

INNOVATION, TRANSFERT DE LA TECHNOLOGIE ÉTRANGÈRE, CAPACITÉ D'ABSORPTION LOCALE ET CROISSANCE DE PRODUCTIVITÉ: UNE APPLICATION POUR LE CAS DE LA TUNISIE

Ahmed Bellakhdhar

Docteur. Institut Supérieur de Gestion de Tunis

E-mail: bellakhdar@yahoo.fr

Résumé - L'objet de cet article est de développer et d'estimer un modèle endogène d'accumulation de technologie. Ce modèle incorpore comme déterminants cruciaux, les efforts domestiques d'innovation, l'investissement en éducation, l'écart technologique par rapport au leader et l'effet de la transmission de la technologie étrangère via l'investissement direct étranger et l'importation des produits intensifs en technologie. Pour la validation empirique, on a pris le cas de l'économie tunisienne sur la période 1976-2010. Les résultats de l'estimation montrent que l'impact de l'intensité de R&D domestique sur l'accumulation de technologie est négatif mais non significatif dans toutes les régressions alternatives. Le coefficient associé aux investissements directs étrangers est négatif significativement. Par contre l'impact des importations des produits intensifs en technologie est positif. Il est plus intense pour un écart technologique élevé. Nos estimations montrent aussi un effet direct positif mais qui n'est pas très significatif de capital humain sur le développement technologique en Tunisie. Son rôle est plutôt plus significatif dans l'assimilation et l'absorption de la technologie étrangère.

Mots clés : Productivité totale de facteurs, Effet de prolifération, Capital humain, Intensité de R&D, Transfert de technologie, IDE, Capacité d'absorption

Classification JEL : B22, C51, D24, 04, 033

INNOVATION, TRANSFER OF FOREIGN TECHNOLOGY, LOCAL ABSORPTION CAPACITY AND PRODUCTIVITY GROWTH: AN APPLICATION FOR THE CASE OF TUNISIA

Abstract - The purpose of this article is to develop and estimate an endogenous model of technology accumulation. This model incorporates as principal determinants, domestic innovation efforts, investment in education, technological gap with the leader and the effect of the transmission of foreign technology through foreign direct investment and the importation of technology-intensive products. For the empirical validation, we took the case of the Tunisian economy over the period 1976 - 2010. The results of the estimation show that the impact of the domestic R&D intensity on the accumulation of technology is negative but not significant in all alternative regressions. The coefficient associated to foreign direct investment is significantly negative. On the other hand, the impact of imports of intensive products in technology is positive. It is more intense for a high technological gap. Our estimates also show a positive but not very significant direct effect of human capital on technological development in Tunisia. Its role is rather more significant in the assimilation and absorption of foreign technology.

Key words: Total factor productivity, Proliferation effect, Human capital, R&D intensity, Technology transfer, FDI, Absorptive capacity

Classification JEL : B22, C51, D24, 04, 033

Introduction

En réaction aux limites de la théorie néoclassique de la croissance, les nouveaux modèles de la croissance endogène montrent que « l'accumulation de capital physique et l'accroissement du travail ne pouvaient expliquer qu'une faible part de la croissance. » (Gurgand, 2005). Elles font l'hypothèse que l'investissement en capital humain et le développement technologique sont à l'origine d'une croissance économique soutenue. Cette dernière est assimilée à un phénomène auto-entretenu par accumulation de différents types des capitaux. Les premiers modèles de croissance endogène (Romer, 1986, 1990; Grossman & Helpman, 1991a; Aghion & Howitt, 1992) mettent au centre une fonction de production des connaissances basée sur l'hypothèse de l'effet d'échelle. Une des limites principales de ces modèles est que cette dernière hypothèse n'a pas été supportée par les données empiriques. Pour surmonter ce manque de consensus empirique, deux nouvelles théories de croissance endogène ont été développées. La première est la théorie " semi-endogène " développée par (Jones, 1995; Kortum, 1997; Segerstrom, 1998), et la deuxième porte sur les modèles de la croissance entièrement endogène avec effet de prolifération de (Aghion & Howitt, 1999, ch.12), (Dinopoulos & Thompson 1998), (Peretto, 1998) et (Howitt, 1999, 2000). À la lumière de ces modèles mentionnés, Howitt (2000) justifie que seuls les pays qui innovent auront une croissance technologique tandis que ceux qui ne le font ne se développeront pas du tout à long terme, mais les évidences empiriques montrent comme même une croissance de la Productivité Totale de Facteurs pour ces derniers par le rattrapage technologique. Le thème du rattrapage et de la convergence des différentes économies vers un même niveau de développement a été également une problématique.

Malgré les efforts de formulation théorique fournis à ce niveau, les tentatives de vérifications empiriques semblent moins convaincantes et divergentes. Elles se heurtent notamment à des sérieuses difficultés méthodologiques et conceptuelles quant à la spécification de modèle d'accumulation de technologie. Comme une tentative pour surmonter ces insuffisances, on a essayé de développer un modèle théorique endogène d'accumulation de technologie avec effet de prolifération qui incorpore comme déterminants cruciaux, les efforts domestiques d'innovation, l'investissement en éducation, l'écart technologique par rapport au leader et les effets de la transmission de la technologie étrangère via l'investissement direct étranger et l'importation des produits intensifs en technologie. Pour la validation empirique, on a pris le cas de l'économie tunisienne sur la période 1976 - 2010. Notre objectif principal est de savoir : Quelle est l'importance des efforts domestiques en matière de R&D et l'investissement en éducation sur la croissance de la productivité? Quels sont les effets de la transmission de la technologie étrangère via les investissements directs étrangers ainsi que les importations des produits intensifs en technologie sur la croissance de productivité? Quelles sont les conditions nécessaires pour que la Tunisie puisse capter cette technologie?

Dans notre analyse économétrique, plusieurs régressions alternatives sont estimées. Nous ne se limitons pas néanmoins à l'estimation des effets isolés des différentes variables potentielles mais, nous nous proposons de prendre en considération leurs impacts interactifs pour saisir l'importance de la capacité nationale d'absorption de la technologie étrangère. Des analyses graphiques détaillées sont également établies afin d'identifier les mécanismes précis régissant les liens entre le progrès technique et ses principaux déterminants.

Le présent article est articulé sur trois sections. La première section présente le modèle théorique d'accumulation de technologie et le modèle empirique à estimer. L'estimation économétrique et les analyses graphiques nécessaires sont présentées dans une deuxième section. La troisième section conclut.

I- Modèle d'accumulation de technologie

Le composant central de n'importe quel modèle basé sur les recherches et développement est la fonction d'accumulation de technologies. Selon cette fonction, le flux de nouvelles connaissances dépend des inputs utilisés dans le secteur de R&D et d'autres facteurs ayant des effets indirects sur l'accumulation de savoir. Motivé par les développements théoriques et les études empiriques dans ce domaine, nous proposons de construire un modèle d'accumulation de technologie endogène avec effet de prolifération qui tient compte à la fois de l'innovation pure (Effort domestique), le transfert de la technologie étrangère (Spillover), l'écart technologique par rapport à la frontière et la capacité d'absorption des connaissances.

1. Spécification du modèle théorique d'accumulation de technologie

La littérature économique montre que la spécification théorique la plus supportée de la fonction d'accumulation de technologie par les données empiriques prend la forme générale suivante:

$$\dot{A} = f(X, A) \times (S^f)^{\gamma} \quad (1)$$

Où, \dot{A} est le flux des connaissances cumulées. La fonction $f(X, A)$ indique l'effort domestique en matière de R&D, S^f décrit l'effet de la transmission de la technologie étrangère. A est le niveau de la technologie disponible et X est l'ensemble des ressources mobilisées pour les R&D, que ce soit humaines ou/et financières.

Pour la spécification de f , divers modèles endogènes ont été développés. La forme générale de tous ces modèles est représentée par $f(X, A) = \lambda \left(\frac{X}{Q}\right)^{\sigma} A^{\kappa}$, tel que, λ est un paramètre de productivité dans le secteur de recherche et développement. Le paramètre σ décrit le phénomène de duplication. Il est supposé positif et inférieur à l'unité. κ mesure le niveau des externalités intertemporelles de connaissances qui détermine les rendements de la R&D. La variable Q indique le nombre de variétés de produit. À l'état stationnaire, elle est modélisée par $(Q \propto L^{\beta}$ ou $Q \propto Y^{\beta})$ où β est le coefficient associé au phénomène de prolifération des produits. L est le nombre total des employés dans l'économie ou la taille de la population et Y est le niveau de PIB. L'idée de base derrière cette correction des ressources X par Q c'est pour tenir compte de l'effet de prolifération. Dans la littérature économique, divers indicateurs ont été utilisés pour mesurer l'intensité de R&D. On trouve principalement les ratios, $\left(\frac{R}{Y}\right)$ et/ou $\left(\frac{L_R}{L}\right)$, tel que R désigne le niveau des dépenses contemporaines dans les recherches et développement et L_R est le nombre des chercheurs actifs dans le domaine de R&D. En réalité, ces indicateurs d'intensité utilisés sont des simples fractions globales qui peuvent être une source de biais. Par exemple, l'indicateur d'intensité $\left(\frac{L_R}{L}\right)$ est un ratio qui ne tient pas compte des différences aux niveaux de compétences humaines. Comme une tentative pour corriger cette insuffisance, on a intégré le capital humain h . Le nouveau indicateur sera noté par $\left(\frac{H_R}{L}\right)$, où, $H_R = hL_R$.

Pour modéliser S^f , notre démarche s'appuie en grande partie sur les travaux de (Coe & Helpman, 1995; Lichtenbergh & Van Pottelsberghe, 1998; Savvides et Zachariadis, 2005; Islam, 2009 et Madsen et al., 2012)). Ces auteurs ont essayé de modéliser l'externalité technologique en explorant le lien entre le transfert de la technologie étrangère et l'ouverture sur l'extérieur, via l'importation des biens intensifs en technologie pour les premiers, et les investissements directs étrangers pour les seconds.

A- Transfert technologique, via l'importation des biens intensifs en technologie

Le stock étranger de R&D transféré à travers l'importation des biens intensifs en technologie est noté par S_t^{mf} et défini analytiquement comme par la relation suivante :

$$S_i^{mf} = \sum_{j \neq i}^n \left(\frac{m_{ij}}{Y_j}\right) A_{sup} \quad (2)$$

Où, i et j sont des indices associés aux pays intervenants; i désigne le pays importateur (l'exemple de la Tunisie) et n est le nombre des pays partenaires (*exemple l'EU-15 pour le cas de la Tunisie*). Y_j est le niveau du PIB du pays j et m_{ij} est le volume des biens intensifs en technologie importé par le pays i de ce pays partenaire.

On indique par Y_{Leader} le PIB de pays partenaire leader. Ce pays est supposé à la frontière technologique et avoir le niveau technologique le plus élevé noté par A_{sup} . À une période donnée, il est possible d'exprimer les PIB des autres pays partenaires en fonction de Y_{Leader} suivant la fonction; $Y_j = \vartheta_j Y_{Leader}$, où ϑ_j est une constante. Ceci nous permet de réécrire notre fonction S_i^{mf} sous la forme générale suivante :

$$S_i^{mf} = (n/\vartheta) \left(\frac{\sum_{j \neq i}^n m_{ij}}{Y_{Leader} n}\right) A_{sup} = (n/\vartheta) \left(\frac{M_{ij}}{Y_{Leader}} A_{sup}\right) \quad (3)$$

Où, (M_{ij}/Y_{Leader}) est le ratio de la valeur moyenne des importations de i en provenance des pays partenaires au PIB de pays leader. Dans la fonction d'accumulation des connaissances \dot{A}_t présentée ci-

dessus, le stock de technologie étrangère est intégré sous une forme multiplicative. Ceci facilite le calcul surtout avec la fonction logarithmique par comparaison avec la forme additive. Le transfert technologique, via l'investissement direct étranger sera modélisé de la même manière que celle associé aux importations.

B- Transfert technologique, via l'investissement direct étranger

Le volume de la technologie étrangère transmise via l'IDE est modélisé comme suit :

$$S_i^{idef} = \sum_{j \neq i}^n \left(\frac{ide_{ij}}{K_j} \right) A_{sup} \approx \frac{IDE_{ij}}{K_{Leader}} A_{sup} \approx (n/\mathfrak{N}) \left(\frac{IDE_{ij}}{Y_{Leader}} A_{sup} \right) \quad (4)$$

Où, $Y_j \propto K_j$ (\propto indique la notion de proportionnalité entre ces deux variables). IDE_{ij} est le flux total moyen des investissements directs étrangers attirés par le pays i . On suppose que le pays i possède le niveau technologique A_i . Les autres variables sont définies comme précédemment. Par hypothèse, le retard technologique par rapport au pays leader est défini par $(A_{sup} - A_i)$. Cette différence représente l'écart technologique par rapport au leader en termes du nombre de variétés. Le pays i cherche à rattraper cette différence technologique. Dans le même cadre d'analyse, (Hammami & Menegaldo, 2001; Cecchini et al., 2008 ; Ang & Madsen, 2012) ont donné une fonction intégrée de type Cobb-Douglas plus générale pour spécifier le transfert de la technologie étrangère, via l'importation des produits technologiquement avancés et les investissements directs étrangers. Cette fonction est définie par la forme suivante :

$$S^f = (S_i^{mf})^a \times (S_i^{idef})^b \quad (5)$$

Où, a est l'élasticité de l'externalité technologique globale par rapport au transfert via l'importation et b est celle de l'externalité technologique globale par rapport au transfert via les IDE. En adoptant cette spécification pour le cas de notre modèle et en remplaçant les variables S_i^{mf} et S_i^{idef} par leurs expressions trouvées précédemment, on obtient

$$S^f \equiv (n/\mathfrak{N})^{ab} \left(\frac{M_{ij}}{Y_i} \right)^a \times \left(\frac{IDE_{ij}}{Y_i} \right)^b \left(\frac{A_{sup} - A}{A_{sup}} \right)^{ab} A^{ab} \quad (6)$$

Si on remplace S^f et $f(X,A)$ par leurs expressions, tel que l'intensité en R&D domestique est spécifiée par le ratio $\left(\frac{H_R}{L} \right)$, on obtient l'équation suivante :

$$\dot{A} = \delta (n/\mathfrak{N})^{ab\mathfrak{T}} \left(\frac{H_R}{L} \right)^\theta \left(\frac{M_{ij}}{Y_i} \right)^{a\mathfrak{T}} \left(\frac{IDE_{ij}}{Y_i} \right)^{b\mathfrak{T}} \left(\frac{A_{sup} - A}{A_{sup}} \right)^{ab\mathfrak{T}} A^{\mathfrak{N}+ab\mathfrak{T}} \quad (7)$$

Si on remplace les paramètres $(a\mathfrak{T})$, $(b\mathfrak{T})$, $(ab\mathfrak{T})$ et $(\mathfrak{N} + ab\mathfrak{T})$ par ϵ , τ , γ et \emptyset respectivement, on obtient la forme générale suivante :

$$\dot{A} = \delta' \underbrace{\left(\frac{H_R}{L} \right)^\theta}_{\text{Effort domestique en R\&D}} \underbrace{\left(\frac{M}{Y} \right)^\epsilon \left(\frac{IDE}{Y} \right)^\tau}_{\text{Transfert technologique de l'étranger}} \underbrace{\left(\frac{A_{sup} - A}{A_{sup}} \right)^\gamma}_{\text{Distance à la frontière}} \underbrace{A^\emptyset}_{\text{Effet externalité}} \quad (8)$$

Où, $\delta' > 0$ représente un paramètre exogène de la productivité de la R&D. Le paramètre θ décrit le phénomène de duplication. Il est supposé $0 \leq \theta < 1$. Le paramètre \emptyset indique l'effet inter-temporel de la technologie existante sur la productivité future de création des connaissances. Il est supposé positif et inférieur à l'unité.

2. Construction du modèle économétrique

En appliquant l'approximation log-linéaire de Taylor adoptée par (Ha & Howitt, 2007) sur la spécification théorique obtenue ci-dessus, on obtient le modèle empirique suivant :

$$g_A = \alpha_0 + \alpha_1 \log \left(\frac{L_R}{L} \right) + \alpha_2 \log h + \alpha_3 \log \left(\frac{A_{sup} - A}{A_{sup}} \right) + \alpha_4 \log \left(\frac{M}{Y} \right) + \alpha_5 \log \left(\frac{IDE}{Y} \right) + \varepsilon \quad (9)$$

Où, g_A est le taux de croissance de la PTF. C'est le progrès technique, mesuré par le taux de croissance de la productivité totale des facteurs. ε est le terme d'erreur et les autres variables sont définies comme

précédemment. Dans cet article, le choix de la Tunisie revient au fait qu'elle s'agit d'un pays de la rive sud de la Méditerranée qui a signé les accords de partenariat bilatéraux avec l'UE-15. En effet, pour réussir son intégration dans l'économie mondiale et renforcer sa capacité concurrentielle dans la région, la Tunisie a opté pour une stratégie d'encouragement aux investissements et d'ouverture sur l'extérieur. Pour expliquer la croissance de cette productivité totale des facteurs, plusieurs facteurs déterminants ont été avancés dans la littérature. Dans ce cadre d'analyse, les évidences empiriques montrent que l'investissement en capital humain, les efforts domestiques d'innovation, la position du pays à la frontière technologique et la diffusion de la technologie étrangère via l'investissement direct étranger et l'importation des produits intensifs en technologie sont les principales variables explicatives de l'accumulation de technologie. Les variables explicatives de notre modèle sont indiquées par u_R , humain h , DTF , MY , $IDEY$ respectivement.

II. Estimation empirique et analyses graphiques: Résultats et interprétations

Dans cette étude empirique, on va estimer dans un premier temps, les effets directs de capital humain, de l'effort domestique en matière de R&D, de l'écart technologique par rapport au leader et sur la croissance de la productivité, ainsi que les impacts des IDE et des importations des équipements technologiquement avancés. Après, des équations de régressions alternatives qui intègrent des termes interactifs vont être estimées dont le but de savoir sur l'importance de la capacité d'absorption de la technologie étrangère.

1. Estimation des effets directs des déterminants de progrès technique

Le Tableau 1 présenté ci-après (Annexe A) présente les résultats de l'estimation des effets directs des variables explicatives sur le progrès technique. Les résultats obtenus montrent que l'intensité de R&D domestique paramétré par la variable $Logu_R$ a un impact négatif (-0.069) mais non significatif à un risque d'erreur de 5% sur le taux de croissance de la PTF. Ceci infirme les conclusions apportées par les nouveaux modèles schumpetériens de la croissance endogène sur l'importance de cette variable dans l'accumulation de technologie. Par ailleurs, les résultats trouvés par (Vandenbussche et al., 2006; Aghion et al., 2005, 2009 ; Islam, 2009 et Madsen et al., 2012) indiquent que plus l'effort domestique en matière de R&D est important plus la croissance de productivité est élevée. Plusieurs raisons peuvent expliquer ce rendement négatif de l'effort domestique en R&D sur la croissance de productivité en Tunisie. (Chellouf et al, 1999) par exemple montre que le système national d'innovation en Tunisie souffre de certaines lacunes. Ils soulignent que les 80% des brevets déposés par les résidents sont à titre individuel. Ceci montre le manque de collaboration entre chercheurs, laboratoires de recherche et entreprises surtout pour subventionner le travail de la recherche. L'intégration des chercheurs universitaires et scientifiques dans le milieu industriel reste encore faible en raison de l'orientation des universités vers la recherche fondamentale. Ceci implique que l'environnement institutionnel d'informations scientifiques et économiques en Tunisie est caractérisé par une faible communication entre ses structures. Les travaux empiriques de (Tlili, 2006) montrent qu'environ 80% des chercheurs sont des enseignants universitaires dont les activités de recherches sont à dominance théorique fondamentale. Les chiffres statistiques en termes d'effectif total des chercheurs deviennent donc trompeurs et le nombre réel de chercheurs est bien inférieur. On trouve également que l'investissement public tunisien dans la recherche reste plutôt éparpillé sur un ensemble très large de domaines scientifiques (ESTIME, 2007).

Quant à l'impact du capital humain sur le taux de croissance de la productivité, notre estimation économétrique montre que son coefficient est positif mais faiblement significatif. Ainsi, une augmentation de capital humain par 1% n'augmente la PTF que de l'ordre de 0,04 à 0,059 points de pourcentage. Il semble néanmoins, que ce résultat est expliqué par une inadéquation entre les formations et les besoins des structures productives (Boutrolle, 1999). Il en résulte à la fois une faible productivité des nouveaux travailleurs et un effet d'apprentissage insuffisant pour générer des gains de productivité significatifs lors de l'introduction de nouvelle technologie. Le désengagement de l'état dans le système éducatif, se manifeste aussi par l'absence de programmes d'éducation efficaces répondant aux besoins technologiques pour le développement. Notre résultat empirique obtenu peut cacher un autre rôle crucial et significatif de capital humain dans le progrès technique en Tunisie. Il s'agit de son véritable effet comme facteur d'assimilation et d'absorption de la technologie étrangère. Cette hypothèse sera testée dans les sections suivantes.

Sur le plan économétrique et dans le but d'améliorer notre estimation, on a essayé d'éliminer dans un premier temps la variable non significative. Elle s'agit de l'intensité de R&D domestique. Ceci nous a amené à estimer une deuxième équation de régression avec quatre variables seulement ; régression (2). Comme un résultat, la significativité statistique des principales variables explicatives s'est améliorée sauf pour le capital humain. Ceci nous a motivé à remplacer l'intensité de R&D domestique et le capital humain par une nouvelle variable interactive qui tient compte à la fois de la masse disponible de chercheurs et de la qualité de leur formation comme deux aspects fondamentaux de l'innovation. La nouvelle variable est indiquée par ($Loghu_R$). L'estimation obtenue montre un impact positif sur la croissance de productivité (0.031), même il n'est pas significatif. Ceci confirme à certain niveau la théorie Schumpetérienne récente de la croissance endogène selon laquelle, le taux de progrès technologique dans un tel pays dépend positivement de l'intensité de R&D domestique corrigée par le niveau de compétence.

Concernant l'importance de l'écart technologique dans le progrès technique, nous remarquons que les coefficients associés à cette variable sont positifs et significatifs dans toutes les régressions alternatives. La variation du taux de croissance de la PTF en fonction de l'écart technologique est illustrée par la figure 1 (voir Annexe B). Ce graphique montre que la relation entre les deux variables est positive mais n'est pas strictement linéaire. Le taux de croissance de la PTF prend des valeurs négatives pour un écart inférieur à 73%. Au-delà de cette valeur seuil, l'impact est positif et croissant. La figure montre également que cet impact positif de l'écart technologique commence à décroître pour un décalage plus élevé. Ceci implique que le rattrapage sera plus difficile, complexe et très coûteux pour une distance technologique élevée. Ces résultats confirment l'hypothèse théorique selon laquelle, à mesure que les entreprises locales se rapprochent de la frontière technologique internationale, il leur devient plus difficile d'imiter la technologie des firmes leaders.

Quant à l'impact de l'importation des produits intensifs en compétence sur la productivité globale, nos estimations confirment le rôle crucial joué par cette variable. Le coefficient associé est positif et statistiquement significatif. En effet, une augmentation de la part dans le PIB de ce type d'importation par 1% améliore la PTF par plus que 0,5%. Ces résultats sont robustes aux différentes régressions estimées. Ils sont conformes à la théorie économique selon laquelle, plus un pays est ouvert sur l'extérieur, plus les gains d'externalités sont significatifs sur la productivité totale des facteurs, (Mansfield et al., 1990 ; Baumol, 1993). L'analyse graphique détaillée montre que cette relation n'est pas linéaire (voir la figure 2). En effet, la croissance technologique est très faible pour un ratio réduit ($\frac{M}{Y} \leq 25\%$). C'est uniquement au-delà de ce seuil, qu'on commence à avoir un impact positif sur l'accumulation de technologie. Ce résultat montre que la Tunisie doit améliorer d'avantage la nature de ses échanges commerciaux avec l'extérieur en important plus de produits intensifs en technologie, (Lemoine and Kesenci, 2003).

S'agissant des investissements directs étrangers, nos estimations montrent que l'impact exercé sur l'accumulation de technologie est négatif et statistiquement significatif. Ainsi, une augmentation de 1% de la part des IDE dans le PIB fait décroître la productivité par 0,11% en moyenne. Ce résultat infirme la théorie selon laquelle les IDE sont évoqués comme un facteur essentiel de transfert de technologie qui permet aux firmes locales d'améliorer leur productivité à travers le contact avec les entreprises étrangères, de réduire les distorsions monopolistiques et d'introduire une efficacité technologique plus élevée. Ces résultats, plutôt inattendus peuvent être néanmoins expliqués par plusieurs éléments. Une des raisons possibles est qu'en Tunisie, la grande part des IDE se concentre sur les activités à faible valeur ajoutée. De même, l'intégration des firmes multinationales dans le tissu productif local est pratiquement inexistante. Les retombées technologiques sont alors limitées.

La littérature économique montre que les pays en développement doivent se focaliser dans leur premier stade de développement beaucoup plus sur l'acquisition et l'assimilation de la technologie étrangère à travers l'imitation et le contact avec les entreprises étrangères, vu le coût important que génèrent les activités de R&D. Par ailleurs, le transfert technologique n'est pas systématique, (Sjöholm, 1999). Il est étroitement lié à la « capacité d'absorption » du pays récepteur de technologies étrangères, (Blomström et al., 2000). Motivé par cette évidence, il convient d'estimer une régression alternative qui tient compte non seulement des effets directs propres aux variables explicatives, mais aussi qui intègre des termes interactifs.

2. Rattrapage technologique et capacités d'absorption : Analyses et interprétations

Dans la littérature économique, plusieurs travaux (Wang, 1990; Borenstein, De Gregorio et Lee, 1995; Coe et al, 1997; Bouoiyour & Yazidi, 2000 ; Madsen 2012 etc.) émettent des réserves sur le caractère automatique des bienfaits des investissements étrangers. À la lumière de la littérature sur les investissements directs étrangers, il semble que la productivité totale des facteurs des pays du sud de la Méditerranée y compris la Tunisie devrait bénéficier des IDE, d'autant, voire à condition, que les capacités d'absorption des nouvelles technologies véhiculées sont élevées, en particulier que la force de travail est qualifiée. Ces caractéristiques se présentent-elles pour la Tunisie?

Pour confirmer ou infirmer ces hypothèses théoriques, on a essayé d'estimer certaines régressions alternatives qui intègrent des variables interactives indiquant l'importance de la capacité d'absorption locale dans le transfert de technologies découlant des IDE. Cette capacité est mesurée par différentes variables (présentées dans les régressions 1, 2, 3 et 4 du tableau 2. Voir Annexe A); l'intensité de R&D domestique, le niveau du capital humain, l'écart technologique par rapport au leader et le degré d'ouverture du pays et respectivement. Les résultats obtenus dans le Tableau 2 nous permettent de déterminer les conditions selon lesquelles ces transferts peuvent se traduire par un effet positif sur la croissance de productivité en Tunisie.

Les estimations apportées par la deuxième colonne montrent que l'effet direct des IDE sur le taux de croissance de la PTF ainsi que son impact interactif avec le capital humain ont gardé le signe négatif. Ils sont de valeurs (-0,138) et (-0,148) respectivement. Ce dernier coefficient est statistiquement non significatif. Ceci implique la faible complémentarité entre les deux facteurs pour générer des gains de productivité. Ainsi, les effets liés aux transferts de technologie via les investissements directs étrangers restent très faibles ou presque absents en Tunisie. Concernant l'importance de l'intensité de R&D domestique, la littérature économique montre que tout effort en termes de ressources humaines ou financières dans le secteur de recherche joue un rôle fondamental dans l'absorption de la technologie étrangère, notamment celle diffusée via les IDE. Dans ce cadre d'analyse, nos résultats empiriques présentés dans la première colonne montrent une relation négative et significative entre le terme interactif $Logu_R \times LogIDEY$ et le taux de croissance de la PTF ; (un coefficient de -0.07 avec un t-student égale à -2.03). Nous remarquons également que l'introduction de cette variable a intensifié l'effet direct négatif des IDE sur la croissance de productivité. Il attient la valeur -0.198 dans la régression (1). Ceci infirme les conclusions selon lesquelles les ressources domestiques consacrées par le pays hôte pour la R&D sont fondamentales pour l'absorption de la technologie étrangère apportée par les firmes multinationales, (Madsen, 2012 ; Islam et al., (2009). Il semble néanmoins, que ce résultat est expliqué par l'existence à la fois d'une capacité d'apprentissage insuffisante et des IDE concentrés dans des secteurs de technologie basse.

Dans l'analyse empirique, on a essayé d'évaluer l'importance de la distance technologique à la frontière dans le rattrapage de la technologie transmise à travers les IDE. C'est par l'introduction de la variable interactive $LogDTF \times LogIDEY$. Les résultats obtenus montrent que l'effet direct des IDE devient positif (0.13) mais statistiquement est non significatif. Le coefficient associé à la variable multiplicative est positif (0.967) et significatif (t-student est de 2.36). Ceci implique qu'en moyenne l'IDE opère un transfert technologique plus fort si l'écart entre la technologie ainsi reçue et la technologie domestique est élevé. Les observations empiriques sur la période 1976-2010, témoignent de l'existence d'une relation qui n'est pas strictement monotone entre le terme interactif $LogDTF \times LogIDEY$ et le taux de croissance de productivité. Ainsi, la figure 3 présentée ci-après montre que pour un décalage technologique inférieur à 74%, la corrélation est positive. Au-delà de cette valeur seuil, la corrélation devient négative.

Pour savoir plus sur le degré de complémentarité entre l'importation des produits intensifs en technologie et les IDE, on a essayé d'introduire dans notre modèle la variable interactive $LogMY \times LogIDEY$ (régression (4)), pour estimer son impact sur la croissance de productivité. Cette variable indique la capacité d'absorption locale mesurée par le degré d'ouverture du pays. Elle peut jouer un rôle important dans le transfert technologique dans la mesure où le pays le plus ouvert a plus de chance d'imiter et d'absorber les technologies diffusées par les firmes multinationales. Sur le plan empirique, cette hypothèse a été confirmée par plusieurs travaux de recherche et en particulier celui de (De Gregorio, 1992). Une étude similaire réalisée récemment par (Botirjan Baltabaev, 2013), montre que le ratio d'importation des produits technologiques au PIB exerce une forte influence sur l'entrée d'IDE.

Dans cette étude sur la Tunisie, les estimations montrent que l'introduction de ce terme interactif; $LogMY \times LogIDEY$ a accentué l'effet négatif de l'IDE (-1.66), mais en perdant sa significativité statistique.

Concernant le coefficient associé à la variable interactive, il est positif et non significatif. Ce résultat explique d'une manière claire le faible potentiel technologique des flux entrants des IDE en Tunisie, chose qui justifie l'absence d'interaction entre les deux variables. Dans le Tableau 3 présenté ci-après, notre objectif consiste à estimer deux équations de régression qui tiennent compte non seulement de l'effet direct d'importations des produits intensifs en technologie, mais qui intègrent en plus les termes interactifs, $LogMY \times Logu_R$ et $LogMY \times LogDTF$. Ces variables croisées mettent l'accent sur l'importance de l'investissement domestique dans la R&D et du décalage technologique par rapport au leader dans le transfert technologique via l'importation des biens d'équipement, respectivement.

Les résultats obtenus montrent que l'impact de la variable $Logu_R$ sur le taux de croissance de la PTF est négatif et non significatif que ce soit intégrée d'une manière séparée ou en interaction avec l'importation des biens technologiques. Pour les autres variables du modèle, les estimations sont robustes en termes de signe et de significativité statistique. La régression (1) montre une corrélation positive et significative entre la croissance de productivité et la variable interactive $LogMY \times LogDTF$. Le coefficient associé à cette dernière variable devient plus significatif après l'élimination de $Logu_R$. Nous remarquons également qu'avec l'introduction de cette variable interactive l'effet du capital humain devient plus significatif.

L'effet marginal total d'importations des biens d'équipement sur la croissance de productivité en tenant compte de l'écart technologique est donné par le coefficient α_{MY} défini par $\alpha_{MY} = 0.696 + 0.415 \times LogDTF$, (régression 2). Il suffit d'insérer la valeur moyenne de $LogDTF$ calculée sur la période d'étude pour obtenir un effet global moyen évalué à 0,57. Cette valeur empirique de α_{MY} montre que l'importation des produits intensifs en technologie est un vecteur principal de la transmission de connaissances étrangères en Tunisie dont l'impact est plus important avec le décalage technologique par rapport au leader.

La représentation graphique de la relation entre la croissance de la PTF et la variable interactive $LogMY \times LogDTF$ est illustrée par la figure 5. Ce graphique confirme la présence d'un impact positive de l'importation d'équipements. Cet effet est plus important pour un décalage technologique élevé. Ce résultat infirme les hypothèses théoriques selon lesquelles, lorsque l'écart entre les deux pays est trop grand, la capacité d'absorption devient insuffisante pour générer des gains de productivité significatifs lors de l'importation de nouveaux produits intensifs en technologie, (Madsen, 2010, 2012 ; Islam, 2009 ; Botirjan Baltabaev, 2013).

Les régressions relèvent également un coefficient négatif et significatif pour les investissements directs étrangers. Ce résultat, plutôt inattendu pourrait être expliqué principalement par un type d'IDE faible en volume et non porteur de transfert technologique. Nos estimations montrent aussi que l'importation des produits intensifs en technologie est un vecteur principal de transmission de connaissances étrangères en Tunisie dont l'impact devient plus important avec le décalage technologique par rapport au leader. Concernant l'importance de cette dernière variable dans le progrès technique, les résultats empiriques montrent que les coefficients associés sont positifs et significatif. Mais avec les termes interactifs, on trouve que les potentialités de retombées positives deviennent limitées pour un écart trop grand.

Conclusion

Dans cet article, on a essayé de contribuer à la littérature économique par le développement et l'estimation d'un modèle endogène d'accumulation de technologie avec effet de prolifération. Ce modèle intègre comme déterminants cruciaux, les efforts domestiques d'innovation, l'investissement en éducation, l'écart technologique par rapport au leader et l'effet de la transmission de la technologie étrangère via l'investissement direct étranger et l'importation des produits intensifs en technologie. Comme un exemple d'application, on a pris le cas de l'économie tunisienne sur la période 1976-2010. Pour certaines variables, les données utilisées sont rassemblées à partir d'une diversité de sources nationales ou internationales. Pour d'autres, elles sont obtenues par l'utilisation de différentes méthodes d'estimation. C'est le cas du capital humain estimé à partir d'une équation de régression de type Macro-Mincer (voir ANNEXE C) et la Productivité Totale des Facteurs calculée par la méthode de la comptabilité de croissance appliquée sur une fonction de production de type Cobb-Douglas. Dans notre analyse empirique, on ne se limite néanmoins à l'estimation des effets isolés des différentes variables potentielles mais, on a pris en considération les impacts interactifs pour saisir l'importance de la capacité d'absorption nationale.

Les résultats empiriques obtenus montrent que l'impact de l'intensité de R&D domestique est négatif mais statistiquement est non significatif dans toutes les régressions alternatives. Le coefficient associé aux investissements directs étrangers est négatif et significatif. Ce résultat, plutôt inattendu pourrait être

expliqué principalement par un type d'IDE faible en volume et non porteur de transfert technologique. Son effet interactif avec le capital humain sur le taux de croissance de la PTF a gardé le signe négatif bien qu'il n'est pas statistiquement significatif. Ceci implique la faible complémentarité entre les deux facteurs pour générer des gains de productivité. Quant à l'importation des produits intensifs en technologie, les régressions montrent qu'elle s'agit d'un vecteur principal de transmission de connaissances étrangères en Tunisie. Son impact sur l'accumulation de savoir est plus intense pour un décalage technologique élevé. S'agissant de l'écart technologique, son impact est positif et significatif.

Nos résultats montrent aussi un effet direct positif mais qui n'est pas très significatif du capital humain sur le développement technologique en Tunisie. Il en résulte à la fois une faible productivité des nouveaux travailleurs et un effet d'apprentissage insuffisant pour générer des gains de productivité significatifs lors de l'introduction de nouvelle technologie. Malgré la grande priorité accordée par la Tunisie à l'éducation et à la formation des jeunes, la capacité d'innovation reste encore réduite.

ANNEXE A : Liste des tableaux de régression

Tableau 1 : Estimation des effets directs des déterminants de progrès technique

Variable dépendante: $\Delta \text{Log}(A)$			
	(1)	(2)	(3)
Logu_R	-0.069 (-0.95)		
Logh	0.059 (1.82)	0.040 (1.65)	
Loghu_R			0.031 (1.61)
LogDTF	1.53** (2.55)	1.479** (3.56)	0.94** (2.45)
LogIDEY	-0.128** (-4.03)	-0.127** (-6.87)	-0.09** (-5.32)
LogMY	0.589** (2.14)	0.560** (3.00)	0.51** (2.33)
_Cons	- 1.46 (-1.47)	-1.296 (-1.82)	-1.285 (-1.6)
Fisher	211.69	97.03	74.04
R-squared	0.98	0.98	0.97

Note : Les valeurs de t reviennent à la statistique de Student. **La régression est à erreur standard robuste.** $\Delta \text{Log}(A)$ = est la variable expliquée qui désigne le taux de croissance de la PTF. La colonne (2) élimine la variable non significative qui est **Logu_R** et la colonne (3) intègre la variable croisée **Loghu_R** qui est le Log du ratio u_R corrigé par le niveau de compétence. L'indice (t-1) indique que la variable est retardée d'une période, c'est pour tenir compte du temps nécessaire pour avoir un impact sur la productivité. (**) indiquent que le coefficient est significatif à un risque d'erreur de 5%. Les données exploitées sont les moyennes sur des intervalles des 5 ans calculées sur toute la période 1976-2010.

Tableau 2 : Estimation des effets interactifs des IDE sur le taux de croissance de la PTF

Variable dépendante: $\Delta \text{Log}(A)$				
	(1)	(2)	(3)	(4)
Logh	0.045 (1.58)		0.084 (1.90)	0.049 (1.1)
LogDTF	1.635** (4.92)	1.538** (2.46)		1.12** (2.69)
LogIDEY	-0.198** (-6.64)	-0.138** (-4.08)	0.130 (1.1)	-1.66 (-1.37)
LogMY	0.509** (2.31)	0.563 (1.66)	0.894** (4.84)	
Log_R × LogIDEY	-0.070** (-2.03)			
Logh × LogIDEY		-0.148 (-1.14)		
LogDTF × LogIDEY			0.967** (2.36)	
LogMY × LogIDEY				0.48 (1.31)
_Cons	- 1.094 (-1.38)	-1.281 (-1.02)	-2.81** (-4.80)	0.37** (2.87)
Fisher	331.92	36.36	143.44	26.60
R-squared	0.98	0.96	0.93	0.95

Note : Les valeurs de t reviennent à la statistique de Student. La régression est à erreur standard robuste. $\Delta \text{Log}(A)$ = est la variable expliquée qui désigne le taux de croissance de la PTF. (**) indique que le coefficient est significatif à un risque d'erreur de 5%. Les données exploitées sont les moyennes sur des intervalles des 5 ans calculées sur toute la période 1976-2010.

Tableau 3 : Estimation des effets interactifs de l'importation des biens technologiques sur le taux de croissance de la PTF

Variable dépendante: $\Delta \text{Log}(A)$			
	(1)	(2)	(3)
Log_{UR}	-0.056 (-1.08)		
Log_h	0.052** (2.47)	0.040** (3.41)	0.042 (1.73)
LogIDEY	-0.123** (-6.04)	-0.128** (-6.81)	-0.121** (-4.59)
LogDTF			1.644** (2.71)
LogMY	0.693** (4.86)	0.696** (.03)	0.511 (1.79)
LogMY × LogDTF	0.492** (3.84)	0.415** (4.55)	
LogMY × Log_{UR}			-0.013 (-0.55)
_Cons	- 1.767** (-3.23)	- 1.843** (-3.44)	- 1.143 (-1.13)
Fisher	268.46	37.64	334.85
P-value	0.03	0.00	0.00
R-squared	0.98	0.98	0.97

Note : Les valeurs de t reviennent à la statistique de Student. **La régression est à erreur standard robuste.** $\Delta \text{Log}(A)$ = est la variable expliquée qui désigne le taux de croissance de la PTF. Les colonnes (2 et 3) éliminent la variable non significative qui est **Log_{UR}**. **(**)** indique que le coefficient est significatif à un risque d'erreur de 5%. Les données exploitées sont les moyennes sur des intervalles des 5 ans calculées sur la période 1976-2010.

ANNEXE B : Liste des figures

Figure 1 : Variation du taux de croissance de la PTF en fonction de l'écart technologique

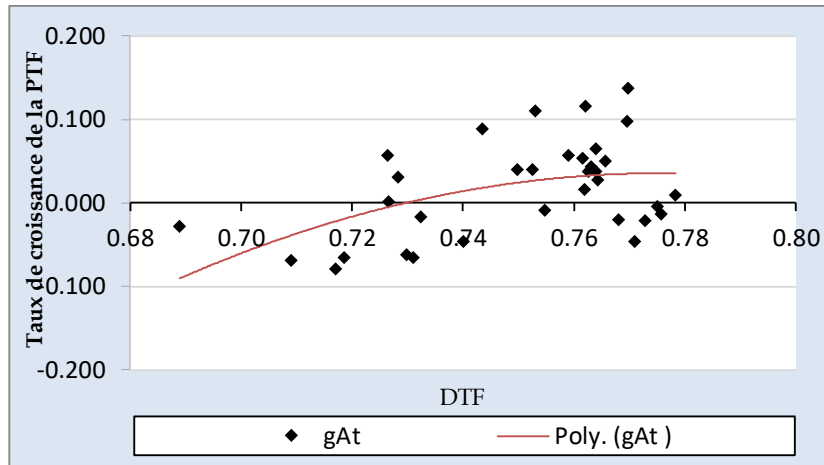


Figure 2 : Variation du taux de croissance de la PTF en fonction du ratio (M/Y)

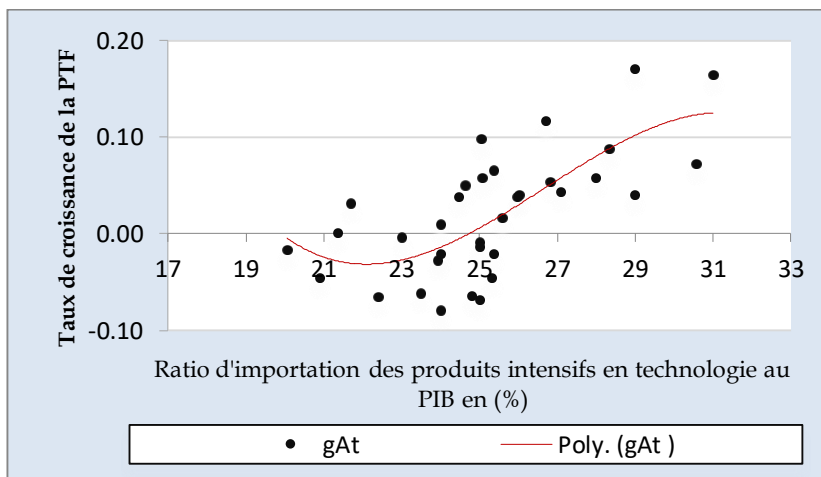
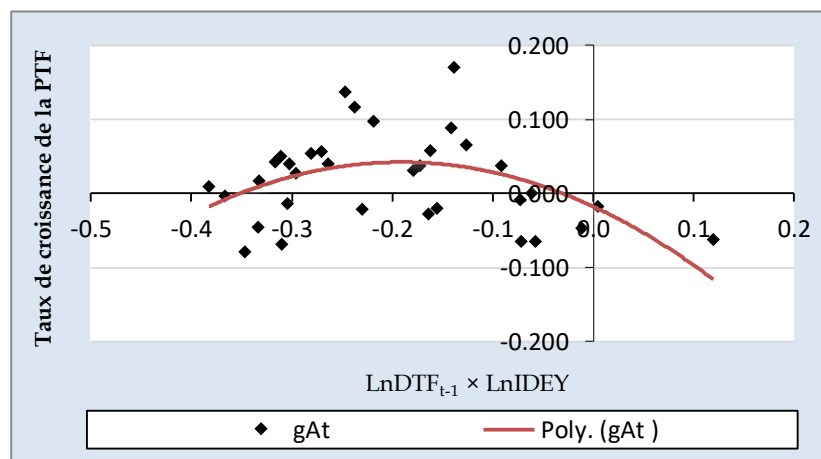


Figure 3 : Variation du taux de croissance de la PTF en fonction de la variable $\text{LogDTF} \times \text{LogIDEY}$



ANNEXE C : Spécification théorique de capital humain et procédure d'estimation

➤ Construction de modèle théorique d'accumulation de capital humain

On considère le cas d'un individu représentatif à durée de vie infinie, dont les préférences sont représentées par une fonction d'utilité qui dépend de sa consommation (c_t). Cette fonction d'utilité est supposée de type-Ramsey à élasticité de substitution intertemporelle constante (σ^{-1}), avec $\sigma \neq 1$. Le taux de préférence pour le présent est paramétré par ρ .

$$\int_0^{\infty} \frac{c_t^{1-\sigma} - 1}{1-\sigma} e^{-\rho t} dt, \quad \rho > 0 \quad (I)$$

Ce ménage représentatif détient des actifs indiqués par la variable a . Il choisit le niveau de ses épargnes et consommation c , la part du temps consacrée à l'éducation u_h et ses dépenses scolaires privées \bar{D} à fin de maximiser sa fonction d'utilité, sous la contrainte d'accumulation de son capital humain et de son budget dynamique. Le capital humain est accumulé suivant la fonction:

$$\dot{h}_{\square} = B(u_h h_{\square})^{\vartheta} \bar{D}_{\square}^{1-\vartheta} \quad (II)$$

Où, h est le niveau du capital humain par travailleur, B est le paramètre reflétant l'efficacité de la « reproduction des savoirs ». Le paramètre ϑ est supposé positif et inférieur à l'unité. L'effet marginal d'une unité de ressource utilisée dans l'accumulation de capital humain est supposé décroissant avec le niveau scolaire. On suppose également que le temps disponible est normalisé à l'unité. Une fraction u_h du temps est consacrée à la formation; $0 < u_h < 1$ et le complément $(1 - u_h)$ pour d'autres activités ; une fraction u_y pour la production des biens et u_R pour les activités d'innovation. Dans la pratique, la valeur empirique de la fraction u_h est non observée directement. Elle est modélisée dans plusieurs études par le nombre moyen d'années d'étude dans l'économie S divisé par l'espérance de vie à la naissance L_e ; $u_h \approx (S/L_e)$.

À chaque période, on suppose que l'actif total du ménage est la somme du salaire réel après impôt, $(1 - \tau_w)w(1 - u_h)h$ et des encaisses financiers nettes d'impôt obtenues à la fin de période, $[(1 - \tau_k)r]a$. Le ménage répartit ses ressources entre consommation privée, dépenses scolaires et épargne. Sa contrainte budgétaire est donnée par l'équation suivante

$$\dot{a} = (1 - \tau_k)ra + (1 - \tau_w)w(1 - u_h)h - c - (1 - s_d)\bar{D} \quad (III)$$

Où, r est le taux d'intérêt réel, et w est le salaire réel par unité de capital humain. Dans ce modèle, on suppose que l'état peut intervenir pour subventionner les dépenses scolaires privées à un taux s_d et financer ses dépenses publiques en éducation. Ses ressources principales proviennent de la taxation des salaires de ménages à un taux τ_w et des revenus de capitaux à un taux τ_k . Les données empiriques sur la Tunisie montrent que les deux types de dépenses scolaires (privées et publiques) sont proportionnelles en moyenne. On suppose alors une relation linéaire entre les deux variables définie comme suit : $D_{priv} \approx \ell D_{pub}$, où ℓ est une constante positive.

La résolution de l'équation différentielle (II) et du programme de maximisation d'utilité dans la logique d'optimisation nous permet d'obtenir un niveau de capital humain éducatif dans sa forme agrégée présenté par la fonction suivante :

$$H = H_0 \times e^{\alpha_h \left(\frac{D_{pub}}{Y}\right)^{1-\vartheta} S} \quad (IV)$$

Où H est le niveau agrégé de capital humain éducatif, H_0 est son niveau initial, S est le nombre moyen d'années d'étude (*Indicateur de la quantité d'éducation*) et $\left(\frac{D_{pub}}{Y}\right)$ est la part des dépenses scolaires publiques dans le PIB (*Indicateur macroéconomique de l'effort quantitatif fourni par un pays afin d'améliorer la qualité de son enseignement*), Dessus (2000). α_h est le taux de rendement d'une année d'étude corrigée par l'indice qualité. C'est le paramètre principal à estimer.

➤ **Modèle économétrique et procédure d'estimation**

Pour la construction du modèle empirique, on a adopté les méthodes théoriques et les analyses utilisées par plusieurs auteurs comme (Mincer, 1974 ; Klenow & Rodriguez Clare 1997; Hall & Jones 1999; Bils & Klenow 2000 ; Pritchett, 2001 ; Aiyar & Feyrer, 2002 ; Marcelo Soto, 2006) parmi d'autres. Le modèle empirique obtenu est une équation de régression de type Macro-Mincer qui modélise la relation entre le logarithme de PIB par travailleur et le nombre moyen d'années d'étude corrigé par la qualité d'éducation.

$$\log\left(\frac{y}{y_0}\right) = \alpha_h \left(\frac{D_{pub}}{Y}\right)^{1-\vartheta} S + \alpha_2 Experience + \alpha_3 (Experience)^2 + \varepsilon \quad (V)$$

Où, y est le niveau de PIB par travailleur en coût de facteurs à prix constant, y_0 est le niveau de production par un travailleur, ε est le terme d'erreur et α_h représente le taux de rendement d'une année d'étude corrigée par l'indice qualité. La variable S est extraite de la base de données de (Robert Barro & Jon-Wha Lee, avril 2010), « A New Data Set of Education Attainment in the World, 1950-2010 », *National Bureau of Economic Research*, document de travail n° 15902 et en ligne à l'adresse : www.barrolee.com. Cette équation de régression est utilisée pour l'estimation de différents paramètres ($\alpha_h, \alpha_2, \alpha_3$).

Pour avoir la valeur empirique de la variable $\left(\frac{D_{pub}}{Y}\right)^{1-\vartheta}$, on a besoin de fournir, dans un premier temps une évaluation du poids ϑ suivant les données disponibles. Pour faire ceci, on a adopté une méthode économétrique similaire à celle utilisée par (Bils & Knelow, 2000 ; Todd Schoellman, 2011). Le modèle empirique obtenu prend la forme générale suivante :

$$S = \mu_0 + \mu_1 L_e \log\left(\frac{D_{pub}}{Y}\right) + \varepsilon \quad (VI)$$

Il s'agit d'une équation de régression qui relie le niveau scolaire optimal à la variable $\left(\frac{D_{pub}}{Y}\right)$. Dans ce modèle, ε désigne le terme d'erreur, μ_0 est un terme constant et μ_1 est l'estimateur de $(-\vartheta)$, tels que $(\hat{\vartheta} = -\hat{\mu}_1)$. dans cette équation, la variable explicative est le produit de l'espérance de la vie à la naissance par le \log de la qualité d'éducation. Les données sur l'espérance de la vie à la naissance indiquée par L_e sont obtenues à partir de la source internationale; Penn World Table (PWT version 6.3). S'agissant de la part des dépenses scolaires dans le PIB, notée par DY , on a utilisé la base constituée par l'Institut d'Études Quantitatives (IEQ).

Une fois les différents éléments du modèle sont obtenus, il sera possible de construire le stock de capital humain par travailleur défini par la relation suivante:

$$\log h = \underbrace{\log h_0}_{\text{Capital Initial}} + \underbrace{\alpha_h \left(\frac{D_{pub}}{Y}\right)^{1-\vartheta}}_{\text{Capital Educatif}} S + \underbrace{\alpha_2 Experience + \alpha_3 (Experience)^2}_{\text{Capital par Expériences Professionnelle}} \quad (VII)$$

D'où le résultat.

BIBLIOGRAPHIE

- AIYAR S. and FEYRER J. (2002) A Contribution to the Empirics of Total Factor Productivity, mimeo, Dartmouth College (<http://www.dartmouth.edu>).
- AGHION P. and HOWITT P. (1992) A Model of Growth through Creative Destruction, *Econometrica*, 60, 323-351.
- AGHION P. and HOWITT P. (1998) Endogenous Growth Theory, (Cambridge: MIT Press).
- AGHION P. and HOWITT P. (2006) Joseph Schumpeter Lecture Appropriate Growth Policy: A Unifying Framework, *Journal of the European Economic Association* 4: 269-314.
- AGHION P. and HOWITT P. (2009) The Economics of growth, MIT Press pp. 267-283
- BM (2000) Rapport sur le développement dans le monde 1999-2000, ed Eska.
- BARRO J. and LEE J. (2010) A New Data Set of Education Attainment in the World, 1950-2010, National Bureau of Economic Research, document de travail n° 15902.
- BAUMOL W. (1993) Entrepreneurship, Management and the Structure of Payoffs, MIT Press, Cambridge, MA, USA.
- BENHABIB J. and SPIEGEL M. (1994) The Role of Human Capital in Economic Development: Evidence from Aggregate Cross-country Data, *Journal of Monetary Economics* 34: 143-173.
- BENHABIB J. and SPIEGEL M. (2005) Human Capital and Technology Diffusion, *Handbook of Economic Growth*, P. Aghion and S. N. Durlauf. Amsterdam, Elsevier. 1A: 935-966.
- BILS M. and KNELOW J. (2000) Does Schooling Cause Growth? *American Economic Review*, 90(5), 1160-1183.
- BLOMSTRÖM M. and KOKKO A. (2000) Foreign Direct Investment, Firm and Host Countries strategies, MacMillan.
- BORENSZTEIN E, De GREGORIO J. and LEE W. (1995) How Does Foreign Direct Investment Affect Economic Growth? *Journal of international economics*, vol 45.
- BOTIRJAN B. (2013) FDI and Total Factor Productivity Growth: New Macro Evidence, *Discussion Paper 27/13*, Department of Economics, Monash University, Clayton, Australia.
- BOUOUIYOURJ. and YAZIDI M. (2000) Productivité et Ouverture en Afrique du Nord, Article présenté au colloque international : Ouverture économique et développement, 23-24 juin, Tunis.
- BOUTROLLE C. (1999) Éducation, Marché du Travail et Développement : Les Exigences D'une Adéquation, 9ème Conférence de l'EADI.
- CASADELLAV. et BENLAHCEN M. (2006) De l'Applicabilité du Système National d'Innovation dans les Pays Moins Avancés, *Innovations* 2(24), 59-90.
- CECHINI L. and LAI-TONG C. (2008) The Links between Openness and Productivity in Mediterranean Countries, *Applied Economics*, 2008, 40, 685-697.
- CHELLOUF I. OUTTRA O. et DOU H. (1999) La Nécessité de la Veille Technologique en Tunisie, *International Journal of Information Sciences and Decision Making*, n°3, pp. 35-47.
- COE T. HELPMAN E. (1995) International R&D Spillovers, *European Economic Review* 39: 859-887.
- COE T. HELPMAN E. and HOFFMAISTER W. (1997) North-South R&D Spillovers, *the Economic Journal* 107: 134-149.
- DESSUS S. (2000) Capital Humain et Croissance : Le Rôle Retrouvé du Système Éducatif, *Économie publique*, Vol. 2 n°6, pages 95-115.
- DINOPOULOS E. and THOMPSON P. (1998) Schumpeterian Growth without Scale Effects, *Journal of Economic growth*, 3(4): 313-35.
- DOWRICK S. and GEMMELL N. (1991) Industrialization, Catching UP and Economic Growth : A Comparative Study Across the World's Capitalists Economies, *Economic Journal* 101(405): 263-275 ESTIME 2007.
- GRIFFITH R., REDDING S. and VAN REENEN J. (2004) Mapping the Two Faces of R&D: Productivity Growth in a Panel of OECD Industries, *Review of Economics and Statistics*, 86(4), 883-895.
- GROSMAN G. and HELPMAN E. (1991) Quality Ladders in the Theory of Growth, *Review of Economic Studies*, 58, 43-61.
- GURGAND M. (2005) Économie de l'Éducation, éd. La découverte, Paris.
- HA J. and HOWITT P. (2007) Accounting for Trends in Productivity and R&D: A Schumpeterian Critique of Semi-Endogenous Growth Theory, *Journal of Money, Credit and Banking*, 30(4): 733-774.
- HALL R. and JONES C. (1999) Why Do Some Countries Produce So Much More Output Per Worker Than Others, *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 114 (1) 1999, 83-116.

- HOWITT P. (1999) Steady Endogenous Growth with Population and R&D Inputs Growing, *Journal of Political Economy*, 107, 715-730.
- HOWITT P. (2000) Endogenous Growth and Cross-Country Income Differences, *American Economic Review*, vol. 90, pp. 829-846.
- HAMMAMI L. et MENELGADO F. (2001) Ouverture et Externalités Internationales de la R&D : Une Analyse du Sud de la Méditerranée, Colloque International d'Économie, Tunis.
- IEQ (2001) Impact de l'Instauration d'une Zone de Libre-échange avec l'Union Européenne, *Cahiers de l'IEQ* - Numéro : 15.
- IEQ (2008) Rapport Annuel sur la Compétitivité 2007, Tunis.
- ISLAM R. (2009) Human Capital Composition, Proximity to Technology Frontier and Productivity Growth, Higher Degree Research (HDR) Student Workshop, Monash University Australia, November.
- JONES C. (1995) R&D-Based Models of Economic Growth, *Journal of Political Economy* 103: 759-784.
- KLENOW J. and RODRIGUEZ-CLARE A. (1997) The Neoclassical Revival in Growth Economics: Has It Gone Too Far? In NBER Macroeconomics Annual Edited by B. S. Bernanke and J. J. Rotemberg. MIT Press.
- KORTUM S. (1997) Research, Patenting and Technological Change, *Econometrica*, 65, 1389-1419.
- LEMOINE, F. and ÜNAL-KESENCI D. (2003) Commerce et Transfert de Technologies : Les Cas Comparés de la Turquie, de l'Inde et de la Chine, *Working Paper*, CEPIL.
- LICHTENBERG R. and VAN B. (1998) International R&D Spillovers: A Comment, *European Economic Review*, 42, 1483-1491.
- MADSEN B. and McALEER, M. (2000) Direct Tests of the Permanent Income Hypothesis under Uncertainty, Inflationary Expectations and Liquidity Constraints, *Journal of Macroeconomics*, 22(2), 229-252.
- MADSEN B. and JAMES B. (2010) International E&D Spillovers and Productivity Trends in the Asian Miracle Economies, *Discussion Paper number. 03-12*. Department of Economics, Monash University.
- MADSEN B. and JAMES B. (2012) International R&D Spillovers And Productivity Trends In The Asian Miracle Economies, *Monash Economics Working Papers 03-12*, Monash University, Department of Economics.
- MANSFIELD E. and ROMEO A. (1980) Technology Transfer to Overseas Subsidiaries by U.S.-Based Firms, *Quarterly Journal of Economics* 95, p.737-750.
- MARCELO S. (2006) The Causal Effect of Education on Aggregate Income, Working Paper, Instituto de Análisis Económico, Barcelona.
- MINCER J. (1974) Schooling, Experience and Earnings, National Bureau of Economic Research, Columbia University Press, New-York.
- PRITCHETT L. (2001) Where Has All the Education Gone? *World Bank Economic Review* 15 (3): 367-91.
- PERETTO P. (1998) Technological Change and Population Growth", *Journal of Economic Growth*, 3, 283-311.
- ROMER P. (1986) Increasing Returns and Long- Run Growth, *Journal of Political Economy*, 94(5): 1002-37.
- ROMER P. (1990) Endogenous Technological Change, *Journal of Political Economy*, vol. 98, no 5, pp. 71-102, October.
- SAVVIDES A. and ZACHARIADIS M. (2005) International Technology Diffusion and the Growth of TFP in the Manufacturing Sector of Developing Economies, *Review of Development Economics* 9(4): 482-501.
- SEGERSTROM P. (1998) Endogenous Growth without Scale Effects, *American Economic Review*, 88, 1290-1310.
- SJOHOLM F. (1999) Technology Gap, Competition and Spillovers from Direct Foreign Investment: Evidence from Establishment Data, *Journal of Development Studies*, 36(1), 53.
- 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 Économiques et de Gestion de Sfax.
- TODD S. (2011). Education Quality and Development Accounting, Working paper, Arizona State University.
- VANDEBUSSCHE J. PHILIPPE A. and COSTAS M. (2006) Growth, Distance to Frontier and Composition of Human Capital, *Journal of Economic Growth* 11 (2): 9-127.
- WANG and BLOMSTROM M. (1992) Foreign Investment and Technology Transfer, *European Economic Review*, 36(1), 137-155.
- YOUNG A. (1998) Growth without Scale Effects, *Journal of Political Economy* 106(1): 41-63.