization and Wage Inequality in Mexico", *Industrial and Labor Relations Review*, Vol. 52(N<sup>o</sup>2), pp. 271-288.

**HARISSON R., JAUMANDREU J., MAIRESSE J. et PETERS B. (2005),** “Does innovation stimulate employment ? A firm-level analysis using comparable micro data from four European countries, research project: Innovation and employment in European firms, Microeconomic Evidence”, *working paper IEEF*.

**HARROD R. (1948),** *Toward a Dynamic Economics*, Macmillan, London.

**HASKEL J. et HEDEN Y. (1999),** “Computers and the Demand for Skilled Labour: Industry and Establishment-Level Panel Evidence for the UK”, *The Economic Journal*, 109, pp. 68-79.

**HASKEL J. et SLAUGHTER M. (2001),** “Does the sector bias of skill-biased technical change explain changing skill premia?”, *European Economic Review* 46, pp. 1757–1783.

**HASAN R. (2002),** “The impact of imported and domestic technologies on the productivity of firms: panel data evidence from Indian manufacturing firms”, *Journal of Development Economics* 69, pp.23-49.

**HENDERSON R., KUNCORO A. et TURNER M. (1995),** “Industrial development in cities”, *Journal of Political Economy*, vol.103, n<sup>o</sup>5, pp.1067-1090.

**HICKS J.R. (1932),** *The Theory of Wages*, Macmillan, London.

**HICKS J.R. (1973),** *Capital and Time*, Oxford, Oxford University Press.

**HOUDEBINE M.** (1999), "Concentration géographique des activités et spécialisation des départements français", *Economie et Statistique*, Volume 326, Numéro 1, pp. 189 -204.

**HU A.G.Z., JEFFERSON G.H. et JINCHANG Q.** (2005), "R&D and technology transfer: firm-level evidence from Chinese industry", *Review of Economics and Statistics* 87 (4), pp. 780–786.

**JACOBS J.** (1969), *The economies of cities*, Random House.

**JAUMENDREU J.** (2003), "Does Innovation Spur Employment ? A Firm-Level Analysis Using Spanish CIS Data", *mimeo*.

**JOHNSON B.** (1992), Institutional learning, in Lundvall B.-Å. (ed.), *National Innovation Systems: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*, London, Pinter Publishers.

**KAMIN J.Y., BIJAMI I. et HARESH, R.** (1982), "Some determinants of cost distribution in the process of technological innovation", *Research Policy*, Vol.11, n° 2, pp. 83-94.

**KARRAY Z. et DRISS S.** (2009), "Structure industrielle, économies d'agglomération, ouverture et croissance régionale en Tunisie", *Région et Développement*, n° 29, pp. 141-154.

**KARAOMERLIOGLU D.C. et ANSAL H.K.** (2000), Innovation and employment in developing countries, in VIVARELLI M. et PIANTA M. (eds), *The Employment Impact of Innovation: Evidence and Policy*, London, Routledge, pp. 164-181.

**KATSOULACOS Y.-S.** (1984), "Product Innovation and Employment", *European Economic Review*, 26, pp. 83-108.

**KATZ D. H. et KRUEGER A. B.** (1997), "Computing Inequality: Have Computers Changed the Labor Market?", *NBER Working Paper*, n° 5956.

**KATZ L. F. et MURPHY K. M.** (1992), Changes in Relative Wages, 1963-1987: Supply and Demand Factors, *Quarterly Journal of Economics*, pp. 35-78.

**KELLER W.** (2001), "The geography and channels of diffusion at the world's technology frontier", *NBER Working Paper 8150*, mars.

**KELLER W.** (2002), "Trade and the transmission of technology", *Journal of Economic Growth*, 7, pp. 5-24.

**KLINE S. J.** et **ROSENBER N.** (1986), An overview of innovation, in Landau R. and N. R. (Eds) *The Positive Sum Strategy: Harnessing Technology for Economic Growth*. Washington, DC, National Academy Press, pp. 275-305.

**KLEINKNECHT A.** (1981), "Observations on the Schumpeterian Swarming of Innovations", *Futures* 13 (4), pp. 293-307

**KLEINKNECHT A.** (1987), *Innovation Patterns in Crisis and Prosperity: Schumpeter's Long Cycle Reconsidered*, Macmillan, London, UK and St. Martin's Press, New York.

**KLEINKNECHT A.** et **VERSPAGEN B.** (1990), "Demand and innovation: Schmookler re-examined", *Research policy*, vol. 19, pp. 387-394.

**KLEPPER S.** (1997), "Industry Life Cycles", *Industrial and Corporate Change*, 6(1), pp. 145-181.

**KLEPPER S.** (2002a), "Firm Survival and the Evolution of Oligopoly", *Rand Journal of Economics*, 33(1), pp. 37-61.

**KLEPPER S.** (2002b), "The Capabilities of New Firms and the Evolution of the US Automobile Industry", *Industrial and Corporate Change*, 11(4), pp. 645-666.

**KLEPPER S.** et **MILLER J.** (1995), "Entry, Exit, Shakeouts in the United States in New Manufactured Products", *International Journal of Industrial Organization*, 13, pp. 567-91.

**KOKKO A.** (1994), "Technology, Market Characteristics and Spillovers", *Journal of Development Economics*, n° 43, pp. 279-293.

**KRIAA M.** et **MONTACER M.** (2009), Agglomération des activités industrielles à Zaghouan : entre logique territoriale et logique incitative, dans Mezouaghi M. (eds), *Les localisations industrielles au Maghreb. Attractivité, agglomération et territoire*, pp. 261-282.

**KRUEGER A.** (1993), "How Computers Changed the Wage Structure: Evidence from Micro Data", *Quarterly Journal of Economics* 108, pp. 33-60.

**KRUGMAN P.** (1991) *Geography and Trade*, MIT Press.

**KUHN T.** (1972), *La structure des révolutions scientifiques*, Paris: Flammarion.

**LAYARD R.** et **NICKELL S.** (1985), "The Causes of British Unemployment", *National Institute Economic Review*, 111, pp. 62-85.

**LABINI P.** (1969), *Oligopoly and technical progress*, Harvard University Press, Cambridge (Mass.).

LAYARD R., NICKELL S. et JACKMAN R. (1991), *Unemployment: Macroeconomic Performance and the Labour Market*, Oxford University Press, Oxford.;

LAYARD R., NICKELL S. et JACKMAN R (1994), *The Unemployment Crisis*, Oxford University Press, Oxford.

LE BAS C. (1995), *Economie de l'innovation*, Editions La Découverte.

LEDERER E. (1931), *Technischer Fortschritt und Arbeitslosigkeit. Tübingen*, J.C.B. Mohr.

LEDERER E. (1938), "Technical progress and unemployment: an enquiry into the obstacles to economic expansion", Geneva and Washington: Internat. Labour Office.

LEE J.W. (1995), "Capital goods imports and long-run growth", *Journal of Development Economics* 48, pp. 91– 110.

LEFRANC A., "Salaires relatifs et chômage : une analyse comparative France : Etats-Unis", *Revue économique*, Volume 48, n°5, pp. 1041-1060.

LEVY et MURNANE (1992), "U.S Earnings Levels and Earnings Inequality Review of Recent Trends and Proposed Explanations", *Journal of Economic Literature* 30, pp. 333-381.

LI B. (2010), "Multinational production and choice of technologies: New evidence on skill-biased technological change from China", *Economics Letters* (108), pp. 81–183.

LORENZI J.-H. et BOURLES J. (1995), *Le choc du progrès technique*, Economica, Paris.

LUCAS R. (1988), "On the mechanics of economic development", *Journal of monetary economics*, n° 22, pp. 3-42.

LUQUE, A. et MIRANDA J. (2000), "Technology Use and Worker Outcomes: Direct Evidence from Linked Employee-Employer Data", *Working Paper 00-13*, Center for Economic Studies, Bureau of the Census.

LUNDVALL B.Å. (1988), Innovation As an Interactive Process : From User-Producer Interaction to the National System of Innovation, in : Dosi, G. et al. (eds), *Technical changing and economic theory*, Londres & New York : Pinter Publishers, pp. 349-369.

LUNDVALL B.Å. (1992), *National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*, Londres: Pinter Publishers.

LUNDVALL B.Å., et JOHNSON B. (1994), "The Learning Economy". *Journal of Industry Studies*, 1, pp. 23-42.

LUNDVALL B. Å. et NIELSEN P. (1999), "Competition and transformation in the learning economy. Illustrated by the danish case", *Revue d'Économie Industrielle*, 88, pp. 67-90.

MACHIN S. (1996), Changes in the relative demand for skills in the UK labor market, In: Booth A., Snower D. (Eds.), *Acquiring Skills: Market Failures, Their Symptoms and Policy Responses*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 129–146.

MACHIN S. et VAN REENEN J. (1998), "Technology and changes in the skill structure: evidence from seven OECD countries", *Quarterly Journal of Economics* 113, pp. 1215–1244.

MACHLUP F. (1983), *Semantic quirks in studies of information*, Ed John Wiley, New York.

MAILLAT D. et KEBIR L. (2006), Learning région et systèmes territoriaux de production , dans Camagni, R. et D. Maillat (dir.), *Milieus innovateurs. Théorie et politiques*. Paris: Economica.

MAIRESSE J., GREENAN. et TOPIOL-BENSAID A. (2001), "Information Technology and Research and Development Impacts on Productivity and Skills: Looking for Correlations on French Firm Level Data", *NBER Working Paper*, n° 8075.

MALERBA F. (1992), "Learning by Firms and Incremental Technical Change", *The Economic Journal*, 102, pp. 845-859.

MALERBA F., NELSON R., ORSENIGO L. et WINTER S. (1999), "History friendly models of industry evolution : the case of the computer industry", *Industrial and Corporate Change*, 8, pp. 3-40.

MANSFIELD E. (1972), *Research and Innovation in the Modern Corporation*, New York: Norton.



MARKUSEN J.R. (1995), "The boundaries of Multinational Enterprises and the Theory of International Trade", *Journal of Economic Perspectives*, vol. 9, n°2, pp. 169-189.

MARKUSEN J.R. et VENABLES AJ (1999), "Foreign direct investment as Catalyst for industrial development", *European Economic Review*, vol.43, pp. 335-356.

MARSHALL A. (1890), *The Principles of Economics*, NY: MacMillan.

MARX K. (1965), *Le Capital*, La Pléiade Gallimard.

MASSARD N, RIOU S (2002) "L'impact des structures locales sur l'innovation en France: Spécialisation ou diversité?", *Régions et développement* 16, pp. 111-136.

MAUREL F. (1996), "Evolutions locales de l'industrie 1982-1992 et convergence régionale : quelques résultats sur données françaises", *document de travail* 96-6, Direction de la Prévision, 22p.

MAUREL F. et SEDILLOT B. (1997), "La concentration géographique des industries françaises", *Economie et Prévision*, n°31, pp. 25-45.

MAXIMIN B. (2003), "Investissement direct étranger, dynamique industrielle et inégalité salariale en Asie", *Mondes en développement*, n° 122, pp. 85-105.

MAYER J. (2001a), "Globalization, Technology Transfer, and Skill Accumulation in Low- Income Countries", *WIDER Discussion Paper* 39.

MAYER J. (2001b), "Technology Diffusion, Human Capital and Economic Growth in Developing Countries", *UNCTAD Working Paper*, n°154, Juin.

MENSCH G. (1979), *Stalemate in technology: innovations overcome the depression*, New York, Ballinger.

METRAL A. (2003), "Forces centrifuges et forces centripètes autour de la métropole tunisoise. Les entrepreneurs locaux, acteurs de la localisation industrielle", *Revue d'Economie Régionale et Urbaine*, n°2, pp. 267-290.

MIHOUBI F. (1997), "Coût des facteurs et substitution capital-travail : une analyse sur le secteur manufacturier", *Economie et statistique*, n° 301-302, 1/2, pp. 129-148.

MILLS B.F. et WHITACRE B.E. (2003) Understanding the non-metropolitan-metropolitan Digital Divide, *Growth and Change* , 34(2), pp. 219-243.

MILNER C. et WRIGHT P. (1998), "Modeling labour market adjustment to trade liberalization in an industrialising economy", *The Economic Journal* 108, pp. 509- 528.

MINCER J. (1993), *Studies in Human Capital: Collected Essays of Jacob Mincer*. Edward Elgar, Cambridge.

MINISTRE DE L'INDUSTRIE – BUREAU DE LA MISE A NIVEAU (2000), "Situation du Programme de Mise à Niveau à fin octobre 2000", Tunis.

MORRISSON C., TALBI B. (1996) : *La croissance de l'économie tunisienne dans la longue période*, Centre de Développement de l'OCDE.

MOUELHI R. (2007), "Impact of trade liberalization on firm's labour demand by skill: The case of Tunisian manufacturing", *Labour Economics*, pp. 539-563.

MOUHOUD E.M. (1998), Foreign Direct Investment, migrations, in *OECD Migration, Free Trade and Regional Integration in the Mediterranean Basin*, OECD Proceedings, Paris.

MOWERY D. C., ROSENBERG N. (1979), "The influence of market demand upon innovation: a critical review of some recent empirical studies", *Research Policy* (8), pp. 102-153.

MRSTDC (2006), "Le Système de Recherche Scientifique et d'Innovation en Tunisie", République tunisienne, juillet.

MRSTDC (2006), "R&D et Innovation en Tunisie, Principaux indicateurs et positionnement international", rapport de ministère de la recherche scientifique, technique et développement des compétences.

MRSTDC (2005), "Les Dépenses de R&D et d'Innovation des Entreprises en Tunisie", rapport de ministère de la recherche scientifique, technique et développement des compétences.

MURPHY E. (1999), *Economic and Political Change in Tunisia: from Bourguiba to Ben Ali*. London: Macmillan.

NEARY J.P. (1981), On the Short-run Effects of Technological Progress, *Oxford Economic Papers*, 32, pp. 224-33.

NELSON R., WINTER G. et SIDNEY G. (1977), "In search of useful theory of innovation," *Research Policy*, vol. 6(1), pp. 36-76.

NELSON R. et WINTER G. (1982), *An Evolutionary Theory of Economic Change*, The Belknap Press of Harvard University, Cambridge, (Mass).

NICKELL S. et BELL B. (1995), "The Collapse in Demand for the Unskilled and Unemployment across the OECD, *Oxford Review of Economic Policy*, 11 (1), pp. 40-62.

NICKELL S. et KONG P. (1989), "Technical Progress and Jobs, Centre for Labour Economics", London School of Economics, *Discussion Paper n°366*, London.

OCDE (1993), *Manuel de Frascati : la Mesure des Activités Technologiques et Scientifiques*, OCDE.

OCDE. (1994a), *Innovation, brevets et stratégies technologiques*, OCDE.

OCDE. (1994b), *Résumé du manuel de FRASCATI*, OCDE.

OCDE, (1996a), *The Knowledge-Based Economy*, Paris, OCDE.

OCDE (1996b), *Perspectives de l'emploi de l'OCDE*, OCDE.

OCDE (1997), *Principes directeurs proposés pour le recueil et l'interprétation des données sur l'innovation technologique : Manuel d'Oslo*, Série "Mesure des activités scientifiques et techniques", Paris.

OCDE (2002a), *L'investissement direct étranger au service du développement : Optimiser les avantages ; Minimiser les coûts*, Paris, France.

OCDE (2002b), *Perspectives des technologies de l'information de l'OCDE*, OCDE

OCDE (2004), "Brevets et innovations : Tendances et enjeux pour les pouvoirs publics", Paris.

OCDE (2004b), *Perspectives des technologies de l'information de l'OCDE*. OCDE

OCDE (2005), *Regards sur l'éducation : Les indicateurs de l'OCDE 2005*, Edition OCDE.

OCDE (2010), *Perspectives de l'emploi de l'OCDE*, OCDE.

O'CONNOR D. et LUNATI M.R. (1999), "Economic Opening and the Demand for Skills in Developing Countries. A Review of Theory and Evidence", *OECD Technical Papers*, 149, OECD.

PAMUKCU T. et CINCERA M. (2001), "Analyse des déterminants de l'innovation technologique dans un Nouveau Pays Industrialisé : une étude économétrique sur données d'entreprises dans le secteur manufacturier turc", *Économie et Prévision*, 4-5, n° 150, pp. 139-158.

PASINETTI L. (1981), *Structural Change and Economic Growth*, Cambridge, Cambridge University Press.

PATEL P. et PAVITT K. (1995), *Patterns of technological Activity: Their Measurement and Interpretation*, Handbook of the economics of innovation and technological change, Oxford UK& Cambridge USA: Blackwell, pp. 14-51.

**PAULRÉ B.** (1997), "L'apport de l'évolutionnisme contemporain à l'analyse économique de l'innovation, *Economie Appliquée*, n°3, pp. 121-150.

**PAULRÉ B.** (2004), L'analyse évolutionniste contemporaine du changement technique et de l'innovation, Contribution à *L'Economie Industrielle en Mutation*, A. Hamdouch (Ed.), Numéro spécial de *CLES*, Paris, L'Harmattan.

**PAVITT K.**, (1984), "Sectoral Patterns of Innovation: Towards a Taxonomy and a Theory", *Research Policy*, 13, pp. 343-373.

**PAVITT K.**, (1986), "Technology, Innovation and Strategic Management, in J. Gee. Me and Thomas H. (eds.), *Strategic Management Research: A European Perspective*, New York, Wiley.

**PEREZ C.** (1983), "Structural Change and Assimilation of New Technologies in the Economic and Social Systems". *Futures* 15(5), pp. 357-75.

**PEREZ C.** (2002), *Technological Revolutions and Financial Capital: The Dynamics of Bubbles and Golden Ages*, Cheltenham, UK: Edward Elgar.

**PEREZ C.** (2004), Technological Revolutions, Paradigm Shifts and Socio-Institutional Change, in Reinert, Erik (ed), *Globalization, Economic Development and Inequality: An Alternative Perspective*. Cheltenham, UK: Edward Elgar, pp. 217-242.

**PETERS B.** (2004), "Employment effects of different innovation activities: Microeconomic evidence", *ZEW Discussion Paper* 04-73, ZEW.

**PIANTA M.** (2001), "Innovation, Demand and Employment", in Petit and Soete (ed), *Technology and the Future of European Employment*, , Edward Elgar, UK and US, pp. 142- 165.

**PIANTA M.** (2003), Innovation and Employment, in Fagerberg J., Mowery D. et Nelson R. (eds), *Handbook of Innovation*, Oxford University Press (forth).

**PIGOU A.** (1962), *The Economics of Welfare*, Macmillan, London, first edn 1920.

**PIVA M.** (2003), "The Impact of Technology Transfer on Employment and Income Distribution in Developing Countries: A Survey of Theoretical Models and Empirical Studies", *ILO Working Paper* n° 15.

**PIROTTE A.** (1994), Court terme et long terme en économétrie : l'apport de cointégration en données de panel, *thèse de Doctorat*, Université de Paris XII-Créteil.

**PIROTTE A.** (1996), "Estimation de relations de long terme sur données de panel : nouveaux résultats", *Economie et Prévision*, n° 126, pp. 143-161.

PORTER M. E. (1990) *The competitive advantage of nations*, London : MacMillan Press.

POTIER (2002), "Joseph Alois Schumpeter, Business Cycles : Theoretical, historical and Statistical analysis of the capitalist process", in : Greffe X., Lallement J. et De Vroey M. (eds) *Dictionnaire des grandes œuvres économiques*, Paris : Dalloz, pp. 500-508.

QINGXUQN M. et MINGWHI L. (2002), "New economy and ICT development in China", *Information Economics and Policy*, 14(2), pp. 275-295.

RAHMOUNI M., AYADI M., YILIDIZOGLY M. (2010), "Characteristics of innovating firms in Tunisia: The essential role of external knowledge sources", *Structural Change and Economic Dynamics*, 21(3), pp. 181-196.

RALLET A. (1995), "Libéralisation de l'économie, problématique de développement régional et routines institutionnelles : le cas de la Tunisie", *Revue Région & Développement*, n°2, pp. 1-25.

REZGUI S. (2004), "localisation géographique, commerce international et diffusion des connaissances technologiques", *Economie internationale*, n°97, pp. 129-144.

REZGUI S. et SALAH H. (1999), "Y'-a-t-il des effets de Report de Technologies liées au commerce International et à l'IDE", *Annales d'Economie et de Gestion*, vol. 6, n°12.

REILLY K.T. (1995), "Human capital and information", *Journal of Human Resources*, 30, pp. 1-18.

RICARDO D. (1951), *On the Principles of Political Economy and Taxation*, Cambridge University Press. Works and Correspondence of David Ricardo, volume 1, edited by Piero Sraffa with the collaboration of Maurice Dobb.

RIFKIN (1996), *La fin du travail*, La Découverte, Paris.

ROSENBERG N. (1974), "Science, Innovation and Economic Growth", *Economic Journal*, 84, pp. 90-108.

ROSENBERG N. (1982), "Inside the Black Box", Cambridge University Press.

ROBBINS D.J. (1996), "Stolper-Samuelson (Lost) in the Tropics? Trade Liberalization and Wages in Colombia: 1976-1994", *Development Discussion Paper*, 563, Harvard Institute for International Development.

ROMER P. (1990), Endogenous technological change, *Journal of Political Economy* 98, pp. 71-102.

ROSENBLOOM R.S. et CHRISTENSEN C.M. (1998), Technological discontinuities, organizational capabilities, and strategic commitments, In Dosi G., Teece D.J. and Chytry, J. (eds.), *Technology, organization, and competitiveness: perspective on industrial and corporate change*, New York: Oxford University Press, pp. 215-245.

ROTHWELL R. (1994), "Industrial innovation: success, strategy, trends". In: Dogson, M., Rothwell, R. (Eds.), *The Handbook of Industrial Innovation*. Edward Elgar, United Kingdom.

SAAFI S. (2007), "Caractéristiques notables du système tunisien d'innovation", *Cahiers du Labo RII*, n° 155, juin.

SAAFI S. (2008), "Diffusion des innovations technologiques, emploi et théorie de compensation", *Cahiers du LAB-RII*, doc n° 184.

SAAFI S. (2009), "Innovations technologiques, mobilité et demande de la main d'œuvre qualifiée : une analyse au niveau des industries tunisiennes", *Revue européenne du droit social*, n° 1(3).

SAAFI S. et SBOUI F. (2011), "Conséquences de la diffusion des innovations technologiques sur l'emploi industriel en Tunisie : Une analyse par les données de panel, *Revue d'Économie Industrielle*", à paraître.

SALMON R. et SHAVER J. (2005), "Learning by exporting: new insights from examining firm innovation", *Journal of Economics & Management Strategy* 14, pp. 431-460.

SAUVY A. (1980), *La machine et le chômage: le progrès technique et l'emploi*, Dunod, Collection l'Oeil Economique.

SAY J.B. (1964), *A Treatise on Political Economy or the Production, Distribution and Consumption of Wealth*, M. Kelley, New York, first (edn) 1803.

SCHERER F.M. (1982.), "Demand-Pull and Technological Invention: Schmoookler Revisted", *The Journal of Industrial Economics*, vol.30, pp.225-237.

SCHMOOKLER J. (1966), *Invention and Economic Growth*", Cambridge, Mass : Harvard University Press.

SCHUMPETER J. (1911), *The Theory of Economic Development*, Cambridge, MA: Havard University Press.

SCHUMPETER J. (1939), *Business Cycles: A Theoretical, Historical and Statistical Analysis of the Capitalist Process*, 2vols, McGraw-Hill, New York.

SCHUMPETER J. (1942), *Capitalism Socialism and Democracy*, New York, Harper.

SCHUMPETER J. (1954), *Histoire de l'analyse économique*, tome 1, Gallimard.

SCHUMPETER J. (1988), Le cycle de la conjoncture (1912). Commentaire de G. Schméder, *Revue française d'économie*, vol.3, n<sup>o</sup>4, pp.213.

SCOTT D.N. et COOK D.Y. (1996), "Culture Organisation Learning", in Cohen M.D. and Sproull L.S. (ed.), *Organisational learning*, pp. 430-459.

SILVERBERG G. (1991), Adoption and Diffusion of Technology as a Collective Evolutionary Process, in Nakicenovic N. and Grubler A. (eds), *Diffusion of Technologies and Social Behavior*, IIASA/Springer- Verlag.

SIMON H. (1955), "A behavioral model of rational choice", *Quarterly Journal of Economics*, 69, pp. 129-138.

SIMON H. (1981), *The Sciences of artificial*, Cambridge (Mass.), MIT Press.

SIMON H. (1997), *An empirically based microeconomics*, Mattioli Lectures, Cambridge, New York, Cambridge University Press.

SIMONETTI R., TAYLOR K. et VIVARELLI M. (2000), Modeling the employment impact of innovation, Do compensation mechanisms work?, in Vivarelli, M. et Piant, M. (ed), *The Employment Impact of Innovation: Evidence and Policy*, London, Routledge, pp. 27-43.

SISMONDI J.C.L. (1971), "*Nouveaux Principes d'Economie Politique ou de la Richesse dans ses Rapports avec la Population*", Paris, Calmann- Levy, first (edn) 1819.

SINCLAIR P.J.N (1983), "Wen will technical Progress Destroy jobs", *Oxford Economic Papers*, New Series, vol. 33, n<sup>o</sup>1, pp. 1-18.

SINHA (1994), "Les technologies de l'information et la perspective du chômage technologique dans les pays en développement", *Tiers-Monde*, tome 35, n<sup>o</sup>138, pp. 411-424.

SMITH A. (1991), "*La richesse des nations*", tome I, Flammarion, première édition 1771.

STANKIEWCZ F. (2004), "Travail, progrès technique et valorité différentielle le problème de la sélection des travailleurs", *Revue d'économie politique*, vol. 114, pp. 111-131.

STIGLITZ J.E. (1987), Learning to Learn, Localized Learning and Technological Progress, in Dasgupta P., Stoneman P. (eds), *Economic Policy and Technological Performance*, Cambridge University Press.

STEINMUELLER W. E. (1994), Industrial Innovation: Success, Strategy, Trends, in Rothwell R. et Dodgson M. (ed.). *The Handbook of Industrial Innovation*, Edward Elgar, pp. 54-66.

STONEMAN P. (1983), "New Technology, Demand and Employment", in Bosworth, D.L., *The Employment Consequences of Technological Change*, Macmillan, London.82-96.

STONEMAN P. (1983), *The Economic Analysis of Technological Change*, Oxford University Press, Oxford.

SOETE L. (1987), Employment, Unemployment and Technical Change, in Freeman C. et Soete L. (ed), *Technical change and full employment*, Basil Blackwell, New York, 279 pp.

SOETE L. (2001), "TIC, économie du savoir et emploi: un défi pour l'Europe", *Revue internationale du Travail*, vol. 140(2), pp. 184-205.

SOETE L. et MIOZZO M. (1990), "Trade and development in services: a Technological perspective", mimeo, MERIT.

SOLOW R. (1956), "A Contribution to the Theory of Economic Growth", *Quarterly Journal of Economics*, vol. 70, pp. 65-94.

SOLOW R. (1957), "Technical change and the aggregate production function", *The Review of Economics and Statistics*, Vol.39, n° 3, pp. 312-320.

STUART M.J. (1848), *Principes d'économie politique*, éd. Guillaumin, Paris, 1873

TIDD J., BESSANT J. et PAVITT K. (2001), *Managing Innovation*, John Wiley & Sons, New York.

TLILI A. (2006), Retombées de la R&D domestique et étrangère sur la productivité totale des facteurs : un essai d'évaluation pour le cas de la Tunisie, Thèse de Doctorat, Faculté des Sciences Economiques et de Gestion de Sfax

UNCTAD, 2001, *World Investment Report*, Promoting Linkages.

UNESCO (2006), "Enquête sur l'innovation dans les pays en développement", Atelier sur les statistiques de la S-T pour l'Afrique francophone, Dakar, Sénégal.



UZUNIDIS D. (2003), Emergence d'acteurs d'innovation « locaux » , in Blandine Laperche (coordination), *L'innovation orchestrée : Risque et organisation, Economie et Innovation*, L'Harmattan.

VAN DUIJN J. (1981), "Fluctuations in Innovations over time", *Futures*, vol. 13, n°4, pp. 264-275.

VAN DUIJN J. (1983), *The long wave in economic life*, London, George Allen and Unwin.

VAN REENEN J. (1996), "The Creation and Capture of Rents: Wages and Innovation in a Panel of U.K. Companies", *Quarterly Journal of Economics*, 111(1), pp. 195-226.

VAN REENEN J. (1997), "Employment and Technological Innovation : Evidence from U.K. Manufacturing Firms", *Journal of Labor Economics*, vol. 15, pp. 255-84.

VIGINIER P., PAILLARD S. , LALLEMENT R. , HARFI M. , MOUHOUD EL-M et SIMONIN B. (2002), *La France dans l'économie du savoir : pour une dynamique collective*, rapport au Commissariat général du Plan, La Documentation française

VIVARELLI M. (1995), *The Economics of Technology and Employment : Theory and Empirical Evidence*, Elgar, Aldershot.

VIVARELLI M. (2007), "Innovation and employment: A survey", *IZA Working Paper*, n° 2621.

WALCOWIAK (2006), "Renouvellement de la main-d'œuvre et modernisation des entreprises", *Revue économique*, vol. 57, pp. 1205-1233.

WINTER S. (1964), "Economic 'Natural Selection' and the Theory of the Firm", *Yale Economic Essays*, 4, printemps, pp. 225-272.

WINTER S., (1987), Knowledge and competence as strategic assets , in Teece D.J.(ed), *The competitive challenge : strategies for industrial innovation and renewal*, Cambridge, Ballinger, pp. 159-183.

WOOD A. (1997), *North-South Trade: Employment and Inequality. Changing Fortunes in a Skill-Driven World*, Oxford: Clarendon Press.

XU B. et WANG J. (2000), "Trade, FDI, and International Technology Diffusion", *Journal of Economic Integration*, vol.15, pp.585-601.

ZIND R. (1978), “L’hypothèse hicksienne de neutralité technologique : analyse et estimation”, *L'Actualité économique*, vol. 54, n° 4, pp. 531-538.

ZIND R. (1981), “Modèle d’estimation de l’élasticité de substitution et du progrès technologique”, *L'Actualité économique*, vol. 57, n° 2, pp. 148-159.

## LISTE DES TABLEAUX

---

TABLEAU 2. 1 : LE CYCLE DE VIE DE PRODUIT DE (ABERNATHY ET UTTERBACK, 1978), UN CYCLE DE L'EMPLOI-----	76
TABLEAU 2. 2 : LE CYCLE DE VIE DE PRODUIT DE GORT ET KLEPPER (1982), UN CYCLE DE L'EMPLOI --	78
TABLEAU 2. 3 : TRAJECTOIRES TECHNOLOGIQUES SECTORIELLES ET LEURS CONSEQUENCES SUR L'EMPLOI -----	85
TABLEAU 2. 4 : LES CYCLES LONGS CHEZ SCHUMPETER-----	86
TABLEAU 2. 5 : CHANGEMENT DE PARADIGMES TECHNO-ECONOMIQUES ET CYCLES LONGS -----	95
TABLEAU 2. 6 : PRINCIPALES TYPOLOGIES DE LA CONNAISSANCE-----	99
TABLEAU 3. 1: VARIATION DU TAUX DE CHOMAGE DES HOMMES, SELON LE NIVEAU D'INSTRUCTION, ENTRE 1971-1974 ET 1987-1990 -----	110
TABLEAU 3. 2: ÉVOLUTION DU TAUX DE CHOMAGE PAR NIVEAU D'INSTRUCTION ENTRE 1994 ET 2008	111
TABLEAU 3. 3: SALAIRE RELATIF SELON LE DIPLOME, EN MULTIPLES DU SALAIRE DES MOINS DIPLOMES (DIP5) -----	114
TABLEAU 3. 4 : NATURE DES OBSTACLES A L'INNOVATION DANS LES PED -----	151
TABLEAU 4. 1 : LES DIFFERENTES PHASES DU DEVELOPPEMENT ECONOMIQUE DE LA TUNISIE DEPUIS L'INDEPENDANCE -----	166
TABLEAU 4. 2 : STATISTIQUES DESCRIPTIVES DE BREVETS-----	172
TABLEAU 4. 3 : TAUX DE CROISSANCE DE LA VALEUR DE TECHNOLOGIES IMPORTEES -----	173
TABLEAU 4. 4 : STATISTIQUES DESCRIPTIVES DES INDUSTRIES TUNISIENNES EN 2006 -----	183
TABLEAU 4. 5 : CREATION ANNUELLE D'EMPLOIS -----	183
TABLEAU 4. 6 : CROISSANCE ANNUELLE DE L'EMPLOI ET DE LA VALEUR AJOUTEE, 1997-2006-----	187
TABLEAU 4. 7 : RESULTATS D'ESTIMATION DU MODELE (4.6) : MODELE A EFFETS FIXES-----	189
TABLEAU 4. 8 : RESULTATS D'ESTIMATION DU MODELE (4.9) PAR LA METHODE GMM EN SYSTEME --	193
TABLEAU 4. 9 : EFFETS A MOYEN ET LONG TERME -----	194
TABLEAU 4. 10 : RESULTATS D'ESTIMATION DU MODELE (4.10) PAR LA METHODE GMM EN SYSTEME	200
TABLEAU 5. 1: CHANGEMENT DANS LA PART DE LA MAIN D'OUVRE QUALIFIEE ENTRE 1997 ET 2006--	210
TABLEAU 5. 2 : L'EFFET DE LA DIFFUSION DE TECHNOLOGIES SUR LA DEMANDE DE LA MAIN D'ŒUVRE QUALIFIEE -----	218
TABLEAU 5. 3 : L'EFFET DE LA DIFFUSION DE TECHNOLOGIES SUR LA DEMANDE DE LA MAIN D'ŒUVRE NON QUALIFIEE -----	221
TABLEAU 5. 4 : L'EFFET DE LA DIFFUSION DE TECHNOLOGIES SUR LA STRUCTURE DE QUALIFICATION	223
TABLEAU 5. 5 : STATISTIQUES DESCRIPTIVES DES INDICATEURS DES FLUX D'EMPLOIS -----	225
TABLEAU 5. 6 : L'EFFET DE LA DIFFUSION DE TECHNOLOGIES SUR LES FLUX D'EMPLOIS -----	227
TABLEAU 6. 1 : INDICES DE CONCENTRATION -----	233
TABLEAU 6. 2 : INDICES DE SPECIALISATION -----	235
TABLEAU 6. 3 : STATISTIQUES DESCRIPTIVES DES INDUSTRIES TUNISIENNES EN 2008 -----	238
TABLEAU 6. 4: REGRESSIONS GLOBALES* -----	247
TABLEAU 6. 5 : REGRESSIONS SECTORIELLES* -----	250
TABLEAU 6. 6 : REGRESSIONS REGIONALES* -----	252

## LISTE DES FIGURES

---

FIGURE 1. 1 : LE MECANISME DE COMPENSATION « VIA LA DIMINUTION DES PRIX » -----	31
FIGURE 1. 2 : LE MECANISME DE COMPENSATION « VIA LA DIMINUTION DES SALAIRES » -----	34
FIGURE 1. 3 : REPRESENTATION SCHEMATIQUE DES MECANISMES DE COMPENSATION-----	36
FIGURE 1. 4 : CHOMAGE KEYNESIEN -----	39
FIGURE 1. 5 : REPRESENTATION SCHEMATIQUE DU MODELE DE STONEMAN (1983) -----	47
FIGURE 2. 1: MODELE DE « LA CHAINE INTERCONNECTEE » DE KLINE ET ROSENBERG (1986)-----	62
FIGURE 3. 1: ÉVOLUTION DES SALAIRES RELATIFS PAR NIVEAU D'INSTRUCTION AUX ETATS-UNIS 1973- 2007-----	113
FIGURE 3. 2 : DEMANDE RELATIVE DE LA MAIN D'ŒUVRE QUALIFIEE -----	134
FIGURE 4. 1 : EVOLUTION DE DIRD/PIB (1997-2006) -----	168
FIGURE 4. 2 : LA REPARTITION DE DIRD PAR SOURCE DE FINANCEMENT EN 2004 -----	169
FIGURE 4. 3 : ÉVOLUTION DU NOMBRE DE CHERCHEURS PAR 1000 HABITANTS EN TUNISIE -----	170
FIGURE 4. 4 : ÉVOLUTION DE LA COMPOSITION SECTORIELLE DE L'EMPLOI INDUSTRIEL, 1997-2006--	196
FIGURE 5. 1 : EVOLUTION DE DIFFERENTES CATEGORIES D'EMPLOIS SUR LA PERIODE 1997-2006 (1997=1) -----	208
FIGURE 5. 2 : EVOLUTION DE LA PART DE LA MAIN QUALIFIEE DANS L'EMPLOI TOTAL DURANT LA PERIODE 1997-2006-----	209
FIGURE 5. 3 : CORRELATION ENTRE LES DEPENSES EN R&D ET LA MAIN D'ŒUVRE QUALIFIEE -----	215
FIGURE 5. 4 : ÉVOLUTION DES ENTREES D'IDE DANS LE SECTEUR MANUFACTURIER TUNISIEN -----	216
FIGURE 6. 1 : CARTE DE LA REPARTITION GEOGRAPHIQUE DE L'EMPLOI INDUSTRIEL PAR GOUVERNORATS (EN 2008) -----	232
FIGURE 6. 2 : CROISSANCE ANNUELLE DE L'EMPLOI INDUSTRIEL, PAR SECTEUR D'ACTIVITE, DANS LA REGION DE GRAND TUNIS (EN POURCENTAGE)-----	236
FIGURE 6. 3 : CROISSANCE ANNUELLE DE L'EMPLOI INDUSTRIEL, PAR SECTEUR D'ACTIVITE, DANS LA REGION DE CENTRE EST (EN POURCENTAGE) -----	236
FIGURE 6. 4 : CARTE DE LA REPARTITION GEOGRAPHIQUE DU STOCK DES BREVETS PAR GOUVERNORATS EN 2004 (EN POURCENTAGE)-----	241
FIGURE 6. 5 : CARTE DE LA REPARTITION GEOGRAPHIQUE DES ABONNEES DE L'INTERNET PAR GOUVERNORATS EN 2004 (EN POURCENTAGE)-----	243
FIGURE 6. 6 : CARTE DE LA REPARTITION GEOGRAPHIQUE DES IDE DANS LES GOUVERNORATS TUNISIENNES EN 2004 (POURCENTAGE)-----	245

## TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION GÉNÉRALE-----	1
----------------------------	---

### PREMIÈRE PARTIE

#### INNOVATIONS TECHNOLOGIQUES ET EMPLOI INDUSTRIEL : VERS UNE THEORIE GLOBALE DE L'IMPACT DE L'INNOVATION SUR L'EMPLOI

#### CHAPITRE I : DIFFUSION DES INNOVATIONS TECHNOLOGIQUES ET EMPLOI : APPORTS DE LA THEORIE ECONOMIQUE STANDARD ----- 17

1. Les analyses «orthodoxes» de l'innovation -----	18
1.1. Les définitions «conventionnelles» de l'innovation -----	18
1.2. L'origine de l'innovation et le débat «technology push» versus «demand pull» -----	20
1.2.1. L'innovation poussée par la technologie et les opportunités technologiques -----	20
1.2.2. La demande comme facteur de l'innovation -----	22
2. La théorie économique standard et le débat innovation-emploi -----	25
2.1. Les premiers classiques: SMITH, RICARDO, SCHUMPETER-----	25
2.1.1. Adam Smith et la notion de division du travail -----	25
2.1.2. Ricardo, une opinion optimiste nuancée -----	26
2.1.3. Schumpeter et le processus de destruction créatrice -----	28
2.2. Théorie de compensation et propositions empiriques vérifiables -----	29
2.2.1. Les mécanismes de compensation -----	29
2.2.1.1. Le mécanisme de compensation « via les nouvelles machines » -----	29
2.2.1.2. Le mécanisme de compensation « via la diminution des prix » -----	30
2.2.1.3. Le mécanisme de compensation « via les nouveaux investissements » -----	32
2.2.1.4. Le mécanisme de compensation « via la diminution des salaires » -----	33
2.2.1.5. Le mécanisme de compensation « via l'augmentation des revenus » -----	35
2.2.1.6. Le mécanisme de compensation « via les nouveaux produits » -----	35
2.2.2. Critiques de la théorie de compensation -----	37
2.3. L'approche néoclassique -----	40
2.3.1. Le modèle de Neary -----	40
2.3.2. Le modèle de Sinclair -----	42
2.3.2.1. Cas 1: salaire réel horaire fixe -----	42
2.3.2.2. Cas 2: part du travail dans le revenu fixe -----	43
2.3.2.3. Cas 3 : salaire nominal fixe -----	43
2.3.2.4. Cas 4: Relation fixe entre les prix et les salaires nominaux -----	44
2.3.3. Le modèle de Stoneman -----	44
2.3.4. Commentaires -----	48
Conclusion -----	49

#### CHAPITRE II : ANALYSE ÉVOLUTIONNISTE DE L'INNOVATION ET APPORTS DANS LA PROBLÉMATIQUE INNOVATION-EMPLOI----- 51

1. Origines de la théorie évolutionniste de l'innovation -----	51
1.1. Les critiques de l'« orthodoxie contemporaine » -----	52
1.1.1. L'appréhension des problèmes économiques -----	52
1.1.2. L'absence d'un équilibre unique -----	53
1.1.3. L'hypothèse de maximisation du profit -----	54
1.1.4. La remise en question la fonction de production -----	55
1.2. Les inspirations positives -----	56
1.2.1. L'inspiration schumpetérienne -----	56
1.2.2. L'inspiration alchianienne -----	57
1.2.3. L'inspiration simonienne -----	58

2. Les faits stylisés de l'innovation dans l'approche évolutionniste-----	60
2.1. L'innovation est un processus interactif-----	61
2.2. L'innovation est un processus d'apprentissage -----	64
3. Les concepts fondamentaux : paradigmes technologiques, paradigmes techno-économiques et trajectoires technologiques -----	67
3.1. Paradigmes technologiques et paradigmes techno-économiques -----	68
3.1.1. Paradigmes technologiques-----	68
3.1.2. Paradigmes techno-économiques -----	70
3.1.3 Trajectoires technologiques -----	73
4. Renouveau de l'analyse de la relation innovation emploi : Le point de vue des théories évolutionnistes -----	74
4.1. Le cycle de vie de produit et la question de l'emploi -----	75
4.1.1. Le modèle d'Abernathy et Utterback-----	75
4.1.2. Le modèle de Gort et Klepper -----	77
4.2. Les approches taxonomiques -----	78
4.2.1. La taxonomie de trajectoires technologiques sectorielles de Pavitt (1984)-----	79
4.2.2. La taxonomie de Castellacci (2008) -----	81
4.2.3. Nature de trajectoires technologiques et leurs conséquences sur l'emploi -----	84
4.3. Cycles longs et dynamique de l'emploi-----	86
4.3.1. Schumpeter et cycles longs-----	86
4.3.2. Les thèses de concentration de l'innovation -----	88
4.3.3. La thèse de diffusion des innovations et la problématique de l'emploi-----	90
4.3.4. Changement de paradigmes techno-économiques, cycles longs et emploi -----	92
5. Economie de la connaissance, technologies de l'information et de la communication et emploi-----	96
5.1. L'économie de la connaissance : de quoi parle-t-on?-----	96
5.1.1. Connaissance et information -----	96
5.1.2. Les typologies de la connaissance -----	98
5.1.3. La connaissance en tant que bien public et le dilemme de la connaissance ----	100
5.2. Les trois approches de l'économie de la connaissance-----	101
5.3. Technologies de l'information et de la communication et économie de la connaissance -----	102
5.4. Technologies de l'information et de la communication et la nouvelle problématique de l'emploi -----	104
Conclusion -----	105

## CHAPITRE III : THESE DU BIAIS TECHNOLOGIQUE : FAITS, FONDEMENT THEORIQUE ET TESTS EMPIRIQUES-----107

1 : Évolution des marchés du travail : Les faits empiriques-----	108
1.1. Le déclin de la demande de la main-d'œuvre peu qualifiée-----	108
1.2. L'augmentation des inégalités salariales -----	112
2 : Quelques preuves au progrès technique biaisé -----	115
2.1. L'accélération récente du progrès technique -----	116
2.2. De la complémentarité entre les nouvelles technologies et les qualifications -----	117
2.3. La prime salariale liée à l'innovation -----	119
3 : Thèse de biais technologique : Fondement théorique-----	122
3.1. Neutralité et changement technologique biaisé -----	122
3.1.1. Notion de neutralité du changement technologique -----	122
3.1.2. Biais technologique -----	123
3.1.2.1. Biais hicksien -----	125
3.1.2.2. Biais harodien-----	126
3.1.2.3. Biais solowien -----	127
3.2. Le choc de progrès technologique biaisé dans les modèles d'équilibre : Présentation de quelques modèles théoriques-----	127
3.2.1. Le modèle de Cotis et al. (1997)-----	128
3.2.1.1 Le cadre et la spécification du modèle-----	128
3.2.1.2. Effets sectoriels d'un choc de progrès technique biaisé-----	129
3.2.2. Le modèle d'Acemoglu (1998) -----	131

3.2.2.1. Structure et hypothèses du modèle-----	132
3.2.2.2. L'équilibre du modèle -----	133
3.2.2.3. Conclusions du modèle-----	134
3.2.3. Le modèle de Greiner et al. (2004) -----	136
3.2.3.1. Présentation du modèle-----	136
3.2.3.2. Quelles sont les facteurs déterminants de la prime de qualification?-----	137
4 : Les approches empiriques -----	139
4.1. L'approche à l'aide d'une fonction de coût -----	139
4.1.1. Le progrès technique comme facteur résiduel-----	140
4.1.2. Le progrès technique représenté par un index général-----	141
4.1.3. Le progrès technique directement mesuré-----	141
4.2. L'approche à l'aide d'une fonction de production-----	144
4.2.1. Le cas d'une fonction de type CES-----	144
4.2.2. Le cas d'une fonction de type Cobb Douglas-----	145
4.3. L'approche à l'aide d'une équation de salaire-----	146
4.4. Les résultats de quelques études économétriques -----	146
5. Biais technologique dans le contexte des pays en développement -----	150
5.1. Réalités de l'innovation dans les pays en développement-----	150
5.2. Les principaux canaux de la diffusion de technologies -----	152
5.1.1. Le rôle des importations de biens d'équipements dans la diffusion de technologies	152
5.2.2. La diffusion de technologies via l'investissement direct étranger -----	154
5.3. Technologie transférée et biais technologique -----	155
Conclusion -----	157

## DEUXIÈME PARTIE

### MODÉLISATION DE L'IMPACT DE L'INNOVATION TECHNOLOGIQUE SUR L'EMPLOI : CAS DES INDUSTRIES TUNISIENNES

#### CHAPITRE IV :CONSEQUENCES DE LA DIFFUSION DES INNOVATIONS TECHNOLOGIQUES SUR L'EMPLOI INDUSTRIEL EN TUNISIE : UNE ANALYSE PAR LES DONNEES DE PANEL -----161

1. Le système tunisien d'innovation : Etat de l'art et politique publique -----	162
1.1. Bref aperçu historique-----	162
1.1.1. Développement économique et politiques industrielles -----	162
1.1.2. Du développement économique à la mise en place d'une politique de recherche et d'innovation-----	164
1.2. Une évaluation du potentiel national d'innovation de la Tunisie -----	167
1.2.1 Une faiblesse relative des dépenses allouées à la R&D -----	167
1.2.2. Insuffisante participation des entreprises aux activités de R&D -----	168
1.2.3. Un manque de dotations en chercheurs en plein temps -----	170
1.2.4. Une faiblesse en terme d'output d'innovation-----	171
1.3. Technologies importées et transfert technologique-----	173
2. Approche méthodologique -----	174
2.1. Effets de court terme -----	174
2.1.1. Le modèle-----	174
2.1.2. Tests de spécifications -----	177
2.2. Effets à moyen et long terme -----	178
2.2.1. La spécification économétrique-----	178
2.2.2. Méthodes d'estimations-----	179
3. Les effets des innovations technologiques sur l'emploi industriel en Tunisie-----	182
3.1. Sources de données et mesures des variables -----	182
3.1.1. Bases de données-----	182
3.1.2. Définitions et constructions de variables-----	183
3.2. Résultats empiriques -----	187
3.2.1. Les effets à court terme-----	187

3.2.2. Effets à moyen et long terme -----	191
3.3. Retour sur les mécanismes de la théorie de compensation -----	195
3.3.1. L'effet compensateur de nouvelles machines non perceptible -----	195
3.3.2. Un effet du mécanisme « via la diminution des prix » limité -----	196
3.3.3. L'incompatibilité du mécanisme « via la diminution des salaires » dans le contexte des PED. -----	197
3.3.4. Le mécanisme « via les nouveaux investissements » non pleinement utilisé -----	198
3.3.5 Un bon fonctionnement du mécanisme « via l'augmentation des revenus » -----	198
3.3.6 le mécanisme de compensation « via les nouveaux produits » est très limité -----	196
Conclusion -----	201

## CHAPITRE V : INNOVATIONS TECHNOLOGIQUES ET DEMANDE DE LA MAIN D'ŒUVRE PAR QUALIFICATION : UNE ANALYSE AU NIVEAU DES INDUSTRIES TUNISIENNES -----205

1. Evolution des différentes catégories d'emplois sur la période 1997-2006 : Faits stylisés ---	206
1.1. Une réorientation vers la demande de la main-d'œuvre qualifiée -----	207
1.2. L'augmentation de la part de la main-d'oeuvre qualifiée : mouvements intra ou inter-sectorielles? -----	210
2. Méthodologie économétrique -----	211
3. Données statistiques et variables utilisées -----	214
3.1. Sources de données utilisées -----	214
3.2. Mesures des variables -----	214
4 : Résultats et interprétations -----	216
4.1. Estimation des effets de la diffusion technologique sur la demande de la main-d'œuvre qualifiée -----	216
4.2. Estimation des effets de la diffusion technologique sur la demande de la main-d'œuvre non qualifiée -----	220
4.3. Estimation des effets de la diffusion technologique sur la structure de l'emploi -----	222
4.4. Estimation des effets de la diffusion de technologies sur les flux d'emplois -----	223
4.4.1. Les variables utilisées -----	224
4.4.1. Résultats -----	225
Conclusion -----	228

## CHAPITRE VI : STRUCTURE INDUSTRIELLE, INNOVATIONS TECHNOLOGIQUES ET CROISSANCE RÉGIONALE DE L'EMPLOI : CAS DE LA TUNISIE -----229

1. Évolution de l'emploi industriel régional : Les grandes tendances -----	231
2.1. Mesure de la concentration géographique des activités industrielles -----	232
2.2. Une concentration s'accompagne d'une spécialisation sectorielle des régions -----	234
2. Bases de données et définitions des variables -----	237
2.1. Sources de données utilisés -----	237
2.2. Mesures des variables -----	238
2.2.1. Variable endogène -----	238
2.2.2. Variables liées à la structure industrielle -----	239
2.2.2.1. La diversité -----	239
2.2.2.2. La spécialisation -----	239
2.2.2.3. La concurrence -----	240
2.2.3. Les indicateurs de l'innovation et du transfert technologique -----	240
2.2.3.1 Brevets -----	240
2.2.3.2. Nouvelles technologies de l'information et de la communication -----	241
2.2.3.3. Investissement direct étranger -----	243
3. Modèle -----	245
4. Résultats d'estimation et interprétation -----	246
4.1. Résultats de régressions globales -----	246
4.2. Résultats de régressions sectorielles -----	249
4.3. Résultats régionaux -----	251
Conclusion -----	253



<b>CONCLUSION GÉNÉRALE</b>	-----255
<b>ANNEXES</b>	-----263
<b>BIBLIOGRAPHIE</b>	-----271
<b>LISTE DES TABLEAUX</b>	-----300
<b>LISTES DES FIGURES</b>	----- 301
<b>TABLES DE MATIERES</b>	----- 302