

## Croissance Impulsée par les Changements Technologiques

### [ Growth Impulsed by the Technological Changes ]

*Sirine MNIF*

Département des Sciences Economiques,  
Faculté des Sciences Economiques et de Gestion de Sfax/Université Rennes 2-Haute Bretagne,  
Tunisie/France

---

Copyright © 2014 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the *Creative Commons Attribution License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**ABSTRACT:** The economic literature distinguishes between two different approaches to the contribution of human capital to growth. The first approach assumes that human capital plays the same role in production than physical capital. Human capital is an accumulative factor and increases the overall productivity of factors, exogenous technology. This increased efficiency can offset the diminishing returns of capital and thus to support long-term growth. Thus, the accumulation of capital has a positive effect on economic growth. Rather the second approach suggests a technological dimension of human capital, critical to economic growth. This idea identified by endogenous growth, shows that innovation and technological adaptation are the engines of economic growth in the long term. But the relationship between human capital and technology is highly dependent on the composition of human capital. The above said, we will enrich the literature and study the impact of technological change on economic growth. Econometrically, we base our study on the technique of panel data. An estimate by the method of static panel seems more relevant and a positive effect from the Technological Changes to economic growth seems to be confirmed for 39 developing economies.

**KEYWORDS:** Growth, Technological Changes, Education.

**RESUME:** La littérature économique distingue deux approches différentes de la contribution du capital humain à la croissance. La première approche suppose que le capital humain joue le même rôle dans la production que le capital physique. Le capital humain est un facteur accumulable et accroît la productivité globale des facteurs, à technologie exogène. Ce surcroît d'efficacité permet de compenser les rendements décroissants du capital et donc de soutenir la croissance à long terme. Ainsi, l'accumulation du capital a un effet positif sur la croissance économique. La deuxième approche suggère plutôt une dimension technologique du capital humain, déterminante pour la croissance économique. Cette idée identifiée par la croissance endogène, montre que l'innovation et l'adaptation technologique sont les moteurs de la croissance économique à long terme. Mais la relation entre le capital humain et la technologie est fortement dépendante de la composition du capital humain. Ceci-dit, nous allons enrichir cette littérature et étudier l'impact des Changements Technologiques sur la croissance économique. Économétriquement, nous nous basons notre étude sur la technique des données de Panel. Une estimation par la méthode du panel statique paraît plus pertinente et un effet positif allant des Changements Technologiques vers la croissance économique semble être confirmé pour 39 économies en développement.

**MOTS-CLEFS:** Croissance, Changements Technologiques, Education.

#### 1 INTRODUCTION

Nous allons examiner la documentation relative à la variation des compétences et du capital humain et leurs répercussions sur le développement économique et la capacité d'innovation. Notre travail porte sur les grands thèmes suivants : les compétences et le capital humain ; l'innovation et le Changement Technologique et enfin la croissance.

Dans la théorie, puisque le capital humain est lié à la connaissance et aux qualifications et puisque la croissance économique dépend du progrès de la connaissance technologique et scientifique, il est raisonnable de considérer que la croissance est une fonction de capital humain [1]. Aussi le Changement Technologique est essentiel à la théorie de croissance et aux modèles micro-économiques de l'innovation qui émergent à la fin des années 50 et 60.

Depuis le début des années 80 et 90, un cycle important de Changements Technologiques a touché tous les secteurs économiques. Ces changements sont liés particulièrement à l'apparition des Nouvelles Technologies de l'Information et des Communications (NTIC). La transition d'un système d'échelle de production vers les réseaux mondiaux de production, parallèlement à la croissance d'un secteur du savoir comportant ses propres caractéristiques particulières, sont les principales conséquences des NTIC. L'essor de la « nouvelle économie » a eu lieu dans un contexte macroéconomique renouvelé, fortement orienté vers l'intégration et la libéralisation des marchés.

La propagation des NTIC constitue une preuve selon laquelle le savoir et les autres attributs du capital humain prennent une nouvelle pertinence dans tous les secteurs économiques. Depuis longtemps, le savoir est perçu comme le facteur principal du processus d'innovation et comme un déterminant de la croissance économique. L'intensité croissante du savoir dans l'économie a entraîné le délaissement croissant du capital physique au profit du capital humain pour considérer la prospérité économique. Les démarches théoriques récentes de la croissance, telles que la nouvelle théorie de la croissance, ont formalisé ces idées. La nouvelle théorie de la croissance a délaissé l'optique simplificatrice du Changement Technologique exogène pour débiter à analyser le processus endogène de l'investissement dans le capital humain et, par suite, dans le Changement Technologique, où la croissance établit une fonction endogène du comportement des individus et de la politique. Politiquement, cette tendance a entraîné une augmentation de circonspection dirigée vers les compétences et vers l'innovation comme moteurs de la croissance.

## 2 COMPETENCES ET CAPITAL HUMAIN

Le capital humain est constitué des connaissances et des compétences que les êtres humains transportent dans leur tête et qui leur confèrent une valeur dans l'économie. Cette notion a été préconisée par [2], qui voit le capital humain comme un intrant pour la production et pour l'innovation. Le concept de capital humain a été conceptualisé au cours des années 60 par plusieurs économistes. Le capital humain est un large concept qui englobe les particularités de la scolarisation et de la formation, d'où découle la notion de compétences. C'est ainsi que les définitions des compétences peuvent indiquer une composante particulière de la mesure du capital humain.

Les définitions conceptuelles du capital humain sont nombreuses et parfois divergentes, au sein d'un même organisme. La référence [3] définit le capital humain comme suit : « le savoir que les personnes acquièrent et utilisent au cours de leur vie afin de produire des objets, des services ou des idées dans le contexte du marché ou hors de celui-ci ». Dans une publication suivante, [4] recharacterise le capital humain comme : « les connaissances, habiletés, compétences et autres attributs incarnés dans des personnes et qui ont trait à l'activité économique ». Bien que l'idée dominante a changé, ces deux définitions illustrent la complexité et le vaste porté de ce concept.

Le projet de la Table Ronde Nationale sur l'Environnement et l'Economie (TRNEE) a essayé de caractériser un indicateur du capital humain. La référence [5] définit le capital humain comme : « les capacités, tant innées que dérivées ou accumulées, qu'incarne la population d'âge actif et qui lui permettent de travailler de manière productive avec d'autres formes de capital pour assurer la production économique ». La référence [5] a soumis un cadre qui sert à l'élaboration d'indicateurs du capital humain : la scolarisation. Dans le domaine de la scolarisation, [5] a évoqué six ensembles d'indicateurs (niveau moyen de scolarisation ; taux d'alphabétisation ; pourcentage de la population ayant fait des études universitaires ou l'équivalent ; effectifs des secteurs primaire, secondaire et supérieure ; proportion de la main-d'œuvre qui détient un grade universitaire ; et niveau de scolarisation des 25 à 64 ans), à côté des indicateurs particuliers (participation des adultes à la scolarisation et à la formation ; pourcentage de diplômés ayant des grades en sciences ; et un indicateur du développement de l'enfant à 5 ans). On peut affirmer que la majorité des études empiriques ont employé un indicateur lié à la scolarisation afin de calculer le stock ou le flux de capital humain.

La recherche empirique a mis en application divers indicateurs relatifs à la scolarisation. Par exemple, [6] [7] ont élaboré un ensemble d'indicateurs du niveau de scolarisation afin de mesurer le capital humain d'un grand nombre de pays à l'échelle nationale. Selon ces références : « l'obtention du pourcentage de la population ayant réussi un niveau de scolarisation donné [...] constitue une façon directe de montrer le niveau de compétence et de savoir de la population qui se rapporte à un niveau de scolarisation particulier ». Cependant, ils trouvent que le niveau de scolarisation est un indicateur du capital humain qui comprend de multiples attributs humains. L'emploi de cet indicateur a été répandu au sein des modèles de régression de la croissance. La référence [8] a présenté sept types de variables du niveau de scolarisation (types variés

selon le niveau, la croissance et le sexe) qui ont été utilisées afin d'énumérer les déterminants de la croissance qui ont augmenté la régression transversale à diverses échelles géographiques.

Le statut professionnel constitue un autre indicateur du capital humain qu'on emploie fréquemment, en distinguant les professions libérales et techniques des professions exercées dans les secteurs de production. Les travaux de [9], [10], [11] et [12] constituent des exemples. De plus, certains auteurs ont prêté une attention considérable à la répartition spatiale des universités et des centres de recherche [13]. La composition de groupes professionnels particuliers ne fait toutefois pas l'unanimité. En effet, la mesure des compétences spécialisées (études supérieures, capacité de recherche) se construit la plupart du temps au moyen du nombre d'employés en R&D ou du niveau de dépenses en R&D. Cependant, les grandes catégories telles que les travailleurs du savoir ont été définies de façon différente dans diverses études. Ainsi, la référence [12] met en application une définition exhaustive du secteur du savoir, qui comprend les travailleurs techniques. Par contre, la référence [11] restreint cette définition aux emplois faisant intervenir la production de nouvelles idées, exigeant un degré de créativité supérieur à celui de la plupart des professions techniques.

Relativement au niveau de scolarisation, le concept de compétence est plus étroitement lié à la notion de capacité de faire. La collecte d'indicateurs de compétences précis, tels que les résultats à un test mathématique et de culture scientifique, a été entreprise récemment au moyen d'enquêtes à grande échelle. Ces indicateurs sont utilisés par la recherche économétrique. Les analyses de [14] portent sur l'importance de la qualité de la main-d'œuvre, qu'ils l'obtiennent à l'aide des compétences cognitives en mathématiques et en sciences. De son côté, la référence [15] emploie les résultats des examens acquis par les étudiants, au lieu des taux d'inscription scolaire et des années de scolarité, pour étudier le lien existant entre le capital humain et la croissance. Elle découvre que le résultat d'examen constitue un facteur déterminant de la croissance économique. La référence [16] se base sur les données concernant les résultats des examens pour évaluer les différences entre le milieu rural et urbain au Canada. Cependant, les données restent limitées à un petit échantillon de pays et la disponibilité relative des petites unités territoriales semble être encore plus limitée.

Enfin, d'autres travaux se sont basés sur le revenu et les salaires de la main-d'œuvre pour calculer des mesures du capital humain, tout en supposant que la qualité d'un travailleur dépend du salaire qu'il touche. La référence [17] a mis au point un ensemble d'indicateurs du capital humain pour les États-Unis. Ses résultats prédisent que l'utilisation de la moyenne des années de scolarité comme mesure du capital humain en recherche empirique peut être trompeur. En effet, les calculs de ces auteurs indiquent qu'entre 1940 et 1990, le stock de capital humain aux États-Unis a haussé beaucoup plus vite que la moyenne des années de scolarité. De même, la dispersion de l'indicateur a augmenté au cours des années 80, alors que la dispersion de la moyenne des années de scolarité a baissé.

En conclusion, la pertinence du capital humain quant au processus d'innovation est démontrée par l'emploi d'indicateurs relatifs à la scolarisation comme mesure du potentiel d'innovation. À côté de la relation entre compétences et croissance économiques, plusieurs économistes se sont penchés sur le lien entre compétences et Changements Technologiques. Grant (2002) définit l'innovation comme «le processus par lequel la valeur est extraite des compétences et du savoir, au moyen de la production, de l'élaboration et de la mise en œuvre d'idées visant la fabrication de produits, de processus ou de services nouveaux ou améliorés».

### 3 CHANGEMENT TECHNOLOGIQUE, INNOVATION, R&D ET CROISSANCE

Selon la théorie micro-économique, la production dépend du travail (L), du capital (K) et de l'état de la technologie ou des connaissances (C) :  $Y = f(L, K, C)$ . La connaissance est un stock qui augmente et s'accumule au cours du temps. Si à partir de l'idée du feu, Denis Papin produit une machine à vapeur, cette machine sera détruite à la longue, alors que l'idée de la machine à vapeur reste toujours dans la connaissance. Elle s'accumule au stock immatériel de connaissances. On peut admettre que cette accumulation est exogène et prendre le progrès technique comme une donnée que l'on ne cherche pas à expliquer.

Mais la théorie économique peut aussi expliquer cette accumulation. Dans ce cadre, on peut admettre l'hypothèse suivante : les individus créent des connaissances parce qu'ils investissent en R&D, justifiés par les profits qu'ils attendent de l'exploitation de leur invention. Les individus investissent en capital humain, c.-à-d. en éducation et en apprentissage, motivés par les revenus futurs qu'ils recevront de leur formation. Nous avons là une explication endogène du progrès des connaissances.

Au cours des deux dernières décennies, la théorie de la croissance a mis en œuvre le rôle du capital humain dans le processus de développement. L'accumulation du capital humain et la R&D sont deux activités qui se déroulent conjointement au cours du processus de développement [18]. Ces deux variables influencent mutuellement la croissance.

Une plus grande capacité d'innover des firmes est liée à l'investissement en formation [19] et les modèles de croissance ont pendant longtemps considéré que la croissance provient soit du capital humain soit de la R&D.

Dans la littérature économique, nous distinguons deux voies majeures de contribution du capital humain à la croissance. La première approche formalisée par [20] à la suite de [21] et [22] considère que le capital humain joue le même rôle dans la production que le capital physique. Le capital humain est introduit dans la fonction de production comme un facteur qui s'accumule et qui augmente la productivité globale à technologie constante. Ce surcroît d'efficacité permet de compenser les rendements décroissants du capital et donc de soutenir la croissance à long terme. Ainsi, accumuler du capital humain par l'intermédiaire de l'éducation contribue positivement à la croissance. Ce qui compte finalement, c'est le capital humain supérieur dans l'économie. La deuxième approche considère plutôt que c'est la dimension technologique du capital humain qui est déterminante pour la croissance. Le capital humain, notamment le niveau de capital humain qui permet à l'économie de s'adapter au Changement Technologique, qui est le moteur de la croissance à long terme [23]. Les nouvelles théories de la croissance endogène théorisent explicitement le lien entre capital humain, adaptation ou innovation technologique et croissance ([24] [25] et [26]).

L'innovation et l'adaptation technologique sont les moteurs de la croissance de la productivité et donc de la croissance à long terme. Ces innovations dépendent du niveau du capital humain. En effet, le stock de capital humain détermine la capacité d'un pays à innover et à rattraper les pays les plus développés. La nouvelle démarche théorique, appelée nouvelle théorie de la croissance, met en évidence les liens entre l'investissement en capital humain, le Changement Technologique et la croissance économique. Cette démarche a contribué à renouveler la transition d'une économie axée sur les ressources à une économie axée sur le savoir [27].

Selon les théories antérieures sur la croissance, la technologie était un fait ou un produit qui résulte des forces extérieures. Dans le modèle de Solow, qui représente la théorie dominante avant l'apparition de la nouvelle théorie de la croissance, la technologie était identifiée comme le flux de savoir évident. Dans ce modèle, la technologie ne résultait pas des forces économiques ; elle était plutôt déterminée par des forces que le modèle de croissance ne pouvait pas les expliquer. Le modèle de Solow ne fournit pas les causes du Changement Technologique au fil du temps. C'était avec sa publication séminale « A contribution to the theory of economic growth » de 1956 que la technologie était donc un phénomène exogène au modèle. Le modèle de la croissance économique pose que la croissance de l'output par personne est seulement une fonction de croissance des facteurs d'inputs. L'accumulation du capital et de l'amélioration de la main-d'œuvre comme sources de croissance sont basées sur la nature fortuite de la technologie. Lors de l'utilisation de son modèle, Solow a découvert que la plus grande partie de la croissance des États-Unis au cours du siècle dernier ne pouvait s'expliquer par le recours accru au travail et au capital. En effet, il a attribué les facteurs « résiduels » inexpliqués au progrès technologique. Il s'agit aussi d'une mesure de notre ignorance. Selon Solow, la technologie constitue quelque chose qui est accessible à tous et sans frais. Le modèle n'explique ni la provenance ni le coût de ce produit [28]. Cependant, le savoir et la technologie restent les principales sources de croissance économique.

Solow découvre un large « résidu » lorsqu'il estime les déterminants de la croissance. Ce résidu reflète le progrès technologique. Le modèle de Solow postule que le progrès technique est exogène. Le progrès technique selon lui est une manne tombée du ciel car son action est automatique et indépendante des circonstances économiques. La recherche empirique cherche à minimiser ce résidu. Le but était de se concentrer sur une qualité améliorée de la mesure des variables inclus dans les estimations de croissance, pour réduire la taille du résidu. D'autres études cherchent à introduire les inputs autres que le capital et le travail (par exemple la terre). La caractéristique centrale de ces modèles de croissance était le traitement exogène du progrès technique. La technologie reste une boîte noire avec peu d'efforts pour présenter ses déterminants. Les modèles de croissance exogène se basent sur le rendement décroissant [29].

La nouvelle théorie de la croissance dépasse l'hypothèse des rendements décroissants et du Changement Technologique exogène. Selon cette nouvelle théorie, le progrès technologique résulte de l'activité économique. Le savoir et la technologie constituent des produits qui découlent des investissements en capital humain (scolarisation et formation), de l'emploi de main-d'œuvre spécialisée (personnel en R&D) et du matériel. C'est la théorie de la croissance endogène puisqu'elle interiorise le Changement Technologique en un modèle de fonctionnement des marchés. C'est ainsi que la croissance est liée à l'incitation à l'investir en capital physique et humain. Par conséquent, les politiques qui touchent ces incitatifs changeront le taux de croissance à long terme. En outre, la nouvelle théorie de la croissance permet de souligner la limite de l'hypothèse des rendements décroissants du capital. La première version de ces modèles portait sur le mécanisme qui empêche le rendement du capital de baisser sous un seuil déterminé et en particulier les effets des rendements croissants associés à l'accumulation du savoir.

Cette démarche permet de souligner que le savoir et la technologie sont caractérisés par des rendements croissants qui touchent le processus de croissance. Le savoir comporte des propriétés qui diffèrent de celles des autres produits

économiques de nature non concurrentielle et personnelle. Parce qu'il est possible de mettre en commun les idées de les réutiliser et de les accumuler. Elles ne sont pas imposables aux rendements décroissants. En outre, l'accumulation de savoir, par les dépenses en R&D, peut encourager la croissance de production et d'acquisition du nouveau savoir, au moyen d'interactions entre les agents.

Les innovations sont réalisées à travers les efforts de R&D des entrepreneurs et des firmes. Les théories de croissance endogène introduisent implicitement les investissements en développement technologique comme déterminants de la croissance économique endogène. Dans ces modèles, la technologie est essentiellement conceptualisée comme sujet de connaissance aux externalités ou spillovers, résultant dans le rendement croissant de l'investissement [30]. Les tests empiriques de ces théories endogènes fournissent peu de conclusions généralisées, mais augmente la contribution à la croissance d'une gamme d'investissements de technologie tel que l'investissement en R&D et en capital humain.

Les nouvelles théories de croissance économique ([20] et [31]) ont dépassé donc les limites de l'innovation technologique exogène qui était à la base du travail de Solow, en considérant l'accumulation du capital humain comme source déterminante de croissance économique. Ce changement est bien exprimé par [20] : « Le moteur principal de la croissance est l'accumulation du capital humain - de la connaissance - et la source principale des différences dans les niveaux de vie des nations est les différences dans le capital humain. L'accumulation du capital physique joue un rôle essentiel mais subsidiaire. Le capital humain prend place dans les écoles, dans les organisations de recherche et au cours de la production des biens et de l'engagement dans le commerce ».

Actuellement, il est supposé que les Nouvelles Technologies consistent la force conduisant à la croissance de la productivité à long terme : le Changement Technologique et l'innovation comptent parmi les principaux moteurs de la croissance économique. Au niveau micro, malgré les préoccupations suscitées pour le traitement de la R&D comme mesure exhaustive d'innovation, les dépenses en R&D correspondent dans une forte mesure à l'adoption de la technologie et à la croissance économique [32]. A l'intérieur des entreprises, l'importance de la technologie correspond à la croissance de l'entreprise. La référence [28] relève qu'au sein des différentes entreprises, les taux élevés de croissance s'harmonisent avec l'investissement en R&D.

La référence [33] estime que les États-Unis étaient responsables de 56 pour cent de la R&D industrielle dans les pays de l'OCDE en 1973 et de 47,5 pour cent en 1990. Selon ces auteurs, cette réduction de différence de productivité entre les États-Unis et les autres pays représente un signe qui montre que la R&D dans d'autres pays est basée sur l'adoption et l'acquisition des technologies des États-Unis. La référence [34] a étudié la relation entre la R&D et la productivité dans 22 économies industrialisées, de 1971 à 1990, en liant l'augmentation dans la Productivité Totale de Facteur (PTF) aux variations des stocks de la R&D. Leurs résultats ont confirmé un rapport positif entre les stocks de R&D d'un pays et sa propre productivité. En effet, une augmentation de 1 pour cent du stock de la R&D des 7 principaux pays industrialisés augmente la productivité de 0,23 pour cent ; les 15 économies de taille plus petite réalisent des gains plus réduits : une augmentation de 1 pour cent du stock de R&D augmente la productivité de 0,07 pour cent. En outre, ces auteurs ont constaté que les dépenses de chaque pays affectent significativement la productivité des autres pays - environ 1/4 des gains de l'investissement dans la R&D des pays de grande taille par rapport aux autres pays. Les externalités majeures viennent des États-Unis, qui possèdent les plus grands stocks de R&D, chaque augmentation d'un point de pourcentage du stock augmente la productivité des autres pays de 0,04 pour cent. Les petites économies bénéficient plus des stocks externes de R&D que les grandes économies. Dans les petites économies industrialisées, les dépenses en R&D externe faite dans d'autres pays ont un plus grand effet sur la productivité respective que leur propre effort de recherche. Par exemple, une augmentation de 1 pour cent du stock externe de R&D du Portugal en 1990, augmente la PTF portugaise d'environ 0,12 pour cent [1].

A côté, la documentation récente a passé de l'effet quantitatif à l'effet qualitatif de la scolarisation sur la croissance. Cette documentation montre que la qualité de la scolarisation a un effet sur la croissance économique, quelle que soit la quantité de la scolarisation. Les différents niveaux de capital humain n'ont pas la même incidence sur la R&D, source de l'innovation. Les niveaux d'éducation supérieurs sont plus déterminants pour la R&D que les niveaux d'éducation inférieurs qui seront plus utiles pour l'imitation ou l'adoption de technologies développées ailleurs ([35] et [36]).

La référence [37] voit que l'ambiguïté liée aux effets de la scolarisation sur la croissance économique peut s'expliquer par les différences qualitatives des systèmes d'éducation entre les pays et qui ne sont pas prises en considération. L'auteur évalue un modèle de croissance où il prend en considération les diverses caractéristiques du système d'éducation. Plusieurs de ces caractéristiques expliquent les différences qualitatives comme la dotation initiale en capital humain, les infrastructures d'enseignement et l'habileté à distribuer équitablement les services éducatifs. La référence [15] trouve que les résultats d'examen des étudiants définissent le facteur primordial de la croissance économique au lieu des taux d'inscription scolaire et des années de scolarité.

Une telle conclusion confirme la présence de facteurs non économiques pour expliquer la croissance économique comme les méthodes d'enseignement des programmes d'études, les aptitudes des étudiants, comme les milieux sociodémographiques et culturels des différents pays. Les auteurs soutiennent qu'il est possible que la clé de la croissance économique ne se limite pas à une question de fonds. La référence [14], constate que la qualité du capital humain, mesurée au moyen de tests de compétences comparés, constitue une forte relation avec la croissance économique. Ils montrent que la qualité de la main-d'œuvre a un effet beaucoup plus important que la moyenne des années de scolarité.

Nous pouvons dire qu'une des principales répercussions de la nouvelle théorie de la croissance est que les investissements en capital humain touchent le Changement Technologique qui, à son tour, possède une influence sur le taux de croissance de l'économie [38]. De ce point de vue, le taux de croissance de l'économie est fonction des décisions prises par les agents économiques, comme l'accumulation de capital physique, les investissements en capital humain ou les dépenses en R&D.

Les références [6] et [39] montrent que la croissance économique d'une nation a un lien significatif avec son stock de capital humain antérieur, mesuré par le niveau de scolarisation de ses citoyens. Dans une étude sur 98 pays au cours de la période entre 1960 à 1985, la référence [39] a conclu que le taux de croissance de la production est fortement lié avec la quantité initiale du capital humain. Cette observation concorde avec l'hypothèse selon laquelle un niveau plus élevé de capital humain engendre une croissance plus rapide du PIB par habitant. La référence [40] montre l'importance des écarts technologiques dans l'explication des différences de croissance économique entre pays. Elle observe un profil systématique où les pays en retard peuvent converger vers les pays à revenu élevé, mais seulement lorsqu'ils ont une capacité sociale requise, c.-à-d. un nombre de personnes capables de gérer les ressources nécessaires, y compris l'investissement, l'éducation et la R&D. Elle affirme que l'investissement en éducation est un complément important de la croissance économique.

La référence [41] a confirmé les résultats de [39] concernant l'effet du capital humain sur le taux de croissance réel de l'output par habitant, en employant le taux initial d'éducation supérieure comme indicateur du capital humain. Basé sur l'analyse empirique pour la Corée du Sud et le Taiwan dans le cadre de l'équilibre dynamique, la référence [41] a prouvé que la croissance économique est facilitée par l'amélioration de l'offre globale, ceci étant traduit en progrès technologique et en formation du capital humain.

Dans une approche plus complexe, la référence [42] a modélisé le progrès technologique mesuré par la croissance de la PTF en fonction du niveau de l'éducation. Elle a confirmé l'hypothèse selon laquelle le capital humain affecte la croissance en influençant sur le taux d'innovation technologique d'un pays et en influant l'allure de l'adoption des technologies venant de l'extérieur. Elle se fonde sur l'hypothèse de [24], selon laquelle le capital humain affecte la capacité à adopter les Nouvelles Technologies et à rattraper les pays les plus avancés, estime l'effet du capital humain associé au canal technologique sur la croissance. Ses estimations qui portent sur un Panel de pays pour la période 1965-1985, montrent que ce terme affecte positivement et significativement la croissance. La référence [43] confirme les résultats de [42] et trouve que le capital humain affecte la capacité de rattrapage technologique d'un pays. Les résultats obtenus par Benhabib et Spiegel avec un échantillon cross-country de 78 pays au cours de la période 1960-1985, suggèrent que le rôle du capital humain, comme condition nécessaire pour l'adoption et la création de la technologie adaptée aux besoins internes, soit plus important qu'être un facteur de production.

La référence [34] estime une équation en reliant la PTF au capital R&D national et étranger. Leurs paramètres estimés suggèrent une influence importante des deux variables. De même la référence [44], elle relie dans un travail empirique la PTF à la R&D dans une économie fermée. Elle trouve le même résultat mais l'influence de la diffusion technologique internationale est plus forte que celle de la R&D domestique. A côté, la référence [45] précise que la productivité marginale du capital augmente avec le ratio du capital humain au capital physique et, en présence d'externalités, elle augmente également avec le niveau de capital humain. Il semblerait que les nations possédant un niveau élevé de capital humain puissent générer un nombre d'effets externes positifs relativement à l'accumulation individuelle du capital humain.

La référence [46] affirme que l'introduction du capital humain ou de la connaissance permettent de contourner les problèmes des analyses néo-classiques traditionnelles car leur accumulation ne dépend plus du produit où se situent les rendements physiques marginaux décroissants. Le progrès technique est alors autorisé par l'accumulation des connaissances. Dans ce contexte, la référence [26] trouve qu'une grande partie des connaissances accumulées et des externalités d'information comme la diffusion de la connaissance proviennent de l'effort de R&D des firmes. En effet, une augmentation du capital humain employé (un accroissement du niveau de connaissance global) tend à augmenter la productivité des chercheurs. A long terme, la croissance économique dépend de la capacité des activités de R&D à mobiliser leurs stocks respectifs de capital humain et de connaissances pour progresser le progrès technique.

Les facteurs du capital humain constituent les principaux déterminants de l'innovation et du Changement Technologique. Le lien entre le capital humain et l'innovation semble revêtir une double signification : le capital humain est pertinent pour la création de nouveaux produits et pour le processus de diffusion et d'adoption de l'innovation actuelle. L'amélioration des compétences et des innovations sous-entend un processus de production, d'acquisition et de mise en commun du savoir. La référence [32] signale que « Les dépenses consacrées à l'éducation et à la formation pourraient [...] avoir des effets plus durables sur la croissance si l'innovation était confortée par un niveau élevé de qualification et par la formation, accélérant ainsi le progrès technologique, ou si l'existence d'une main-d'œuvre très qualifiée facilitait l'adoption des Nouvelles Technologies. En effet, le progrès technologique est souvent étroitement lié à l'éducation, surtout dans le cas de l'enseignement supérieur. Il est donc probable que l'éducation contribue à la croissance non seulement en améliorant la qualité de la main-d'œuvre, mais également à travers l'innovation ».

De la même manière, la référence [47] examine les deux facettes de la R&D : l'innovation et la capacité d'apprentissage. Elle incite sur le fait que la R&D comporte à la fois un effet direct sur l'innovation et un effet indirect sur la capacité des entreprises à cerner et à assimiler le savoir extérieur. La diffusion de la technologie ne résulte pas de la présence du stock de savoir des autres. Elle exige aussi que le destinataire soit capable d'assimiler et d'adopter la technologie. Les activités de R&D peuvent contribuer à faciliter l'intégration des technologies par une hausse de la capacité d'assimilation des entreprises. Par conséquent, la R&D affecte la croissance de la productivité des entreprises par deux manières. D'une part, elle augmente directement le niveau technologique par l'ajout des informations nouvelles (ou d'innovation). D'autre part, la R&D augmente la capacité d'assimilation de l'entreprise et entraîne plus de retombées technologiques. La référence [47] incite sur le fait que l'effet d'apprentissage de la R&D est plus important que l'effet d'innovation pour expliquer la croissance de la productivité des entreprises.

Sur le plan international, la référence [48] montre ainsi que l'effet du capital humain sur la croissance dépend de la distance par rapport à la frontière technologique. Les pays éloignés du leader technologique se basent sur la capacité d'imitation. Le capital humain non-qualifié constitue donc un déterminant de la croissance. En effet, plus un pays est proche du leader technologique, plus le capital humain qualifié représente un moteur de la croissance, car il joue le rôle d'innovateur. Basés sur un Panel de pays de l'OCDE de 1960 à 2000, cette référence montre que ce terme d'interaction entre l'éducation supérieure et la technologie affecte positivement la croissance pour les pays suffisamment proches des États-Unis.

La référence [49] s'intéresse aux effets du capital humain sur la croissance de la PTF. Elle montre que le capital humain supérieur corrigé de la productivité possède un effet positif et significatif sur la croissance des pays de l'OCDE. Elle montre aussi que le capital humain supérieur influence positivement la croissance de la productivité. Ainsi, le capital humain ou l'éducation peut expliquer la croissance dans les pays développés à travers son impact sur le niveau technologique. Mais il est probable que les différents niveaux de capital humain n'ont pas le même impact sur la croissance et le progrès technologique. Le capital humain supérieur qui est employé dans la R&D, est celui qui possède plus d'influence sur le niveau technologique et par suite sur la croissance.

Le cadre théorique de [50] est un modèle à générations imbriquées dans le cadre de la croissance endogène. Cependant, les agents peuvent accumuler du capital humain en se basant sur l'investissement dans l'éducation. Plus le niveau technologique est élevé, plus il devient difficile d'innover. La probabilité de réussir à innover dépend principalement du niveau de capital humain de l'agent.

Les résultats de [50] sont les suivants : le taux de croissance de l'économie dépend positivement du nombre d'individus dans le secteur d'innovation et du capital humain supérieur. Si le nombre d'individus innovateurs augmente, le taux de croissance de l'économie augmente aussi. Plus le secteur d'imitation est important, plus le taux de croissance de l'économie sera faible. Ce qui veut dire que les niveaux de qualification faibles n'ont pas un effet positif sur la croissance. Les niveaux de qualification élevés touchent l'innovation qui à son tour affecte la croissance.

La référence [50] montre que le capital humain supérieur est un déterminant de la croissance dans les pays proches de la frontière technologique. Son modèle montre que les institutions, comme le degré d'ouverture internationale, le niveau de protectionnisme et les barrières à l'entrée, adaptées à une économie en phase de rattrapage constituent un obstacle pour une économie technologiquement avancée. La référence [51] montre que le niveau du capital humain d'un pays par rapport à la frontière technologique détermine la capacité d'un pays à appartenir au groupe des pays qui croissent au même taux que le pays leader. Ces analyses soulignent que le capital humain et surtout le capital humain supérieur joue un rôle déterminant dans la croissance des pays proches des États-Unis sur le plan technologique.

La référence [48] met en évidence la relation positive entre le capital humain et la croissance des pays technologiquement avancés. Elle se concentre sur 19 pays de l'OCDE. Ses estimations affirment que l'éducation supérieure

ou le capital humain supérieur n'a pas d'impact positif sur la croissance des pays développés. Cependant, lorsque ces variables sont rapportées au niveau de la productivité moyenne déjà atteint, elles exercent un effet positif sur la croissance de ces pays. Ce qui la permet de dire que le ratio capital humain sur le niveau technologique a un impact positif sur la croissance des pays de l'OCDE. C'est la référence [23] qui a identifié cet effet de capacité d'absorption identifié. Chaque acte de transfert de technologie exige une innovation dans le pays destinataire. Plus l'économie s'adapte aux Nouvelles Technologies importées plus son niveau moyen de capital humain est élevé. La référence [49] trouve que le niveau du capital humain supérieur n'influence pas directement la croissance, mais à travers la technologie.

La référence [48] étudie l'impact du capital humain élevé sur la croissance à travers son rôle spécifique sur l'innovation technologique. Elle montre que la distribution du capital humain par rapport au niveau moyen de la productivité détermine la trajectoire de la croissance à long terme de l'économie. La distribution du capital humain détermine l'allocation des individus entre le secteur de R&D porteur de croissance et le secteur d'adaptation de la technologie existante. Elle montre que la croissance dépend du nombre d'agents qui investissent dans la R&D et dans l'éducation. Pour elle, ce choix d'investissement dans la R&D est endogène et dépend du niveau du capital humain des individus par rapport au niveau technologique déjà atteint.

Pour ce faire, la référence [48] construit un modèle où les individus prennent deux décisions : d'abord ils décident au cours de leur jeunesse le temps qu'ils consacrent à l'éducation pour augmenter leur niveau de capital humain, ensuite à l'âge adulte, ils choisissent la technologie de production. Un individu peut choisir soit de produire par l'adoption directe de la technologie existante soit d'investir dans la R&D pour créer une innovation technologique qui est un incrément par rapport à la technologie existante.

La référence [48] montre que les agents qui reçoivent un niveau de capital humain faible possèdent un avantage comparatif à produire par l'adoption de la technologie existante alors que ceux qui ont un capital humain élevé peuvent réussir une innovation plus importante par l'investissement dans la R&D. Par ailleurs, les agents qui choisissent de s'orienter dans la R&D, investissent plus dans l'éducation que ceux qui adoptent la technologie d'adaptation. Cette incitation à investir plus dans l'éducation provient de la relation croissante entre le niveau de capital humain et la réussite des activités de R&D.

La référence [50] établit donc une relation entre la composition du capital humain et la distance à la frontière technologique. Elle montre que le capital humain qualifié ou supérieur influence la croissance lorsque l'économie est proche de la frontière technologique. La référence [50] voit que les gains de productivité liés à l'innovation et à l'imitation de technologies dépendent aussi de la distance par rapport à la frontière technologique. Pour un pays éloigné de la frontière technologique, les gains de productivité passent plus précisément par l'imitation des technologies existantes alors que pour un pays proche de la frontière technologique, l'innovation représente le principal moteur de la croissance. La référence [49] diffère de ces deux travaux par le fait qu'elle ne s'intéresse pas à la distance par rapport à la frontière technologique pour démontrer l'effet du capital humain supérieur sur la croissance. Ainsi, dans le modèle l'influence du capital humain supérieur est spécifique à chaque pays et dépend du niveau technologique déjà atteint.

Toutes les innovations qui sous-tendent la croissance de nos économies ne tombent évidemment pas du ciel. Elles résultent d'efforts soutenus en R&D. Les innovations résultent plus généralement de l'activité créatrice de ceux que Schumpeter nomme les entrepreneurs, c.-à-d. tous ces individus qui produisent de l'innovation, non seulement par la recherche, mais aussi en essayant de résoudre des problèmes posés par les processus de production existants ou par l'adaptation aux circonstances, ou en apprenant par l'expérience (le concept de learning by doing).

Le développement n'est pas seulement une question de production de technologies nouvelles, mais aussi une question d'acquisition des technologies existantes. C'est ainsi que plusieurs auteurs soutiennent les politiques d'ouverture au commerce en insistant sur les gains issus des transferts technologiques. Mais pour bénéficier de ces technologies, il est nécessaire de détenir le capital humain capable de l'utiliser.

Plus généralement, les analyses posent indirectement la question du type de capital humain qui entre en jeu dans le processus de convergence. En effet, si les analyses macro-économiques considèrent un stock agrégé, alors il semble crucial d'intégrer une distinction entre le capital humain utile pour développer des technologies nouvelles et le capital humain utile pour absorber ces technologies. Le stock de capital humain peut naturellement faciliter le rattrapage, dans la mesure où il favorise l'acquisition de technologies existantes. Néanmoins, cela peut s'avérer insuffisant pour un rattrapage complet, les nations en développement n'acquérant que des technologies relativement anciennes pour les pays innovateurs.

Le problème crucial des pays en développement est que leur spécialisation dans des activités peu intensives en capital humain incite les jeunes à ne pas investir dans l'éducation et incite les travailleurs qualifiés à migrer vers les pays développés. Cette spécialisation hypothèque davantage les possibilités de développement puisqu'elle réduit l'incitation à investir dans la formation. La fuite des cerveaux incite sur la différenciation entre les travailleurs qualifiés, qui peuvent migrer vers les



pays développés et les travailleurs non-qualifiés restent. Dans la mesure où les travailleurs qualifiés sont créateurs d'externalités positives, la fuite des cerveaux est un facteur aggravant le sous-développement.

Le Changement Technologique dans les pays les moins avancés se produit principalement en apprenant les technologies qui existent déjà dans des économies plus avancées et non pas en repoussant plus loin les frontières du savoir. Les théories de croissance néoclassique et endogène considèrent ceci comme un transfert de technologie dans lequel l'accès à la technologie étrangère est la conséquence automatique de l'ouverture au commerce et aux investissements étrangers et équivaut à une utilisation efficace. Cependant, les études empiriques démontrent que, dans la pratique, l'acquisition, la diffusion et l'amélioration des technologies étrangères demandent un effort considérable de la part des sociétés. Une grande partie du savoir est tacite et les sociétés travaillent dans un climat d'incertitude, avec des informations incomplètes. Il faut donc du temps, des efforts et des investissements coûteux pour apprendre à utiliser efficacement la technologie. L'apprentissage technologique est ainsi essentiel au Changement Technologique. Quel est donc l'impact des Changements Technologiques sur la croissance économique des pays en développement ?

#### 4 LE MODELE ET LES DONNEES

Notre travail estime le Croissance (c'est la variable expliquée) en fonction du Changement Technologique, du Revenu, du Capital Humain et des Distorsions du Marché (ce sont les variables explicatives).

Le modèle central de notre travail est le suivant :

$$\text{Croissance}_{i,t} = \alpha_i + \beta_1 \text{ Changement Technologique}_{i,t} + \beta_2 \text{ Revenu}_{i,t} + \beta_3 \text{ Education Primaire}_{i,t} + \beta_4 \text{ Education Secondaire}_{i,t} + \beta_5 \text{ Education Supérieure}_{i,t} + \beta_6 \text{ PI}_{i,t} + \mu_{it}$$

Où « i » représente chaque pays et « t » représente chaque période de temps (avec  $t = 1, 2, \dots, T$ ). Croissance<sub>it</sub> est le taux de croissance du PIB réel par tête pour le pays i à l'instant t. Changement Technologique<sub>it</sub> est la valeur des technologies importés à l'instant t. On a choisit cette mesure des Changements Technologiques parcequ'on s'intéresse aux pays en développement qui sont des consommateurs de technologies. Inégalité<sub>it</sub>; Revenu<sub>it</sub>; Education Primaire<sub>it</sub>; Education Secondaire<sub>it</sub>; Education Supérieure<sub>it</sub> et PI<sub>it</sub> sont respectivement, le Revenu, l'Education Primaire, l'Education Secondaire, l'Education Supérieure et les Distorsions du Marché pour le pays i à l'instant t et  $\mu_{it}$  est le terme d'erreur.

Les données utilisées pour estimer le modèle proviennent de plusieurs sources. Les taux de Croissance annuels sont pris aussi à partir de [52]. Le Changement Technologique est tirée de [53]. Le Revenu est retiré aussi à partir de [52], sachant qu'il est mesuré par le log du PIB réel par tête. Les statistiques du capital humain sont représentées par la moyenne des années d'Education Primaire, Secondaire et Supérieure proviennent de la base de données International Data on Educational Attainment: Updates and Implications [7]. Les Distorsions du Marché sont retirées aussi à partir de Penn World Tables et elles représentent le niveau du prix de l'investissement. Notre modèle se concentre sur la croissance pour la période allant de 1980 à 2010. Et nous avons procédé avec un échantillon de 39 pays homogènes en développement : Algeria, Argentina, Bolivia, Bulgaria, Chile, China, Colombia, Costa Rica, Croatia, Cyprus, Ecuador, Egypt, Guatemala, Honduras, Hungary, India, Indonesia, Iran, Malaysia, Malta, Mauritius, Mongolia, Morocco, Pakistan, Panama, Paraguay, Peru, Philippines, Romania, Singapore, Sri Lanka, Tajikistan, Thailand, Trinidad & Tobago, Tunisia, Uganda, Ukraine, Uruguay, Zambia.

#### 5 L'ESTIMATION

Il y a une diversité de techniques qui peuvent être utilisées pour estimer l'équation. Les méthodes standards pour l'estimation de Panel sont les effets fixes ou les effets aléatoires. Les coefficients estimés sont sensiblement différents dans les deux cas.

Le test de la spécification de Hausman (1978) peut être un moyen d'évaluation. Pour notre échantillon considéré, la réalisation de la statistique du test de Hausman est de 5,51. Etant donné que le modèle comporte six variables explicatives ( $K = 6$ ), cette statistique suit un Khi deux à six degrés de liberté. Le seuil est de 12,592. Nous acceptons donc l'hypothèse nulle d'absence de corrélation entre les effets individuels et les variables explicatives. Ainsi, nous devons privilégier l'adoption d'un modèle à effets aléatoires et retenir l'estimateur des MCG (estimateur BLUE). Il n'existe alors pas un caractère commun entre les pays et le terme d'erreur se décompose.

Nous allons examiner l'influence des variables fondamentales sur la Croissance Economique : Le Changement Technologique, le niveau du revenu, l'investissement humain et le prix de l'investissement. Non seulement la plupart des

coefficients estimés doivent concorder avec ceux traditionnellement rapportés dans la littérature, mais aussi la plupart d'entre eux doivent être significatifs. Notre principale question de recherche, dans ce modèle, se demande si les Changements Technologiques touchent la croissance économique.

Le coefficient du Revenu est positif et fortement significatif : une augmentation du Revenu entraîne une augmentation de la croissance. Nous avons trouvé un effet négatif et fortement significatif de l'Education Primaire, un effet positif et fortement significatif pour l'Education Secondaire. Pour l'Education Supérieure, elle pratique aussi une influence positive et fortement significative sur la croissance. Ce résultat montre que l'éducation est très corrélée avec la croissance. Ainsi, l'Education Supérieure ou secondaire sont ceux qui influencent positivement la croissance. Ce qui montre qu'une augmentation de l'éducation secondaire et supérieure favorise la croissance parce que la main-d'œuvre qualifiée est celle qui s'adapte aux technologies importées.

Le coefficient sur les Distorsions du Marché est négatif et significatif. Une augmentation du prix de l'investissement baisse la croissance économique. On peut dire donc, qu'une hausse du prix de l'investissement freine la croissance. Et enfin, le coefficient sur le Changement Technologique est positif et très significatif. Le Changement Technologique joue donc un rôle crucial dans la détermination de la croissance économique. Une relation positive entre la croissance et les Changements Technologiques peut être confirmée pour un échantillon de pays en développement. Les Changements Technologiques approuvent donc la croissance économique dans les pays en développement. Le résultat de notre estimation est rapporté dans le tableau 1.

**Tableau 1. Résultats de l'estimation**

Estimation	Effet Individuel fixe	Effet individuel aléatoire
Constante	0,123 (0,000)	1,751 (0,000)
Changements Technologiques	1,4562 (0,000)	1,9875 (0,000)
Revenu	0,697 (0,000)	0,1597 (0,000)
Education Primaire	-0,0089 (0,016)	-0,0098 (0,027)
Education Secondaire	0,3241 (0,001)	0,1258 (0,012)
Education Supérieure	0,3684 (0,204)	0,6587 (0,028)
PI	-0,1078 (0,587)	-0,0036 (0,032)
Pays	39 pays	39 pays

Note: Les valeurs entre parenthèses représentent les probabilités.

## 6 CONCLUSION

Nous nous sommes intéressés aux aspects théoriques et empiriques de la relation allant des Changements Technologiques vers la croissance économique. L'objet de ce travail est l'analyse des déterminants des Changements Technologiques. Il s'agit d'une question centrale pour les pays en développement, car l'innovation est un moteur de la

croissance économique et constitue un élément important du processus de développement industriel et d'intégration dans l'économie mondiale. La croissance résulte du progrès technique qui résulte à son tour de la concurrence entre les recherches qui génèrent les innovations effectuées par les différentes firmes. De très nombreux facteurs internes et externes sont susceptibles d'influencer la décision de s'engager dans une activité d'innovation ou de s'adapter et d'importer les technologies déjà existantes, ainsi que leurs probabilité de succès pour stimuler la croissance économiques.

## REFERENCES

- [1] A. Teixeira and N. Fortuna, "Human Capital, Innovation Capability and Economic Growth Portugal, 1960-2001," *Working paper*, no. 131, 2003.
- [2] G. S. Becker, "Investment in Human Capital: A Theoretical Analysis," *Journal of Political Economy*, vol. 70, pp. 9-49, 1962.
- [3] OCDE, "Technology, Productivity and Job Creation », Paris, 1996.
- [4] OCDE, "Emploi, chômage et inégalités salariales dans les pays de l'OCDE," *Problèmes économiques*, no. 2.486, 18 septembre, 1996.
- [5] TRNEE, Table Ronde Nationale Sur l'Environnement et l'Économie, "Examen des indicateurs de capital humain existants," *Document en ligne*, 28 septembre, 2001.
- [6] R. J. Barro and J. W. Lee, "International Measures of Schooling Years and Schooling Quality," *American Economic Review*, vol. 86, pp. 218-223, 1996.
- [7] R. Barro and L. W. Lee, "International Data on Educational Attainment: Updates and Implications," 2010. [Online] Available: <http://www.barrolee.com/data/dataexp.htm>.
- [8] S. N. Durlauf and D. T. Quah, "The New Empirics of Economic Growth," *Discussion Paper*, no. 384, CEP, 1998.
- [9] E. Berman, J. Bound and Z. Griliches, "Changes in the Demand for Skilled Labor within U.S. Manufacturing Industries: Evidence from the Annual Survey of Manufacturing," *Quarterly Journal of Economics*, vol. 109, pp. 367-97, 1994.
- [10] E. N. Wolff, "The Growth of Information Workers in the U.S. Economy, 1950-1990: The Role of Technological Change, Computerization, and Structural Change," *C.V. Starr Center for Applied Economics*, New York University, Rapport de recherche sur l'économie, 1996.
- [11] J. P. Lavoie, D. Lessard, L. Barylak and D. Côté, "Quand les services facilitent ou nuisent au pouvoir des aidantes familiales," *La Revue canadienne du vieillissement*, vol. 22, no. 4, pp. 381-394, 2003.
- [12] D. Beckstead and T. Vinodrai, "Nature et ampleur des changements qui ont touché les professions dans l'économie du savoir au Canada, 1971 à 1996," *Série de documents de recherche sur l'économie canadienne en transition*, 11-622-MIF, no. 004, Direction des études analytiques, Ottawa : Statistique Canada, 2003.
- [13] S. Globerman, "La localisation des activités à plus grande valeur ajoutée," Ottawa, Industrie Canada, *Document hors série*, no. 27, 2001.
- [14] A. Hanushek and D. D. Kimko, "Schooling, Labor Force Quality, and the Growth of Nations," *American Economic Review*, vol. 90, no. 5, pp. 1184-1208, 2000.
- [15] D. W. Lee and T. H. Lee, "Human Capital and Economic Growth, Tests Based on the International Evaluation of Educational Achievement," *Economic Letters*, vol. 47, pp. 219-225, 1995.
- [16] F. Cartwright and M. Allen, "Understanding the Urban-Rural reading Gap," Ottawa: Statistics Canada, 2002.
- [17] C. Mulligan and X. Sala-i-Martin, "Measuring Aggregate Human Capital," NBER Working Paper, no. 5016, Cambridge, MA: *National Bureau of Economic Research*, 1995.
- [18] O. Basdevant, *Croissance, R&D et formation*, Edition Dalloz, Paris, 2002.
- [19] H. Steedman and K. Wagner, "Productivity, Machinery and Skills: Clothing Manufacture in Britain and Germany," *National Institute Economic Review*, no. 128, pp. 40-57, 1989.
- [20] R. E. Lucas, "On the Mechanics of Economic Development," *Journal of Monetary Economics*, vol. 22, pp. 3-42, 1988.
- [21] K. J. Arrow, "Economic Welfare and the Allocation of Resources for Inventions." *The Rate and Direction of Inventive Activity: Economic and Social Factors*, Edited by R.R. Nelson. Princeton, NJ: Princeton University Press, 1962.
- [22] H. Uzawa, "Optimum Technical Change in an Aggregative Model of Economic Growth." *International Economic Review*, vol. 6, pp. 18-31, 1965.
- [23] R. R. Nelson and E. S. Phelps, "Investment in Humans, Technological Diffusion and Economic Growth," *American Economic Review*, vol. 56, pp. 69-75, 1966.
- [24] P. Aghion and P. Howitt, "A Model of Growth through Creative Destruction," *Econometrica*, vol. 60, pp. 323-351, 1992.
- [25] P. Aghion and P. Howitt, *Endogenous Growth Theory*, M.A: MIT Press, 1998.
- [26] P. M. Romer, "Endogenous Technological Change," *Journal of Political Economy*, vol. 98, pp. 71-102, 1990.
- [27] J. Cortright, "New Growth Theory, Technology and Learning: A Practitioner's Guide," *Review of Economic Development Literature and Practice*, no. 4, 2001.

- [28] P. Hanel and J. Niosi, "La technologie et la croissance économique : survol de la littérature," *Centre inter-universitaire de la recherche sur la science et la technologie (CIRST)*, Mars, 1998.
- [29] P. Krugman, "Increasing Returns and Economic Geography," *Journal of Political Economy*, vol. 99, no. 3, pp.483-499, 1991.
- [30] S. Deraniyagala, "Analysis of Technology and Development: A Critical Review," *New Development Economics*, After the Washington Consensus, New Delhi, London: Tulika Books et Zed Books, 2006.
- [31] P. M. Romer, "Increasing Returns and Long Run Growth," *Journal of Political Economy*, vol. 94, pp. 1002-1037, 1986.
- [32] OCDE, "Politiques de la science et de l'innovation, Principaux défis et opportunités," 2004.
- [33] Englander A. S., Gurney A., "La productivité dans la zone de l'OCDE : les déterminants à moyen terme," *Revue Economique de l'OCDE*, no. 22, 1994.
- [34] D. T. Coe and E. Helpman, "North-South R&D Spillovers," *NBER Working Paper*, no. 5048, Cambridge, March, 1995.
- [35] W. Keller, "Absorptive Capacity: On the Creation and Acquisition of Technology in Development," *Journal of Development Economics*, vol. 49, pp. 199-227, 1996.
- [36] R. Van Elkan, "Catching Up and Slowing Down: Learning and Growth Patterns in an Open Economy," *Journal of International Economics*, vol. 41, pp. 95-111, 1996.
- [37] S. Dessus, "Human Capital and Growth: The Recovered Role of Education Systems," Washington, D.C., Banque mondiale, *Document de travail*, no. 2632, portant sur l'éducation, le travail des enfants et le retour aux études, 1999.
- [38] OCDE, "Innovation et croissance," *L'observateur*, 2007.
- [39] R. J. Barro, "Economic Growth in a Cross Section of Countries," *Quarterly Journal of Economics*, vol. 106, pp. 407-443, 1991.
- [40] J. Fagerberg, "Technology and International Differences in Growth Rates," *Journal of Economic Literature*, vol. 32, pp. 1147-1175, 1994.
- [41] R. Levine and D. Renelt, "A Sensitivity Analysis of Cross-country Growth Regressions," *American Economic Review*, vol. 82, pp. 942-963, 1992.
- [42] M. Lee, B. Liu and P. Wang, "Education, Human Capital Enhancement and Economic Development: Comparison between Korea and Taiwan," *Economics of Education Review*, vol. 13, no. 4, pp. 275-288, 1994.
- [43] J. Benhabib and M. M. Spiegel, "The Role of Human Capital in Economic Development: Evidence from Aggregate Cross-Country Data," *Journal of Monetary Economics*, vol. 34, pp. 143-173, 1994.
- [44] A. Desdoigts, "Neoclassical Convergence versus Technological Catch-Up : A Contribution for Reaching a Consensus," *Document de Recherche*, no. 00-08, Centre d'Etude des Politiques Economiques de l'Université d'Evry, 2000.
- [45] P. A. Muet, *Croissance et cycles*, Economica, Paris, 1994.
- [46] B. Amable and D. Guillec, "Les théories de la croissance endogène," *Revue d'Economie Politique*, vol. 102, no. 3, pp. 314-327, mai-juin, 1992.
- [47] S. Kinoshita, "The Left-to-right Nature of the Masked Onset Priming Effect Innaming," *Psychonomic Bulletin & Review*, vol. 7, no. 1, pp. 133-141, 2000.
- [48] J. Vandenbussche, P. Aghion and C. Meghir, "Growth, Distance to Frontier and Composition of Human Capital," *Discussion Paper*, no. 4860, CEPR, 2005.
- [49] J. E. Loesse, "Changement Technologique, croissance et inégalité: l'importance du capital humain et des institutions," *Thèse de doctorat*, Université Paris I - Panthéon -Sorbonne, 2006.
- [50] D. Acemoglu, P. Aghion and F. Zilibotti, "Distance to Frontier, Selection and Economic Growth," *Journal of the European Economic Association*, vol. 4, 2006.
- [51] P. Howitt and D. Mayer-Foulkes, "R&D, Implementation, and Stagnation: A Schumpeterian Theory of Convergence Clubs," *Journal of Money, Credit and Banking*, vol. 37, pp. 147-177, 2005.
- [52] A. Heston and R. Summers, "The Penn World Tables (Mark 6.3)," *Center for International Comparisons of Production, Income and Prices*, CIC, 2009.
- [53] World Bank, "2010 World Development Indicators," Data Report, World Bank, Washington, CD ROM, 2010.