# Croissance Endogène, Productivité et Politiques Économiques Une Analyse Théorique

***Ahmed Bellakhdhar***

***Doctorant. Institut Supérieur de Gestion de Tunis - Tunisie***

**Résumé:**

*Dans cet article, on cherche à identifier dans un modèle de croissance endogène avec effet de prolifération les mécanismes précis régissant les liens entre le taux de croissance de PIB par travailleur et ses déterminants cruciaux, à savoir, les investissements domestiques en éducation et R&D, l'ouverture sur l'extérieur, le décalage technologique à la frontière ainsi que les politiques fiscales. Les analyses théoriques développées à ce niveau montrent l'existence d'un certain nombre de distorsions qui sont à l'œuvre de l'équilibre décentralisé. La première imperfection est liée à la présence d'une concurrence imparfaite dans le secteur des biens intermédiaires. La seconde résulte de l'externalité de connaissances qui affecte la technologie. Ainsi, l'intervention de l'état par une politique fiscale efficace est nécessaire pour permettre à l'économie décentralisée de rattraper le niveau optimal de la croissance.*

*Les solutions de l'équilibre social sont rattrapéespar le choixd'une subvention des investissements en capital physique à taux constant,une subvention des activités de recherche et développement variable au cours du temps et un taux d'impôt sur salaires proportionnel à la part des dépenses scolaires privées après subvention dans la dépense totale en éducation. Contrairement à plusieurs travaux antérieurs qui se concentrent uniquement sur l'état stationnaire, dans ce travail, on tient compte également de la dynamique transitoire.*

**Mots clés:** *Croissance endogène, R&D, Équilibre décentralisé, Inefficience de marché, Politique optimale, Équilibre social.*

**Introduction**

Dans la littérature économique, plusieurs modèles théoriques ont été proposés pour comprendre comment par un ensemble d'actions harmonieuses une nation peut garantir une croissance optimale et soutenue. Dans cette perspective, l'identification des déterminants de la croissance et la bonne compréhension de leurs interactions se trouvaient sans aucun doute parmi les domaines les plus importants. Les études réalisées à ce niveau montrent que l'accumulation du capital physique, la formation des compétences et le progrès technologique fondé sur la R&D sont les trois principaux moteurs de la croissance. Pour la plupart des études, ils ont été considérés comme des déterminants alternatives plutôt que complémentaires. À titre d'exception notable, Arnold (2000a) et Funke et Strulik (2000) ont proposé un modèle de croissance endogène intégré avec capital physique, capital humain et R & D, dans lequel l'économie passe par différents stades de développement. Dans la phase de pleine industrialisation, trois secteurs agissent: le secteur concurrentiel des biens finals, le secteur de l'éducation où le savoir (capital humain) est accumulé et le secteur des biens intermédiaires qui produit une variété croissante de biens en raison de la R&D. Dans ce secteur, il existe une concurrence monopolistique, de sorte que les entreprises innovatrices facturent une majoration du prix sur le coût et, par conséquent, la production de biens intermédiaires est trop faible par rapport à sa valeur efficace.

Dans la théorie récente, les analyses théoriques montrent l'existence d'un certain nombre de distorsions qui sont à l'œuvre de l'équilibre décentralisé. En effet, dans le secteur des biens intermédiaires, une première imperfection est liée à la présence d'une concurrence imparfaite. Par ailleurs, la concurrence monopolistique est 'nécessaire' car elle autorise la rémunération de l'innovation par les rentes qu'elle crée. Dans le long terme, cette concurrence peut induire une distorsion qui provoque une inefficacité statique issue d'une production insuffisante de biens intermédiaires. Ceci peut avoir également des conséquences négatives sur la production technologique. La seconde distorsion résulte de l'externalité de connaissances qui affecte la technologie. Alors que l'innovation est une source de surplus social dans le secteur de R&D (en améliorant l'efficacité des chercheurs), ce surplus n'est pas totalement approprié par les innovateurs. Cependant, l'existence des externalités non-internalisées par les agents décideurs peut conduire à des solutions sous optimales. Ces différents types de distorsions peuvent avoir des répercutions négatives sur la croissance économique.

Pour corriger ces imperfections, l'intervention de l'état par une politique fiscale efficace est nécessaire. C'est pour influencer sur l'équilibre privé, par la gestion des externalités et des effets de la concurrence imparfaite. Plus précisément, l'état doit choisir les variables politiques appropriées qui permettent à l'économie décentralisée de rattraper leniveau optimal de la croissance. Cependant, une intervention publique inefficace peut faire converger l'économie vers un équilibre sous optimal. Dans cette perspective, on peut dire qu'une politique macroéconomique stable et cohérente ainsi que des finances publiques saines contribuent, toutes choses égales par ailleurs, à une meilleure croissance, parexemple en encourageant l'accumulation privée des capitaux et le redéploiement des investissements en faveur des projets qui ont le rendement le plus élevé.

Dans cette perspective, ce document est principalement lié à Arnold (2000b), Grossmann, Steger et Trimborn (2010b) et Gômez et T.Sequeira (2011) qui caractérisent également analytiquement la politique fiscale dynamique optimale dans des modèles de croissance endogène basés sur la R&D. Cependant, ils n'ont pas inclus le capital humain comme moteur de croissance. En particulier, Arnold (2000b) a étudié la combinaison optimale des subventions de production et de R&D dans le modèle de Romer (1990). Ce modèle a été critiqué en raison des effets d'échelle contrefactuels et, en outre, il n'a pas inclut les externalités technologique. Grossmann et al. (2010b) considèrent plutôt un modèle de croissance semi-endogène à la Jones (1995), dans lequel la croissance économique est uniquement liée à une croissance démographique exogène. L'introduction du capital humain comme source supplémentaire de croissance permet de surmonter cette lacune parce que la croissance économique est totalement endogène, Gomez et T.Sequeira (2011).

D'autres recherches ont été faites par Jones et Williams (2000), Alvarez-Pelaez et Groth (2005), Steger (2005) et Strulik (2007). Bien que ces travaux aient étudié avec détaille les investissements en R&D, ils se limitent à l'évaluation quantitative des distorsions à l'équilibre - en ignorant l'état transitoire. Par conséquent, la politique optimale dynamique n'a pas été analysée. De plus, sauf le cas de Strulik (2007), leurs modèles ne permettent pas l'accumulation du capital humain. Grossmann, Steger et Trimborn (2010a) ont fourni un calcul numérique simplifié de la politique optimale dans une version du modèle de Jones (1995) avec une accumulation de capital humain calibrée aux données américaines. Cependant, comme il est sujet à des rendements décroissants, le capital humain n'a pas été détecté comme un véritable moteur de croissance. De plus, la politique budgétaire optimale n'est pas caractérisée analytiquement.

Le reste de cet article est organisé comme suit. La section I décrit l'économie décentralisée. La section II analyse l'économie socialement planifiée. La section III prévoit une politique budgétaire optimale capable de décentraliser la croissance optimale et la section IV conclut.

## I- Économie de marché

On considère une économie àun taux démographique constant dans laquelle, trois secteurs qui agissent: le secteur concurrentiel des biens finals, le secteur de l'éducation où le savoir (capital humain) est accumulé et le secteur des biens intermédiaires qui produit une variété croissante de biens en raison de la R&D. Il y a trois types d'agents économiques: les firmes,les ménages et l'état.

Une firme dans le secteur de la R&D produit de nouvelles idées. Elle vend le droit exclusif de produire un bien capital spécifique à une firme du secteur intermédiaire. Cette dernière obtient alors une position de monopole sur ce bien-capital. Elle le produit et le vend au secteur du bien final qui sera utilisé comme un input dans la fonction de production. Le secteur des biens finaux produit un bien homogène pour la consommation finale.À chaque période, on suppose que la contrainte de l'état est équilibrée à chaque période. Pour cet agent, le prélèvement des impôts constitue la source majeure d'alimentation du son budget. La nature des impôts, leurs taux ainsi que leurs affectations sont au cœur de la politique fiscale des pays. Cette politique peut modifier la situation globale d'une économie via notamment l'impact sur la consommation des ménages, l'investissement des entreprises.On considère également quele revenu total d'un ménage représentatif est la somme du revenu du travail après impôt et des encaissements financiers nets reçus à la fin de période. Le ménage répartit ses ressources entre sa consommation privée, les dépenses scolaires et l'épargne.

Les préférences d'un ménage représentatif, à durée de vie infinie, 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
$(\sigma^{-1})$, avec$\sigma \neq 1$. Le taux de préférence pour le présent est paramétré par$\rho$.

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

Un individu 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. Dans cette économie, l'état peut intervenir à travers la subvention de l'éducation à un taux $s_d$ et la taxation des salaires de ménages à un taux de $\tau_w$ et des revenus de capitaux à un taux $\tau_k$.Par hypothèse, le temps disponible est normalisé à l'unité. Une fraction $u_y$ du temps est consacrée à la production, une fraction $u_h$ à l'éducation, et $u_R = 1 - u_y - u_h$ pour les activités d'innovation.

La variable $h$ est le capital humain par travailleur. Sa fonction d'accumulation est donnée par :

$$\dot{h} = B(u_h h)^{\vartheta} \bar{D}^{1-\vartheta} \qquad (2)$$

Où, $B$ et $\vartheta$ sont les paramètres reflétant l'efficacité de la « reproduction des savoirs » et la condition institutionnelle de la production des connaissances, respectivement. $\vartheta$ est positif et inférieur à l'unité.

À chaque période, on suppose que le revenu total d'un ménage représentatif 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 estexprimée par l'équation suivante :

$$\dot{a} = (1-\tau_k)ra + (1-\tau_w)w(1-u_h)h - c - (1-s_d)\bar{D} \qquad (3)$$

Où, $r$ est le taux d'intérêt réel, et $w$ est le salaire réel par unité de capital humain. Un individu représentatif maximise sa fonction d'utilité (1), sous la contrainte d'accumulation de son capital humain (2) et son budget dynamique(3).

Soit, $g_x$ le taux de croissance d'une variable $x$, $g_x = \dot{x}/x$ et $x_0$ sa valeur initiale. Les conditions de premier ordre donnent les solutions suivantes

$$g_c = \frac{(1-\tau_k)r - \rho}{\sigma} \qquad (4)$$

$$(1-\tau_k)r - g_w = \vartheta^2 B(1-\alpha)^{1-\vartheta} \left(\frac{1-\vartheta}{\vartheta}\right)^{1-\vartheta} \left(\frac{1-\tau_w}{1-s_d}\right)^{1-\vartheta} \left(\frac{y_0}{h_0}\right)^{1-\vartheta} \qquad (5)$$

Où, $\vartheta B(1-\alpha)^{1-\vartheta} \left(\frac{1-\vartheta}{\vartheta}\right)^{1-\vartheta} \left(\frac{1-\tau_w}{1-s_d}\right)^{1-\vartheta} \left(\frac{y_0}{h_0}\right)^{1-\vartheta} = (g_h/u_h)$.

Le marché des biens consommables est supposé parfaitement concurrentiel avec un prix égal à l'unité. L'output final, est produit selon la technologie de Cobb-Douglas

$$Y = (u_y H)^{1-\alpha} \int_{i=0}^{A} x_i^{\alpha} di, \qquad 0 < \alpha < 1 \qquad (6)$$

Où, $Y$ est le niveau de la production finale, $A$ est le niveau de la technologie disponible $x_i$ est la quantité utilisée de chaque variété du bien intermédiaire. Dans un tel secteur $i$, la production d'une quantité $x_i$en bien intermédiaire est spécifiée par$x_i = \frac{K}{A}$. Dans cette relation$K$ désigne le stock du capital physique.La maximisation de profit, implique les relations d'équilibre suivantes

$$r = \alpha^2 \frac{Y}{K} (7)$$

$$w = (1-\alpha)\frac{Y}{u_y H} (8)$$

$$p_i = \alpha Y x_i^{\alpha-1} \Big/ \int_{i=0}^{A} x_i^{\alpha} di \; (9)$$

Où, $p_i$ est le prix unitaire du $ième$ bien intermédiaire utilisé par le producteur final.
Le secteur des biens intermédiaires voit chaque entreprise maîtriser une technologie dont elle dispose du monopole du fait de l'acquisition d'un brevet. Elle produit sa variété$x_i$, à un coût unitaire$r$. Cette variété est vendue au secteur final à un prix unitaire $p_i$. L'entreprise monopole cherche à maximiser son profit, $\pi_i = (p_i - r)x_i$. À l'optimalité, on trouve que $p_i = \frac{r}{\alpha}$. L'hypothèse de symétrie entre les secteurs implique:$x_i = x$et$p_i = p$. Puisque la quantité totale des biens intermédiaires utilisée est $xA = \alpha^2 Y/r$ , alors, le profit de monopole est

$$\pi_i = (1-\alpha)\alpha \frac{Y}{A} (10)$$

et$\int_{i=0}^{A} x_i^{\alpha} di = Ax^{\alpha}$. Remplacer cette expression dans (6) donne

$$y = k^{\alpha}(Au_y h)^{1-\alpha} \qquad (11)$$

Où, $y$est la production par travailleur.
Dans le secteur de R&D, il y a la condition de libre entrée des entreprises innovatrices. On note par $\dot{A}$le flux de nouvelles connaissances. Elle est déterminée suivant le modèle,

$$\dot{A} = \delta(u_R h)^{\theta}\left(\frac{M}{Y}\right)^{\epsilon}\left(\frac{IDE}{Y}\right)^{\tau}\left(\frac{A_{max}-A}{A_{max}}\right)^{\gamma} A^{\emptyset}, \delta > 0, \qquad 0 < \theta < 1, \qquad 0 < \emptyset < 1 \qquad (12)$$

Où, $\delta$ indique la productivité de R&D.$(u_R h)$ représente le capital humain consacré à l'innovation. La fraction $u_R$ peut être modélisée par$\left(\frac{L_R}{L}\right)$, où,$L$est l'effectif total de la population active dans l'économie et$L_R$désignent le nombre ingénieurs actifs dans le secteur de recherche et développement. $IDE$et $M$ sont les volumes respectives des investissements directs étrangers entrants et d'importations des produits manufacturiers intensifs en technologie.$A_{max}$ est le niveau technologique à la frontière, "leading-edge technology". $\left(\frac{A_{max}-A}{A_{max}}\right)$ est la difference relative dans la productivité totale de facteurs d'une telle économie par rapport au maximum global. Le paramètre$\theta$ décrit le phénomène deduplication. Il est supposé$0 \leq \theta < 1$. $\emptyset$ est un paramètre indiquant l'effet inter-temporel de la technologie existante sur la productivité future de création des connaissances. Les paramètres $\epsilon$ et $\tau$ sont les élasticités du flux de nouvelles connaissances par rapport à $\left(\frac{M}{Y}\right)$et $\left(\frac{IDE}{Y}\right)$ respectivement.Dans ce modèle, la division par le PIB, c'est pour saisir l'effet de prolifération des ressources employées sur le nombre croissant de variétés des biens, (Aghion et Howitt, 1998; Dinopoulos et Thomson 1998; Ha et Howitt, 2007; Madsen, et *al*2010).

Sachant que l'investissement domestique en recherche et développement demeure principal pour la création des idées à long terme, plusieurs autres facteurs sont considérés comme nécessaires pour le progrès technique. Ainsi, si la nouvelle technologie initiée dans des pays développés peut être transférée, les pays en voie de développement pourraient rattraper les pays leaders en minimisant leur propre investissement de R&D (Barro & Sala-i-Martin, 1997). À ce niveau, une des premières voies explorées fût celle des importations de biens manufacturés comme support au transfert technologique, Coe et Helpman (1995) et Keller (1997). Une deuxième voie alors envisagée est celle de l'investissement direct à l'étranger comme vecteur de diffusion technologique. Un nombre croissant de pays en développement met en œuvre des politiques qui visent à encourager les investissements des firmes multinationales ; Lichtenbergh et Van Potteisberghe(1998) et Savvides et Zachariadis, (2005).

L'activité de recherche et développement permet à l'entreprise innovatrice de générer un profit$\pi_A$définit par l'équation suivante :

$$\pi_A = \dot{A}V - \underbrace{[(1 - s_R)R + \alpha_m . M]}_{\hat{C}_{Tinv}}$$

Le terme $V$ est défini comme étant la valeur escomptée des profits d'un monopole ayant la technologie $A$. Pour encourager les importations de biens intensifs en technologie, vue leur importance cruciale dans le progrès technique, l'état peut accorder des avantages fiscaux et non fiscaux pour la firme innovatrice. $\alpha_m . M$est une fraction de la valeur d'importation$M$.C'estle coût supporté par la firme innovatrice contre l'importation des biens technologiquement avancés. L'état subventionne également une fraction$s_R$des frais consacrés pour l'innovation $(R = wu_R H)$et par suite le terme $(1 - s_R)$ représente la proportion des coûts supportés par les entreprises domestiques actives dans le secteur de R&D.$\hat{C}_{Tinv}$est le coût total supporté par l'entreprise innovatrice.

À l'équilibre, la condition de libre entrée dans le secteur de R&D implique le système suivant :

$$\begin{cases} \theta\delta \dfrac{1}{L}\left(\dfrac{H_R}{L}\right)^{\theta-1}\left(\dfrac{M}{Y}\right)^{\epsilon}\left(\dfrac{IDE}{Y}\right)^{\tau}\left(\dfrac{A_{max}-A}{A_{max}}\right)^{\gamma} A_t^{\phi} V = (1 - s_R)w & (13) \\[2ex] \epsilon\delta \dfrac{1}{Y}\left(\dfrac{H_R}{L}\right)^{\theta}\left(\dfrac{M}{Y}\right)^{\epsilon-1}\left(\dfrac{IDE}{Y}\right)^{\tau}\left(\dfrac{A_{max}-A}{A_{max}}\right)^{\gamma} A_t^{\phi} V = \alpha_m & (13)' \end{cases}$$

Où, $H_R = L_R \times h$. La valeur escomptée des profits générés par un monopole est indiquée par le modèle $V_t = \int_t^{\infty} e^{\int_t^{\tau} r(s)ds}\pi(\tau)d\tau$.Sa dérivée par rapport au temps est donnée par l'équation denon-arbitrage définie comme suit :

$$g_v = r - \frac{\pi_i}{V} \qquad (14)$$

On suppose que la recette fiscale de l'état provient de l'imposition des salaires et des revenus générés par la possession de capitaux. L'état utilise sa recette fiscale pour financer ses dépenses publiques. On considère que la contrainte de l'état est équilibrée à chaque période. Elle est donnée par l'équation suivante :

$$\tau_k raL + \tau_w w(1 - u_h)H = \alpha_d IDE + s_d D_{priv} + D_{pub} + s_R w H_R \qquad (15)$$

Où, $\alpha_d IDE$est une fraction de la valeur des IDE entrants. Elle est considérée comme un coût indirect supporté par l'état (*manque à gagner des ressources fiscales*) dans le but d'attirer les investissements directs étrangers. $(s_d D_{priv})$ est la subvention des dépenses scolaires privées totales et $(D_{pub})$ est la dépense publique en éducation. 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 par : $D_{priv} \approx \ell D_{pub}$, où $\ell$ est une constante positive.

On note par$\chi \equiv \frac{C}{K}$, le ratio de la consommation agrégée au capital physiqueet $\psi \equiv h^{\theta} A^{\emptyset-1}$, « knowledge-ideas ratio ». La contrainte agrégée des fonds financiers est définie par$aL = K + AV$.Selon cette équation, le stock agrégé de capital physique et la valeur totale du capital technologique constitue l'ensemble de fonds financiers dans l'économie.Si on faitla dérivée par rapport au temps et on utilise (3), (7), (8), (10), (13), (13)', (14) et (15), on obtient

$$g_K = g_k = \frac{r}{\alpha^2}\left[1 - \frac{R_d}{Y} - \frac{R_m}{Y} - (1-\alpha)\left(\frac{1+\ell}{\ell}\right)\left(\frac{1-\vartheta}{\vartheta}\right)\left(\frac{1-\tau_w}{1-s_d}\right)\frac{u_h}{u_y}\right] - \chi (16)$$

Où,$R_m = \alpha_m M$et$R_d = \alpha_d IDE$.Certaines équations sont nécessaires pour résoudre le modèle. La différence logarithmique de (7), (8)et (11), et l'élimination de$g_Y$, donnent

$$g_r = \left(\frac{1-\alpha}{\alpha}\right)(g_A - g_w) (17)$$

$$g_{u_y} = -g_w + g_K - g_h + (g_{u_h} - g_{g_h}) (18)$$

La différence logarithmique de (12) aboutit à

$$g_{g_A} = \theta(g_{u_R} + g_h) - (1-\emptyset)g_A + \epsilon g_{M/_Y} + \tau g_{IDE/_Y} + \gamma(g_{A_{max}} - g_A)\frac{A}{A_{max} - A} (19)$$

La différence logarithmique de (13), et la substitution de$g_v$à partir de (14), $\pi_i$de (10), $w$de (8), et$V$de(13)et(13)', donnent

$$g_w = r - (g_{u_R} + g_h) + \left[1 - \left(\frac{\theta\alpha}{1-s_R}\right)\frac{u_y}{u_R}\right]g_A + \frac{\dot{s}_R}{1-s_R} + g_{g_A} (20)$$

On associe l'indice (*) aux solutions obtenues à l'équilibre de marché.

Si, on considère que le taux optimal de la subvention de recherche et développement constant dans le long terme$(\dot{s}_R = 0)$, l'équilibre de marché sera présenté par les solutions suivantes:

Le taux d'intérêt réel est défini par :

$$r^* = \frac{\sigma(\mho+1)\vartheta^2 B(1-\alpha)^{1-\vartheta}\left(\frac{1-\vartheta}{\vartheta}\right)^{1-\vartheta}\left(\frac{y_0}{h_0}\right)^{1-\vartheta}\left(\frac{1-\tau_w}{1-s_d}\right)^{1-\vartheta} - \rho}{(1-\tau_k)[\sigma(\mho+1)-1]} \qquad (21)$$

Cette expression montre que les deux variables fiscales $\tau_w$ et $\tau_k$ont des impacts opposés sur le taux d'intérêt réel. En effet, toute augmentation dans le taux $\tau_k$ fait accroitre le coût d'usage de capital physique, par contre l'imposition des salaires a des effets inverses. Ceci implique qu'un taux d'impôt sur les le revenu de capital physique croissant et un taux d'impôt sur salaires décroissant freinent la croissance économique.

S'agissant du ratio de la consommationau capital physique, la valeur d'équilibre est exprimée par

$$\chi^* = \frac{\rho}{\sigma} - \frac{r^*}{\alpha^2}\left[\frac{\alpha^2(1-\tau_k)}{\sigma} + (1-\alpha)\left(\frac{1+\ell}{\ell}\right)\frac{1-\vartheta}{\vartheta}\frac{(1-\tau_w)}{(1-s_d)}\frac{u_h^*}{u_y^*} + \frac{R_d}{Y} + \frac{R_m}{Y} - 1\right] \qquad (22)$$

Cette équation d'équilibre montre que l'impact de l'impôt sur salaire sur le ratio de la consommationau capital physique est négatif par contre la subvention d'éducation exerce un effet positif. Concernantles paramètres de préférence $(\sigma, \rho)$, ils influencent le ratio différemment. En effet, pour une valeurélevée de$\rho$, le désir à consommer augmente contre une diminution au niveau d'épargner. Ceci aura unimpact négatif sur la croissance économique. Un effet inverse est exercé par le paramètre$\sigma$.

La fraction optimale du capital humain consacrée à la R&D est donnée par

$$u_R^* = \frac{1 - \frac{\vartheta \mho}{\sigma(\mho+1)-1}\left[1 - \frac{\rho}{\vartheta^2 B(1-\alpha)^{1-\vartheta}\left(\frac{1-\vartheta}{\vartheta}\right)^{1-\vartheta}\left(\frac{1-\tau_w}{1-s_d}\right)^{1-\vartheta}\left(\frac{y_0}{h_0}\right)^{1-\vartheta}}\right]}{1 + \frac{(1-s_R)}{\vartheta\alpha}\left\{\frac{1}{(1-\tau_k)}\left[\sigma(\mho+1) + \frac{\rho[\sigma(\mho+1)-1]}{\vartheta^2 B(1-\alpha)^{1-\vartheta}\left(\frac{1-\vartheta}{\vartheta}\right)^{1-\vartheta}\left(\frac{1-\tau_w}{1-s_d}\right)^{1-\vartheta}\left(\frac{y_0}{h_0}\right)^{1-\vartheta} - \rho}\right] - \mho\right\}} \qquad (23)$$

On constate quel'impact de la subvention de l'éducation,$s_d$sur cette fraction optimale est ambigu sachant que son effet sur le taux d'investissement en capital physique et la part du temps pour la formation scolaire est positif. Concernant la subvention de R&D$s_R$, on remarque que toute augmentation stimule l'activité technologique. On remarque également que l'imposition des revenus de capital physique décourage l'investissement en R&D.

À l'équilibre décentralisé, le taux de croissance de PIB par travailleur est exprimé comme suit :

$$g_y^* = g_c^* = g_k^* = \left[1 + \frac{1}{\mho}\right]\vartheta B(1-\alpha)^{1-\vartheta}\left(\frac{1-\vartheta}{\vartheta}\right)^{1-\vartheta}\left(\frac{y_0}{h_0}\right)^{1-\vartheta}\left(\frac{1-\tau_w}{1-s_d}\right)^{1-\vartheta} u_h^* (24)$$

Où, $\mho = \left(\frac{1-\vartheta}{\vartheta}\right)$.

On constate que le taux de croissance à long termes dépend des conditions initiales, des variables fiscales et de l'investissement en capital humain.Cependant, l'état peut maintenir une croissance économique élevée à travers la subvention les dépenses scolaires par contre l'imposition des sociétés et des revenus privé exerce un impact inverse. Cette expression montre aussi qu'à l'équilibre, le capital humain et le capital physique varient en dans le même sens. Ce résultat théorique a été expliqué par plusieurs auteurs comme Lucas (1988), Temple (1999) et Bas van Leeuwen (2007). En effet, tout choc exogène qui s'avère pour augmenter le niveau du capital humain, déclenchera un investissement supplémentaire en capital physique pour reconstituer le ratio d'équilibre

## II- Programme du planificateur social

Le planificateur central cherche à maximiser le bien être social. Il dispose toutes les informations disponibles.Dans ce problème de décision, on prend en considération les externalités liées à l'accumulation de connaissances et les différents goulots d'étranglements (politiques commerciales, externalités, biens publiques….). Sachant l'hypothèse de symétrie dans le secteur des biens intermédiaires, le planificateur social va prendre$x_i = x$de chaque bien,$K = Ax$. Alors, la fonction de production sera exprimée par$Y = K^{\alpha}(Au_yH)^{1-\alpha}$, et la contrainte agrégée des ressources est,

$$\dot{K} = K^{\alpha}(Au_y H)^{1-\alpha} - C - D_{Totale} - \alpha_m M - \alpha_d IDE \qquad (25)$$

Où, $D_{Totale}$ est la dépense totale en éducation. On a $D_{Totale} = (D_{pub} + D_{priv}) = (1+\ell)D_{pub}$.

## 1- Étude de l'état transitoire

Le planificateur social cherche à maximiser (1) dans sa forme agrégée.Dans sa décision, ce planificateur tient compte de la contrainte agrégée des ressources (25),la fonction d'accumulation de technologies (12) et (2)dans sa forme agrégée. Let $\mathcal{H}$ est le hamiltonien courant de ce problème de décision. $\lambda_t$, $\aleph_t$ et $\mu_t$ sont les prix implicites (*Shadow prices*) associés à $\dot{K}_t$ , $\dot{H}_t$ et $A_t$ respectivement.

$$\begin{aligned}\mathcal{H} = \frac{C_t^{1-\sigma} - 1}{1-\sigma} &+ \lambda_t\left[u_y^{1-\alpha} H_t^{1-\alpha} A_t^{1-\alpha} K_t^{\alpha} - C_t - (1+\ell)D_{pub,t} - \alpha_m M_{jt} - \alpha_d IDE_t\right] \\ &+ \aleph_t\left[\delta\varepsilon^{\theta} u_R^{\theta}\left(\frac{1}{L_t}\right)^{\theta}\left(\frac{M_{jt}}{Y_t}\right)^{\epsilon}\left(\frac{IDE_t}{Y_t}\right)^{\tau}\left(\frac{A_{max} - A_t}{A_{max}}\right)^{\gamma} H_t^{\theta} A_t^{\phi}\right] \\ &+ \mu_t\left[B\left[(1 - u_y - u_R)H_t\right]^{\vartheta}(\ell D_{pub,t})^{1-\vartheta}\right]\end{aligned}$$

La décision optimale porte sur le niveau de la consommation agrégée$(C_t)$, la dépense publique en éducation$(D_{pub,t})$, les fractions du temps consacrées à la production finale et la R&D notées par $(u_y)$ et $(u_A)$ respectivement, le niveau d'importation$(M_{jt})$ et le flux d'investissements étrangers$(IDE_t)$. Le planificateur social prend$H_t$, $K_t$ et $A_t$ comme des variables d'état.

Les conditions d'optimalité sur les variables de décision:

$$C^{-\sigma} = \lambda(26)$$

$$\mu(1-\vartheta)\frac{H_t}{D_{pub,t}} g_{H_t} = (1+\ell)\lambda(27)$$

$$\mu\vartheta\frac{H}{(1-u_y-u_R)} g_H = \lambda(1-\alpha)\frac{Y}{u_y} \qquad (28)$$

$$\mu\vartheta\frac{H}{(1-u_y-u_R)} g_H = \aleph\theta\frac{A}{u_R} \qquad (29)$$

$$\alpha_m M = \frac{\aleph}{\lambda}\epsilon A g_A(30)$$

$$\alpha_d IDE = \frac{\aleph}{\lambda}\tau A g_A \qquad (31)$$

Les contraintes sur les ressources

$$\frac{\dot{\lambda}}{\lambda} = \rho - \alpha \frac{Y}{K} \quad (32)$$

$$\frac{\dot{\mu}}{\mu} = \rho - \frac{1}{\mu_t}\frac{d\mathcal{H}}{dH} \quad (33)$$

$$\frac{\dot{\aleph}}{\aleph} = \rho - \frac{1}{\aleph}\frac{d\mathcal{H}}{dA} \quad (34)$$

Plusles conditions usuelles de transversalité

$$\lim_{t\to\infty} e^{-\rho t}\lambda K = e^{-\rho t}\mu H = e^{-\rho t}\aleph A = 0 \quad (35)$$

Par comparaison au cas d'économie de marché, le planificateur social internalise les imperfections liées à la concurrence monopolistique dans le secteur des biens intermédiaires. Cependant, il choisit de consacrer pour la production des biens intermédiaires une fraction d'output exprimée par, $xA/Y = \alpha^2 r$. Dans son problème de décision, le planificateur socialprend en considération des externalités liées à l'accumulation de connaissances et les différents goulots d'étranglements (politiques commerciales, externalités, biens publiques….).
À partir de (28), (29), (33) et (34), on obtient

$$g_\mu = \rho - \left(\frac{\vartheta}{u_h}\right) g_H (36)$$

$$g_\aleph = \rho - \left[\theta \frac{u_y}{u_R} - \gamma\left(\frac{A}{A_{max} - A}\right) + \emptyset\right] g_A \quad (37)$$

De (25) et (28), la contrainte agrégée des ressources peut être exprimée comme suit

$$g_K = \frac{r}{\alpha^2}\left[1 - \frac{R_d}{Y} - \frac{R_m}{Y} - (1-\alpha)\frac{1-\vartheta}{\vartheta}\frac{u_h}{u_y}\right] - \chi \quad (38)$$

Les taux de croissance des variables$r \equiv \alpha^2 Y/K$, $\chi \equiv C/K$, $u_y$ , $\psi \equiv H^\vartheta A^{\emptyset - 1}$et$g_A$sont déterminés par :

$$\hat{g}_r = \left(\frac{1-\alpha}{\alpha}\right)\left(\vartheta^2 B(1-\alpha)^{1-\vartheta}\left(\frac{1-\vartheta}{\vartheta}\right)^{1-\vartheta}\left(\frac{\ell}{1+\ell}\right)^{1-\vartheta}\left(\frac{y_0}{h_0}\right)^{1-\vartheta} - \frac{\hat{r}}{\alpha}\right) + \left(\frac{1-\alpha}{\alpha}\right)\hat{g}_A (39)$$

$$\hat{g}_\chi = \frac{\hat{r}}{\alpha^2}\left[\frac{\alpha}{\sigma} + \frac{R_d}{Y} + \frac{R_m}{Y} + (1-\alpha)\left(\frac{1-\vartheta}{\vartheta}\right)\frac{\hat{u}_h}{\hat{u}_y} - 1\right] - \frac{\rho}{\sigma} + \chi \quad (40)$$

$$\hat{g}_{u_y} = \frac{r}{\alpha^2}\left[1 - \frac{R_d}{Y} - \frac{R_m}{Y} - \alpha - (1-\alpha)\frac{1-\vartheta}{\vartheta}\frac{\hat{u}_h}{\hat{u}_y}\right] - \chi - \left(1 - \frac{\vartheta}{\hat{u}_h}\right)\hat{g}_H (41)$$

$$\hat{g}_\psi = \theta\vartheta B(1-\alpha)^{1-\vartheta}\left(\frac{1-\vartheta}{\vartheta}\right)^{1-\vartheta}\left(\frac{\ell}{1+\ell}\right)^{1-\vartheta}\left(\frac{y_0}{h_0}\right)^{1-\vartheta}\hat{u}_h - (1-\emptyset)\hat{g}_A \quad (42)$$

$$\hat{g}_{g_A} = \hat{g}_H\left(1 - \frac{\vartheta}{\hat{u}_h}\right) + \hat{g}_A\left[\theta\frac{\hat{u}_y}{\hat{u}_R} - \gamma\left(\frac{A_t}{A_{max} - A_t}\right) + \emptyset - 1\right] (43)$$

Sachant que $g_{r} = g_{Y} - g_{K}$, Éq. (40) est obtenue à partir de (38). À partir de l'égalité $g_{\psi} = \theta g_{H} - (1-\emptyset) g_{A}$, on obtient (42)sachant $g_{H}$.Éq. (43) est déduite à partir d'une égalité entre (37), sachant(36). Les autres équations sont déterminées dans la même logique.

## 2- Étude de l'état stationnaire

À l'état stationnaire, on suppose que les quantités suivantes : $\hat{u}_{h}, \hat{u}_{y}, \hat{u}_{R}, \hat{r}, \hat{\chi}, \hat{\psi}, \widehat{\left(\frac{M_{jt}}{Y_t}\right)}, \widehat{\left(\frac{IDE_t}{Y_t}\right)}$ et $\widehat{\left(\frac{A_{max}-A_t}{A_{max}}\right)}$ sont stationnaires. Les taux de croissance suivants $\hat{g}_{C}, \hat{g}_{Y}, \hat{g}_{K}, \hat{g}_{A}$ et $\hat{g}_{H}$ sont constants et strictement positifs. En se basant sur les résultats trouvés à l'état transitoire et en suivant la même démarche d'analyse adoptée dans le cas d'économie de marché, les solutions optimales du programme du planificateur social seront énoncées dans la proposition présentée ci-dessous. On associe l'indice (^) pour désigner l'équilibre social.

**Proposition 1.***Soit,* $\vartheta^2 B(1-\alpha)^{1-\vartheta}\left(\frac{1-\vartheta}{\vartheta}\right)^{1-\vartheta}\left(\frac{\ell}{1+\ell}\right)^{1-\vartheta}\left(\frac{y_0}{h_0}\right)^{1-\vartheta} > \rho$.*À l'équilibre, le programme du planificateur social admet un état stationnaire unique avec une croissance positive, pour lequel le taux d'intérêt réel est*

$$\hat{r} = \alpha\left[\frac{\sigma(\mho+1)\vartheta^2 B(1-\alpha)^{1-\vartheta}\left(\frac{1-\vartheta}{\vartheta}\right)^{1-\vartheta}\left(\frac{\ell}{1+\ell}\right)^{1-\vartheta}\left(\frac{y_0}{h_0}\right)^{1-\vartheta} - \rho}{[\sigma(\mho+1)-1]}\right] \tag{44}$$

*Le ratio de la consommation par rapport au capital physique est*

$$\hat{\chi} = \frac{\rho}{\sigma} - \frac{\hat{r}}{\alpha^2}\left[\frac{\alpha}{\sigma} + \frac{D}{Y} + \frac{R_d + R_m}{Y} - 1\right] \tag{45}$$

*Le taux de croissance du capital technologique*

$$\hat{g}_A = \left(\frac{1}{\mho+1}\right)\hat{g}_y = \frac{1}{\sigma(1+\mho)-1}\left[\vartheta^2 B(1-\alpha)^{1-\vartheta}\left(\frac{1-\vartheta}{\vartheta}\right)^{1-\vartheta}\left(\frac{\ell}{1+\ell}\right)^{1-\vartheta}\left(\frac{y_0}{h_0}\right)^{1-\vartheta} - \rho\right] \tag{46}$$

*Le taux de croissance du capital humain*

$$\hat{g}_H = \mho\hat{g}_A = \frac{\mho}{\sigma(1+\mho)-1}\left[\vartheta^2 B(1-\alpha)^{1-\vartheta}\left(\frac{1-\vartheta}{\vartheta}\right)^{1-\vartheta}\left(\frac{\ell}{1+\ell}\right)^{1-\vartheta}\left(\frac{y_0}{h_0}\right)^{1-\vartheta} - \rho\right] \tag{47}$$

*La fraction du temps consacrée à la R&D*

$$\hat{u}_R = \frac{1 - \frac{\vartheta\mho}{\sigma(\mho+1)-1}\left|1 - \frac{\rho}{\vartheta^2 B(1-\alpha)^{1-\vartheta}\left(\frac{1-\vartheta}{\vartheta}\right)^{1-\vartheta}\left(\frac{\ell}{1+\ell}\right)^{1-\vartheta}\left(\frac{y_0}{h_0}\right)^{1-\vartheta}}\right|}{1 + \frac{1}{\vartheta}\left[\sigma(\mho+1) - \mho + \frac{\rho[\sigma(\mho+1)-1]}{\vartheta^2 B(1-\alpha)^{1-\vartheta}\left(\frac{1-\vartheta}{\vartheta}\right)^{1-\vartheta}\left(\frac{\ell}{1+\ell}\right)^{1-\vartheta}\left(\frac{y_0}{h_0}\right)^{1-\vartheta} - \rho} + \gamma\left(\frac{A_t}{A_{max}-A_t}\right) - \emptyset\right]} \tag{48}$$

*Un taux de croissance positif du PIB, de consommation et de capital physique*

$$\hat{g}_C = \hat{g}_K = \hat{g}_Y = \left[\frac{1+\mho}{\sigma(1+\mho)-1}\right]\left[\vartheta^2 B(1-\alpha)^{1-\vartheta}\left(\frac{1-\vartheta}{\vartheta}\right)^{1-\vartheta}\left(\frac{\ell}{1+\ell}\right)^{1-\vartheta}\left(\frac{y_0}{h_0}\right)^{1-\vartheta} - \rho\right] \tag{49}$$

*Si et seulement si*

$$\sigma > \sigma_{min} = \frac{1}{(1+\mho)} \tag{50}$$

*Un taux d'investissement en capital physique*

$$\widetilde{Inv}_K = \widetilde{\left(\frac{\dot{K}}{Y}\right)} = \frac{\alpha}{\sigma}\left[1 - \frac{[\sigma(1+\mho)-1]\rho}{\sigma(1+\mho)\vartheta^2 B(1-\alpha)^{1-\vartheta}\left(\frac{1-\vartheta}{\vartheta}\right)^{1-\vartheta}\left(\frac{\ell}{1+\ell}\right)^{1-\vartheta}\left(\frac{y_0}{h_0}\right)^{1-\vartheta} - \rho}\right] \tag{51}$$

*Preuve*. Voir Annexe A.
À l'équilibre social, les taux de croissance de différents types de capitaux dépendent positivement de la productivité d'éducation paramétrée par$B$. Ainsi, pour une productivité élevée, il correspond un taux d'investissement considérable et un niveau scolaire plus haut. Son influence reste ambiguë pour la part mobilisée pour la recherche et développement. On constate aussi que pour des paramètres de préférence$\sigma$ et $\rho$ élevés, les agents se trouvent démotivés pour s'investir dans l'éducation et dans le secteur d'innovation ce qui amène à un taux de croissance économique réduit.

## III- Inefficiences de marché et politiques optimales : Analyses etinterprétations

Les analyses théoriques montrent l'existence d'un certain nombre de distorsions qui sont à l'œuvre de l'équilibre décentralisé. Dans le secteur des biens intermédiaires, une première imperfection est liée à la présence d'une concurrence imparfaite. En effet, cette concurrence peut induire une distorsion qui provoque une inefficacité statique issue d'une production insuffisante de biens intermédiaires. Ceci peut avoir également des conséquences négatives sur la production technologique. La seconde distorsion résulte de l'externalité de connaissances qui affecte la technologie. Alors que l'innovation est une source de surplus social dans le secteur de R&D, ce surplus n'est pas totalement approprié par les innovateurs. Cependant, l'existence des externalités non-internalisées par les agents décideurs peut conduire à des solutions sous optimales.
Pour corriger ces imperfections, l'intervention de l'état par une politique fiscale efficace est nécessaire. En termes exactes, l'état doit choisir les variables politiques appropriées qui permettent à l'économie décentralisée de réaliser une croissance optimale soutenable. Pour mieux comprendre ce phénomène, plusieurs analyses théoriques doivent être développées.

## 1- L'investissement en capital physique

À l'équilibre, la fonction de demande du bien intermédiaire est définie par:

$$x_i^* = \left(\frac{\alpha^2}{r}\right)^{1/1-\alpha} u_y H$$

Cette dernière relation montre qu'un taux d'intérêt réel élevé décourageait la demande des biens intermédiaires par le producteur du bien final. Dans le cas d'uneforte concurrence monopolistique$(\alpha\ est\ faible)$, les coûts d'usage des biens intermédiaires dans la production finale $\left(p_i = \frac{r}{\alpha}\right)$ sont à leurs niveaux les plus hauts. Ceci peut engendrer une diminution de leur demande. Dans le long terme, ce phénomène peut conduire à un taux d'investissement réduit (un sous-investissement en$K$), ce qui amène à son tour à une diminution de la production finale. Cependant, la concurrence monopolistiquepeut exercer des effets négatifs sur l'accumulation du capital physique et à son tour sur la croissance économique.

Pour corriger cet effet négatif, l'état peut agir à travers plusieurs politiques efficaces. En effet, toute politique qui permet de diminuer le coût d'usage de capital physique ou motiver les ménages à épargner d'avantage estbénéfique à la croissance. Les études empiriques réalisées à ce niveau montrent que l'attraction des IDE, l'ouverture sur l'extérieur, une subvention considérable des dépenses scolaires et un taux d'impôt sur les revenus de sociétés réduit sont parmi les politiques les plus favorables. Notre objectif principal à ce niveau est de comprendre avec précision le rôle que l'état peut jouer pour faire face aux distorsions monopolistiques à travers une politique fiscale optimale.

À l'équilibre de marché, le taux d'intérêt réel est défini par :

$$r^* = \frac{1}{(1-\tau_k)} \times \left[\frac{\sigma(\mho+1)\vartheta^2 B(1-\alpha)^{1-\vartheta}\left(\frac{1-\vartheta}{\vartheta}\right)^{1-\vartheta}\left(\frac{1-\tau_w}{1-s_d}\right)^{1-\vartheta}\left(\frac{y_0}{h_0}\right)^{1-\vartheta} - \rho}{\sigma(\mho+1)-1}\right]$$

Cette expression montre que les deux variables fiscales $\tau_w$ et $\tau_k$ont des impacts opposés sur le taux d'intérêt réel. En effet, toute augmentation dans le taux $\tau_k$ fait accroitre le coût d'usage de capital physique, par contre l'imposition des salaires a des effets inverses. Ce résultat théorique a été expliqué par Judd (1987). Par ailleurs, ses études sur l'efficacité de politique fiscale montrent qu'un système avec un taux d'impôt sur les le revenu de capital physique décroissant et un taux d'impôt sur salaires croissant soit favorable pour la croissance économique.

On note par$x^{LF}$, les solutions optimales de l'équilibre Laissez-Faire. Elles s'agissent des solutions trouvées à l'équilibre de marché avec des variables fiscales nulles.Dans cette perspective,nos résultats analytiques montrent que le rapport$\left(\frac{\hat{r}}{r^{LF}}\right)$ est inférieur à l'unité. Cependant, sans l'intervention de l'état par une politique efficace, le taux d'intérêt réel reste encore supérieur à sa valeur optimale.

À l'équilibre décentralisé, si on replace $r^*$ par son expression dans le taux d'investissement, on obtient l'expression suivante :

$$Inv^* = \frac{\alpha^2}{\sigma}(1-\tau_k)\left[1 - \frac{[\sigma(\mho+1)-1]\rho}{\sigma(\mho+1)\vartheta^2 B(1-\alpha)^{1-\vartheta}\left(\frac{1-\vartheta}{\vartheta}\right)^{1-\vartheta}\left(\frac{1-\tau_w}{1-s_d}\right)^{1-\vartheta}\left(\frac{y_0}{h_0}\right)^{1-\vartheta} - \rho}\right]$$

Où, $Inv = \frac{\dot{K}}{Y}$

Cette dernière expression montre que la subvention de l'éducation peut exercer un effet positif indirect sur le taux d'investissement en capital physique par contre tout type d'imposition, que ce soit liée au capital physiqueou appliqué sur le salairea un impact négatif. En d'autres termes, toute subvention de la charge scolaire motive les ménages à épargner d'avantage. Par contre, les taxes élevées entraînent un renchérissement du coût du capital. Cela décourage l'utilisation de ce type de capital au profit d'un usage plus intensif du travail. Les entreprises auront donc un accès limité aux nouvelles technologies qui requièrent moins de main-d'œuvre. En conséquence, la productivité du travail va baisser, ce qui va réduire le taux de croissance de la production par travailleur.

Pour des variables fiscales nulles, le taux d'investissement en capital physique est égal à :

$$Inv^{LF} = \frac{\alpha^2}{\sigma}\left[1 - \frac{[\sigma(\mho+1)-1]\rho}{\sigma(\mho+1)\vartheta^2 B(1-\alpha)^{1-\vartheta}\left(\frac{1-\vartheta}{\vartheta}\right)^{1-\vartheta}\left(\frac{y_0}{h_0}\right)^{1-\vartheta} - \rho}\right]$$

Étant donné que $0 < \alpha < 1$, et $\frac{\ell}{1+\ell} < 1$, alors la comparaison entre le taux d'investissement en capital physique sans l'intervention de l'état par son niveau optimal reste ambigüe. Le taux optimal d'investissement est rattrapé pour $\left(\frac{1-\bar{\tau}_w}{1-\bar{s}_d}\right) = \left(\frac{D_{priv}}{D_{Totale}}\right) \approx \left(\frac{\ell}{1+\ell}\right)$et$\left(\bar{\tau}_k = 1 - \frac{1}{\alpha}\right)$. Il s'agit de la politique fiscale la plus favorable qui encourage l'accumulation de ce type de capital.

Nos résultats théoriques montrent aussi que la subvention de l'éducation$s_d$peut améliorer le taux d'investissement en capital physique d'une manière indirecte à travers la réduction des charges scolaires supportées par les ménages (si$s_d$augmente, $\dot{a}$augmente). Ainsi, l'état peut réagir à travers ce type de subvention pour corriger les imperfections de sous-investissement en capital physique et en technologie.

Cette dernière idée est présentée également dans la contrainte agrégée suivante :

$$\dot{a}L = \underbrace{\dot{K}}_{\text{l'accumulation du capital physique}} + \underbrace{(\dot{A}V + A\dot{V})}_{\text{l'investissement en technologie}}$$

Ces résultats constituent à ma connaissance un apport dans la littérature de la croissance endogène.

## 2- L'investissement en éducation

À l'équilibre décentralisé, la fraction du temps consacré à l'éducation est exprimée par :

$$u_h^* = \frac{\vartheta\mho}{\sigma(\mho+1)-1}\left[1 - \frac{\rho}{\vartheta^2 B(1-\alpha)^{1-\vartheta}\left(\frac{1-\vartheta}{\vartheta}\right)^{1-\vartheta}\left(\frac{1-\tau_w}{1-s_d}\right)^{1-\vartheta}\left(\frac{y_0}{h_0}\right)^{1-\vartheta}}\right]$$

Cette équation montre qu'une augmentation du taux d'impôt sur salaires$\tau_w$a des répercutions négatives sur l'investissement en éducation (un sous-investissement en capital humain), par contre la subvention des dépenses scolaires encourage les ménages à consacrer plus de temps à l'éducation.

À l'équilibre décentralisé, le taux de croissance du capital humain est exprimé comme suit:

$$g_h^* = \vartheta B(1-\alpha)^{1-\vartheta}\left(\frac{1-\vartheta}{\vartheta}\right)^{1-\vartheta}\left(\frac{1-\tau_w}{1-s_d}\right)^{1-\vartheta}\left(\frac{y_0}{h_0}\right)^{1-\vartheta}u_h^* = \left(\frac{\mho}{\mho+1}\right)g_y^*$$

À partir de cette formule, on constate que toute taxation des salaires défavorise l'accumulation des compétences et à son tour la croissance économique. Les répercutions négatives causées par ce type d'imposition peuvent être corrigées par une subvention élevée du secteur d'éducation. Les analyses théoriques montrent que la valeur optimale de la croissance est rattrapée à une égalité entre$\left(\frac{1-\tau_w}{1-s_d}\right)$ et la part des dépenses privées dans la dépense totale en éducation. En d'autre terme, l'impact négatif causé par l'imposition de salaire doit être compensé par une subvention d'éducation.

Le développement analytique de l'expression de$g_h^*$montre que le taux de croissance du capital humain peut être exprimé en fonction du taux d'investissement comme suit :

$$g_h^* = \frac{1}{\vartheta\sigma(\mho+1)}\left[\frac{[\sigma(\mho+1)-1]\rho}{1-\frac{\sigma}{\alpha^2}\frac{Inv^*}{(1-\tau_k)}}+\rho\right]u_h^*$$

Cette nouvelle expression d'équilibre montre que le taux de croissance du capital humain dépend positivement du taux d'investissement en capital physique. En effet, un taux d'investissement élevé dans une telle économie constitue une condition favorable pour l'accumulation des compétences. Ce résultat théorique confirme lesévidences empiriques trouvées par Judson (2002) qui montrent que dans les pays riches, le niveau du capital humain est relativement supérieur que dans les pays pauvres. Ceci prouve la forte complémentarité entre les deux types de capitaux.

### 3- **L'investissement en technologie**

Pour savoir sur les mécanismes d'innovation, les imperfections liées à la concurrence monopolistique et le rôle que l'état peut jouer par ses propres politiques pour stimuler l'investissement en R&D, on va prendre comme un point de départ la condition d'équilibre de non-arbitrage dans le secteur de R&D.

Soit$\pi_A$le profit généré par une entreprise innovatrice dans le secteur de R&D. Il est défini par l'équation suivante :

$$\pi_A = \dot{A}\int_0^t \pi_{ix}dx - (1-s_R)R - \alpha_m.M$$

Cette relation montre que la structure du marché des biens intermédiaires est fondamentale car elle détermine la rémunération de l'innovateur, et donc l'intensité du progrès technique. Bien que l'innovation soit une source de surplus social, les innovateurs peuvent ne pas internaliser cette externalité positive dans leurs décisions. Cette distorsion liée à l'externalité de connaissances peut affecter la production de technologie et conduire à des solutions sous optimales.

Le surplus économique résultant de l'accumulation de technologie réalisée par une entreprise innovatrice est défini théoriquement par$\left(\frac{dY_t}{dA_t} = (1-\alpha)\frac{Y_t}{A_t}\right)$, or quele profit d'équilibre d'un monopole est exprimé par$\pi_t^* = \alpha(1-\alpha)\frac{Y_t}{A_t} < (1-\alpha)\frac{Y_t}{A_t} \equiv$*Surplus Économique.*Cette inéquation montre que pour un paramètre $\alpha$ très faible (*forte concurrence monopolistique*), les entreprises innovatrices ne prennent en considération que d'une partie réduite du surplus économique. Par suite, l'existence d'externalités non-internalisées par les

agents conduit à la prévision d'une valeur réduite de la rente$V_t$. Ce problème d'appropriation de surplus total peut aboutir à un sous-investissement en technologie.
À l'équilibre de marché, la fraction optimale du temps consacré à la R&D est exprimée par :

$$u_R^* = \frac{1 - \frac{\vartheta \mho}{\sigma(\mho+1)-1}\left[1 - \frac{\rho}{\vartheta^2 B(1-\alpha)^{1-\vartheta}\left(\frac{1-\vartheta}{\vartheta}\right)^{1-\vartheta}\left(\frac{1-\tau_w}{1-s_d}\right)^{1-\vartheta}\left(\frac{y_0}{h_0}\right)^{1-\vartheta}}\right]}{1 + \frac{(1-s_R)}{\theta\alpha}\left\{\frac{1}{(1-\tau_k)}\left[\sigma(\mho+1) + \frac{\rho[\sigma(\mho+1)-1]}{\vartheta^2 B(1-\alpha)^{1-\vartheta}\left(\frac{1-\vartheta}{\vartheta}\right)^{1-\vartheta}\left(\frac{1-\tau_w}{1-s_d}\right)^{1-\vartheta}\left(\frac{y_0}{h_0}\right)^{1-\vartheta} - \rho}\right] - \mho\right\}}$$

Cette expression montre qu'une augmentation au niveau de la subvention de la R&D$(s_R)$ a un impact positif sur$u_R^*$, par contre, l'impôt sur les sociétés décourage l'investissement en technologie. Les effets exercés par la subvention de l'éducation et la taxation des salaires sur $u_R^*$sont ambigus.Pour un niveau réduit de$\alpha$, il correspond une fraction$u_R^*$réduite. Il s'agit d'un problème d'imperfection de marché liée à la concurrence monopolistique. Ainsi, un monopole puissant favorise le sous-investissement en technologie. Pour faire face à cette imperfection, l'état peut agir à travers plusieurs politiques pour stimuler l'investissement en R&D. Plus précisément, toute politique fiscale qui permet d'accroitre la fraction du temps consacré au développement technologique sera favorable pour la croissance économique.
À l'équilibre de Laissez-faire, la part du temps consacrée à la recherche et développement est exprimée par :

$$u_R^{LF} = \frac{1 - \frac{\vartheta \mho}{\sigma(\mho+1)-1}\left[1 - \frac{\rho}{\vartheta^2 B(1-\alpha)^{1-\vartheta}\left(\frac{1-\vartheta}{\vartheta}\right)^{1-\vartheta}\left(\frac{y_0}{h_0}\right)^{1-\vartheta}}\right]}{1 + \frac{1}{\theta\alpha}\left[\sigma(\mho+1) - \mho + \frac{\rho[\sigma(\mho+1)-1]}{\vartheta^2 B(1-\alpha)^{1-\vartheta}\left(\frac{1-\vartheta}{\vartheta}\right)^{1-\vartheta}\left(\frac{y_0}{h_0}\right)^{1-\vartheta} - \rho}\right]}$$

Le niveau $\hat{u}_R$est la valeur optimale qu'on cherche à atteindre. Pour faire ceci, l'état doit adopter les politiques appropriées pour faire face aux imperfections économiques dans le développement technologique. Pour détecter les sources d'imperfections économiques et fiscales, on va partir de la situation la plus préférée, pour laquelle la solution de l'équilibre de Laissez-faire se coïncide avec la valeur optimale.Notre point de départ est le ratio$\left(\frac{\hat{u}_R}{u_R^{LF}}\right)$.

Les résultats théoriques montrent que ce rapport dépend du taux de croissance de capital humain et de la part publique dans la dépense totale en éducation. On remarque également que le planificateur social tient compte, dans sa prise de décision de l'écart technologique par rapport au leader, indiqué par le terme$\left(\frac{A_t}{A_{max}-A_t}\right)$. Il est considéré comme une variable déterminante dans le processus d'accumulation de technologie.
Analytiquement, toute inégalité entre les deux fractions $(u_R^{LF}$ et $\hat{u}_R)$implique une situation d'inefficience de marché qui nécessite l'intervention de l'état à travers les politiques appropriées pour ramener l'équilibre décentralisée à son niveau optimal. Une des sources principales d'imperfection est celle liée à la présence d'une concurrence imparfaite dans le secteur des biens intermédiaires. En effet, pour une valeur réduite de $\alpha$, il correspond un

quotient $\left(\frac{\hat{u}_R}{u_R^{LF}}\right)$ élevé. Poussé à l'extrême, ceci implique que la fraction $u_R^{LF}$est inférieure à sa valeur optimale. Ceci implique que sans l'intervention de l'état, la concurrence monopolistique peut aboutir à un sous-investissement en technologie. Concernant la distorsion liée à l'écart technologique, on peut noter que pour une valeur réduite du terme $\left(\frac{A_t}{A_{max}-A_t}\right)$ (*un retard technologique élevé*), il correspond un quotient $\left(\frac{\hat{u}_R}{u_R^{LF}}\right)$ élevé. Ça signifie qu'un pays en retard technologique par rapport au leader consacre moins de ressources pour la R&D. Alors, un grand écart technologique favorise le sous-investissement en technologie. Pour surmonter ce type d'imperfection, l'état doit consacrer tous les moyens disponibles pour réduire la distance technologique par rapport au leader. L'ouverture sur l'extérieur, l'inversement en capital humain en général et l'augmentation des dépenses publiques en éducation en particulier sont les politiques les plus favorables pour le développement d'une capacité domestique capable d'innover et d'absorber les technologies étrangères.

Il est également important de noter que l'instauration d'un système fiscal bien harmonisé et simplifié pour soutenir davantage l'innovation. Plus précisément, l'état doit choisir les variables politiques appropriées qui permettent à l'économie décentralisée de réaliser une croissance optimale maintenue. Nos analyses théoriques développées à ce niveau montrent que les solutions de l'équilibre social sont rattrapées par le choix d'une subvention des investissements en capital physique à taux constant$\left(\bar{\tau}_k = 1 - \frac{1}{\alpha}\right)$, d'un taux d'impôt sur salaires proportionnel à la part des dépenses scolaires privées subventionnées dans la dépense totale en éducation$\left(\frac{1-\bar{\tau}_w}{1-\bar{s}_d}\right) = \left(\frac{D_{priv}}{D_{Totale}}\right) \approx \left(\frac{\ell}{1+\ell}\right)$ et d'une subvention des activités de recherche et développement variable au cours du temps. Il nous reste, alors à déterminer en termes exactes l'expression de la subvention optimale$(\bar{s}_R)$. La proposition suivante détermine sa variation au cours du temps et sa valeur optimale.

**Proposition 3.**

*Dans les conditions de la proposition 1, les solutions de l'équilibre social sont rattrapées à travers une subvention des investissements en capital physique à taux constant*$\left(\bar{\tau}_k = 1 - \frac{1}{\alpha}\right)$ *combiné avec une égalité entre le ratio* $\left(\frac{1-\bar{\tau}_w}{1-\bar{s}_d}\right)$*et lapart des dépenses scolaires privées dans la dépense totale en éducation et une subvention des activités de recherche et développement qui varie au cours du temps suivant*

$$\dot{s}_R = g_A\left(\theta\alpha\frac{u_y}{u_R}\right) + (1 - s_R)\left\{g_h\left(1 - \frac{\vartheta}{u_h}\right) - r\left(1 - \frac{2}{\alpha}\right) - g_A\left[\theta\frac{u_y}{u_R} - \gamma\left(\frac{A_t}{A_{max} - A_t}\right) + (\mho + 1) + \emptyset\right]\right\}$$

*Et qui converge dans le long terme à la valeur optimal:*

$$\bar{s}_R = 1 - \frac{\frac{\theta\alpha}{\sigma(1+\mho) - 1}\left(\frac{\hat{u}_y}{\hat{u}_R}\right)\left[\vartheta^2 B(1-\alpha)^{1-\vartheta}\left(\frac{1-\vartheta}{\vartheta}\right)^{1-\vartheta}\left(\frac{\ell}{1+\ell}\right)^{1-\vartheta}\left(\frac{y_0}{h_0}\right)^{1-\vartheta} - \rho\right]}{\hat{r}\left(1 - \frac{1}{\alpha}\right) + \hat{g}_A\left[\theta\frac{\hat{u}_y}{\hat{u}_R} - \gamma\left(\frac{A_t}{A_{max} - A_t}\right) + \emptyset\right]} < 1$$

*Elle est financée par la taxation. (Preuve, voir Annexe D).*

En conclusion, il est important d'indiquer qu'une politique économique efficace nécessite l'utilisation de plusieurs instruments très dépendants. Ainsi, l'état doit connaître très finement les caractéristiques de l'économie.

## IV- Conclusion

Dans cet article, on a essayé de caractériser analytiquement la politique fiscale dynamique optimale dans un modèle de croissance endogène avec effet de prolifération. Dans ce modèle, les investissements domestiques en éducation et R&D, l'ouverture sur l'extérieur, le décalage technologique à la frontière ainsi que les politiques fiscales sont pris comme les déterminants cruciaux de la croissance de PIB par travailleur. Les analyses théoriques développées à ce niveau montrent l'existence d'un certain nombre de distorsions qui sont à l'œuvre de l'équilibre décentralisé. La première imperfection est liée à la présence d'une concurrence imparfaite dans le secteur des biens intermédiaires. La seconde résulte de l'externalité de connaissances qui affecte la technologie. Par suite, l'intervention de l'état par une politique fiscale efficace est nécessaire. Les solutions de l'équilibre social sont rattrapées par le choix d'une subvention des investissements en capital physique à taux constant, une subvention des activités de recherche et développement variable au cours du temps et un taux d'impôt sur salaires proportionnel à la part des dépenses scolaires privées après subvention dans la dépense totale en éducation.

## Annexes

### A- Preuve de la Proposition 1:

La valeur constante de$\hat{g}_C$ implique par (26), une valeur constante pour$r$, i.e., $\hat{g}_r = 0$. Par conséquent, $\hat{g}_Y = \hat{g}_K$, on constate que$\chi$est constant aussi à l'équilibre, $\hat{g}_\chi = 0$. Puisque, $\hat{g}_Y = \hat{g}_K = \hat{g}_C$la valeur constant de$\hat{g}_A$ implique que$\psi$ est constante également i.e., $\hat{g}_\psi = 0$. Évaluer (2), (38) à l'état d'équilibre donne (49), (45) et (47), respectivement. Utiliser(47)donne (51). Utiliser(47) avec (51) pour exprimer $\hat{g}_C = \left(\frac{\hat{r}/\alpha-\rho}{\sigma}\right)$en fonction de$\hat{g}_A$dans (26), et résoudre (39) pour $\hat{r}$et$\hat{g}_A$. Cecidonne (44) et (46). Enfin, (48) est obtenue à partir de (37) tout en utilisant(36).

La résolution du modèle à l'état stationnaire nécessite d'avoir$0 < \hat{u}_y, 0 < \hat{u}_R$, $\hat{u}_y + \hat{u}_R < 1$, $\hat{r} > 0$, $\hat{\chi} > 0$et$\hat{\psi} > 0$. Éqs. (46) nécessited'avoir lacondition$(0 < \hat{u}_y + \hat{u}_R < 1)$. Elle est satisfaite si et seulement si (50) est réalisée. Puisque (50) nécessite d'avoir $\sigma > \frac{1}{(1+U)}$, Éqs. (44) et (46) nécessitent d'avoir$\hat{r} > 0$et$\hat{g}_A > 0$ si$\left(\vartheta^2 B(1-\alpha)^{1-\vartheta}\left(\frac{1-\vartheta}{\vartheta}\right)^{1-\vartheta}\left(\frac{\ell}{1+\ell}\right)^{1-\vartheta}\left(\frac{y_0}{h_0}\right)^{1-\vartheta} > \rho\right)$.

La condition de transversalité associée à $K$est équivalente à$\left(-\rho + \hat{g}_\lambda + \hat{g}_K = \left(1 - \frac{\vartheta}{u_h}\right)\hat{g}_H < 0\right)$, en utilisant (36), sachant que$\hat{g}_Y = \hat{g}_K$ . La condition de transversalité associée à $H$ est équivalente à$\left(-\rho + \hat{g}_\mu + \hat{g}_H = \hat{r}/\alpha\left[\frac{\rho}{\sigma} - 1 - \frac{\rho}{\sigma}\right] < 0\right)$, où les évidences empiriques montrent que$\sigma > 1$et$0 < \rho < 1$.La condition de transversalité associée à $A$ est équivalente à$\left(-\rho + \hat{g}_\aleph + \hat{g}_A = \left(1 - \frac{\vartheta}{u_h}\right)\hat{g}_H < 0\right)$.

D'où le résultat.

### B- Preuve de la Proposition 2:

On note par$(\bar{s}_R)$la valeur optimale de la subvention de la R&D. Elle sera déterminée à partir de l'équation$g^*_{gA} = \hat{g}_{gA}$. Sionremplacechaquequantité par son expression on obtient l'égalité suivante :

$$g_h^*\left(1-\frac{\vartheta}{u_h^*}\right)+g_A^*\left[\frac{\theta\alpha}{\varepsilon(1-s_R)}\frac{u_y^*}{u_R^*}-1\right]-\bar{\tau}_k r^*-\frac{\dot{s}_R}{1-s_R}+g_{g_h}-g_{u_h}+g_{u_R}$$
$$=\hat{g}_h\left(1-\frac{\vartheta}{\hat{u}_h}\right)+g_{g_h}-g_{u_h}+\hat{g}_A\left[\theta\frac{\hat{u}_y}{\hat{u}_R}-\gamma\left(\frac{A_t}{A_{max}-A_t}\right)+\emptyset-1\right]+g_{u_R}$$

À l'équilibre social, on a

$$\hat{g}_h\left(1-\frac{\vartheta}{\hat{u}_h}\right)+g_{g_h}-g_{u_h}=\hat{g}_A(\mho+1)-\frac{\hat{r}}{\alpha}$$

Si on remplace dans $\hat{g}_{gA}$ la quantité $\hat{g}_h\left(1-\frac{\vartheta}{\hat{u}_h}\right)+g_{g_h}-g_{u_h}$ par son expression, on obtient

$$\hat{g}_{gA}=\hat{g}_{A_t}\left[\theta\frac{\hat{u}_y}{\hat{u}_R}-\gamma\left(\frac{A_t}{A_{max}-A_t}\right)+(\mho+1)+\emptyset-1\right]-\frac{\hat{r}}{\alpha}+g_{u_R}$$

L'égalité entre $g_{gA}^*$ et $\hat{g}_{gA}$ implique que l'équilibre de marché se coïncide avec l'équilibre social. Ainsi, les différentes quantités de l'équation se coïncident bien également avec leurs équivalentes; ($r^*$et $\hat{r}$), ($u_y^*$et $\hat{u}_y$), ($u_R^*$et$\hat{u}_R$), ($g_A^*$et$\hat{g}_{A_t}$), ($g_h^*$et$\hat{g}_h$).

À l'équilibre, on a :$\bar{\tau}_k=1-\frac{1}{\alpha}$ , $\left(\frac{1-\bar{\tau}_w}{1-\bar{s}_d}=\frac{\ell}{1+\ell}\right)$et$g_{g_h}=g_{gA}=\dot{u}_y=\dot{u}_R=\dot{u}_h=0$. Si on remplace chaque terme par sa valeur, on obtient l'équation suivante :

$$g_h\left(1-\frac{\vartheta}{u_h}\right)+g_A\left[\frac{\theta\alpha}{(1-s_R)}\frac{u_y}{u_R}-1\right]+r\left(\frac{1}{\alpha}-1\right)-\frac{\dot{s}_R}{1-s_R}$$
$$=g_A\left[\theta\frac{u_y}{u_R}-\gamma\left(\frac{A_t}{A_{max}-A_t}\right)+(\mho+1)+\emptyset-1\right]-\frac{r}{\alpha}$$

On déduit que

$$\dot{s}_R=g_A\left(\theta\alpha\frac{u_y}{u_R}\right)+(1-s_R)\left\{g_h\left(1-\frac{\vartheta}{u_h}\right)-r\left(1-\frac{2}{\alpha}\right)-g_A\left[\theta\frac{u_y}{u_R}-\gamma\left(\frac{A_t}{A_{max}-A_t}\right)+(\mho+1)+\emptyset\right]\right\}$$

Dans le long terme on aura $\dot{s}_R=0$. Ceci implique que la valeur optimale de la subvention pour le développement technologique $\bar{s}_R$ est exprimée comme suit :

$$\bar{s}_R=1-\frac{\frac{\theta\alpha}{\sigma(1+\mho)-1}\left(\frac{\hat{u}_y}{\hat{u}_R}\right)\left[\vartheta^2B(1-\alpha)^{1-\vartheta}\left(\frac{1-\vartheta}{\vartheta}\right)^{1-\vartheta}\left(\frac{\ell}{1+\ell}\right)^{1-\vartheta}\left(\frac{y_0}{h_0}\right)^{1-\vartheta}-\rho\right]}{\hat{r}\left(1-\frac{1}{\alpha}\right)+\hat{g}_A\left[\theta\frac{\hat{u}_y}{\hat{u}_R}-\gamma\left(\frac{A_t}{A_{max}-A_t}\right)+\emptyset\right]}$$

D'où le résultat.

## Références


Aghion, P. and Howitt, P. (1998). Endogenous Growth Theory. (Cambridge: MIT Press)

Alvarez-Pelaez, M. J. and Groth, C. (2005). Too little or too much R&D? *European Economic*

*Review*, 49 (2), 437–456.

Arnold, L. G. (2000a). Endogenous growth with physical capital, human capital and product variety: A comment. *European Economic Review*, 44 (8), 1599–1605.

Arnold, L. G. (2000b). Endogenous technological change: A note on stability. *Economic Theory*, 16 (1), 219–226.

Barro, R.J. and Sala-i-Martin X. (1997). Determinants of Economic Growth. Cambridge, MIT Press.

Basu, S. (1996). Procyclical productivity: Increasing returns or cyclical utilization? *Quarterly Journal of Economics*, 111 (3), 709–751.

Coe, T, Helpman, E. (1995). International R&D Spillovers. *European Economic Review* 39: 859-887.

Del Barrio-Castro, T., Lopez-Bazo, E. and Serrano-Domingo, G. (2002). New evidence on international R&D spillovers, human capital and productivity in the OECD. *Economics Letters*, 77 (1), 41–45.

Dinopoulos, Elias and Thompson. (1998). Schumpeterian Growth without Scale Effects. *Journal of Economic growth*, 3(4): 313-35.

Engelbrecht, H.-J. (1997). International R&D spillovers, human capital and productivity in OECD

economies: An empirical investigation. *European Economic Review*, 41 (8), 1479–1488.

Funke, M. and Strulik, H. (2000). On endogenous growth with physical capital, human capital and

product variety. *European Economic Review*, 44 (3), 491–515.

Gômez, M. A. (2011). Duplication externalities in an endogenous growth model with physical capital, human capital, and R&D. *Economic Modelling*, 28 (1-2), 181–187.

Griliches, Z. (1992). The search for R&D spillovers. *Scandinavian Journal of Economics*, 94 (0), S29–47.

Grossmann, V., Steger, T. and Trimborn, T. (2010a). Dynamically Optimal R&D Subsidization.

*CESifo Working Paper Series* 3153, CESifo Group Munich.

Grossmann, V., Steger, T. and Trimborn, T. (2010b). Quantifying Optimal Growth Policy. *CESifo Working Paper Series* 3092, CESifo Group Munich.

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.

Iacopetta, M. (2011). Formal education and public knowledge. *Journal of Economic Dynamics and*

*Control*, forthcoming.

Jones, C. I. (1995). R&D-based models of economic growth. *Journal of Political Economy*, 103 (4), 759–784.

Jones, C. I. and Williams, J. C. (2000). Too much of a good thing? The economics of investment in R&D.*Journal of Economic Growth*, 5 (1), 65–85.

Judd, R and Kenneth L. (1987).The Welfare Cost of Factor Taxation in a Perfect-Foresight Model. *Journal of Political Economy* 95:675-709.

Judson, R. (2002).Measuring Human Capital Like Physical Capital: What Does It Tell Us? *Bulletin of Economic Research*, Vol. 54 (3) 2002, 209-231.

Keller, W. (1997. Trade and Transmission of Technology. *NBER Working Paper*, N°6113.

Kortum, S. (1993). Equilibrium R&D and the patent-R&D ratio: U. S. evidence. *American Economic Review*, 83 (2), 450–457.

Lambson, V. E. and Phillips, K. L. (2007). Market structure and Schumpeterian growth. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 62 (1), 47–62.

Lichtenberg, R and Van Pottelsberghe de la Potterie, B. (1998). International R&D Spillovers: A Comment. *European Economic Review*, 42, 1483-1491.

Madsen, Jacob B. and Ang, 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.

Norrbin, S. (1993). The relation between price and marginal cost in U.S. industry: A contradiction.
*Journal of Political Economy*, 101 (6), 1149–1164.

Porter, M. E. and Stern, S. (2000). Measuring the ‘Ideas’ Production Function: Evidence from
International Patent Output. NBER Working Papers 7891, *National Bureau of Economic Research*,Inc.

Romer, P. M. (1990). Endogenous technological change. *Journal of Political Economy*, 98 (5), S71–S102.

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.

Sequeira, T. N. (2011). R&D spillovers in an endogenous growth model with physical capital, humancapital, and varieties. *Macroeconomic Dynamics*, forthcoming.

Steger, T. M. (2005). Welfare implications of non-scale R&D-based growth models. *Scandinavian*
*Journal of Economics*, 107 (4), 737–757.

Stokey, N. L. (1995). R&D and economic growth. *Review of Economic Studies*, 62 (3), 469–89.

Strulik, H. (2007). Too much of a good thing? The quantitative economics of R&D-driven growth
revisited. *Scandinavian Journal of Economics*, 109 (2), 369–386.

Trimborn, T., Koch, K.-J. and Steger, T. M. (2008). Multidimensional transitional dynamics: A
simple numerical procedure. *Macroeconomic Dynamics*, 12 (3), 301–319.