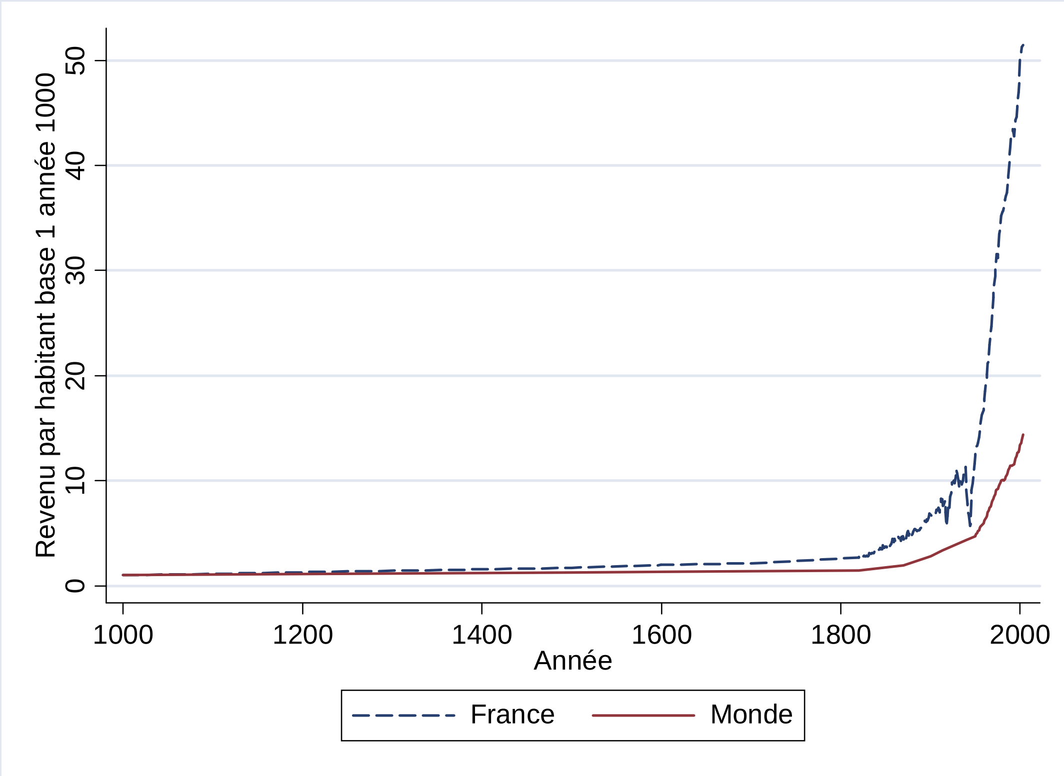
Macroéconomie avancée-Eco 553

2008-2009

Chapitre 1: Les sources de la croissance économique



Revenu par habitant en dollars 1990 en France et dans le monde depuis un millénaire, base 1 = année 1000. Source: Maddison, 2006, http://www.ggdc.net/maddison.

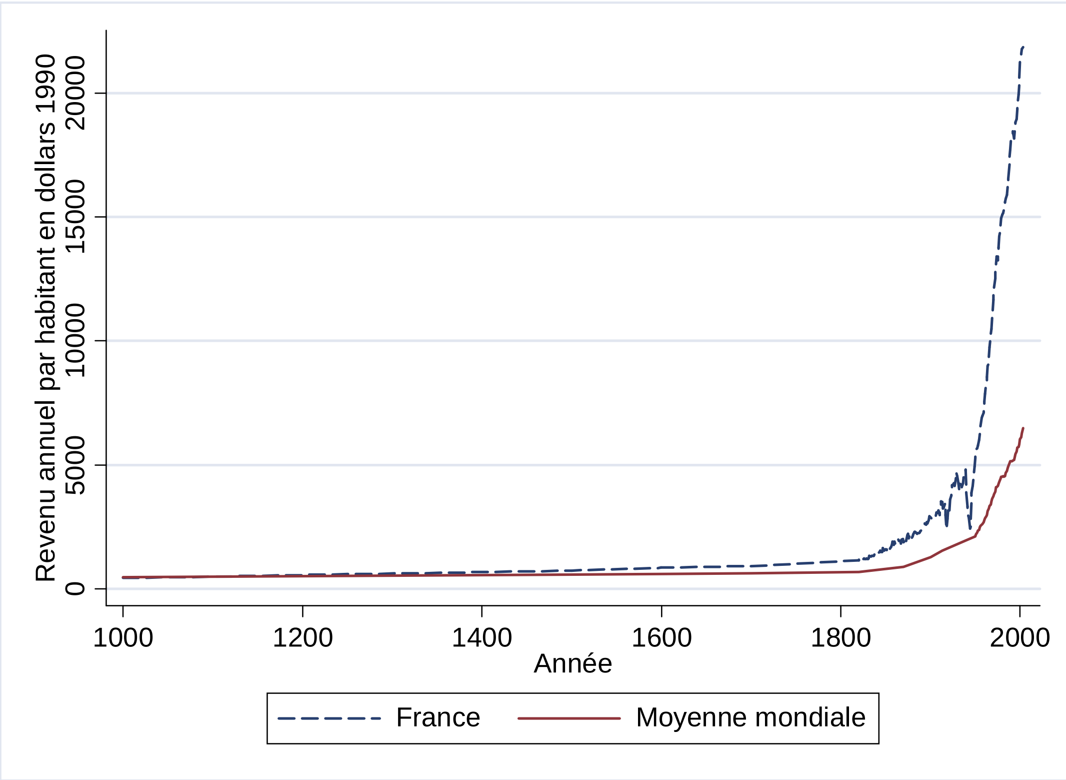


Figure 1: Revenu par habitant en dollars 1990 en France et dans le monde depuis un millénaire. Source: Maddison, 2006, http://www.ggdc.net/maddison.

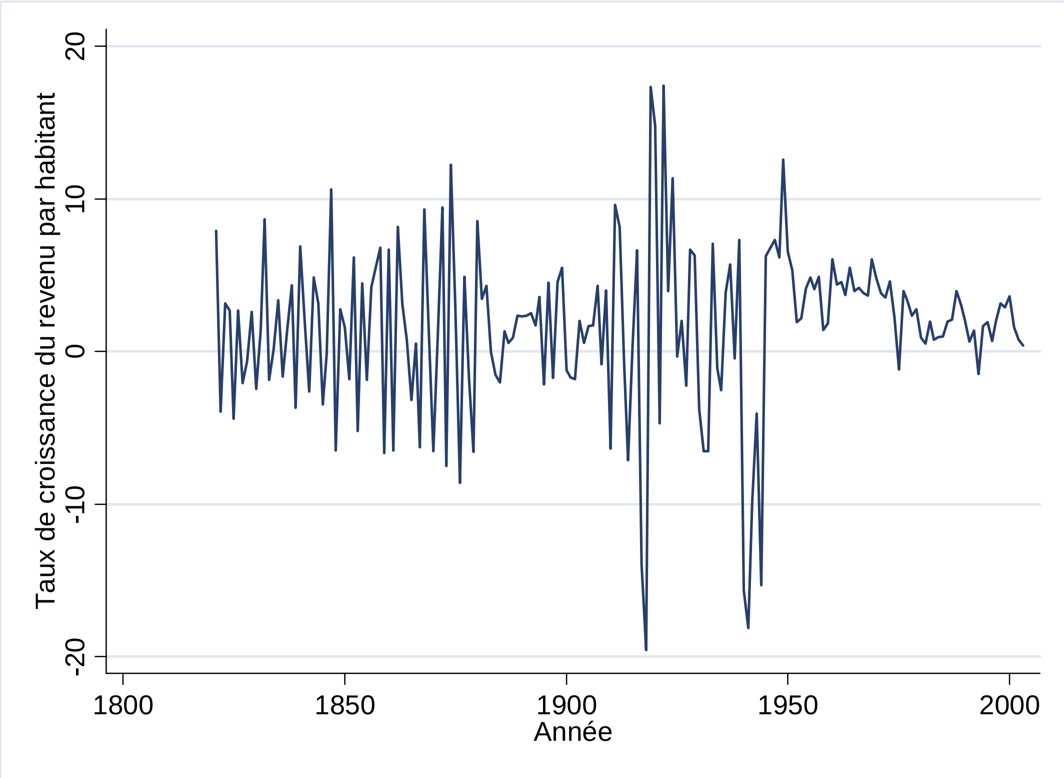


Figure 2: Taux de croissance du revenu par habitant en dollars 1990 en France depuis 1920. Source: Maddison, 2006, http://www.ggdc.net/maddison.

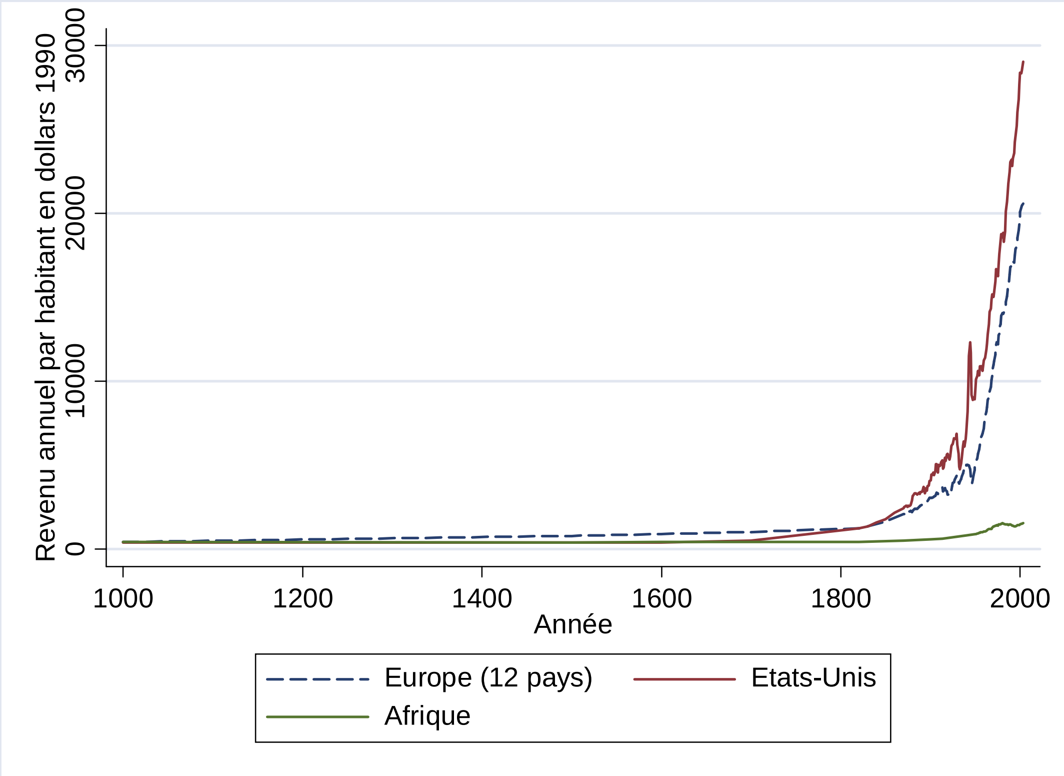


Figure 3: Revenu par habitant en dollars 1990 en Europe, aux Etats-Unis et en Afrique depuis un millénaire, base 1 = année 1000. Source: Maddison, 2006, http://www.ggdc.net/maddison.

Principales caractéristiques de la croissance économique du 20ème siècle (Nicolas Kaldor, 1961)

1. la productivité des travailleurs augmente continûment dans de nombreux pays sans faire apparaître une tendance à la diminution de son taux de croissance;

2. le capital par tête augmente continûment dans de nombreux pays;

3. la rentabilité du capital est stable au cours du temps;

4. le ratio entre le capital et la production est stable au cours du temps;

5. le travail et le capital reçoivent chacun une part du revenu total qui est stable au cours du temps;

6. Il existe d'importantes différences de taux de croissance de la productivité et du revenu par habitant entre pays.

Section 1. Progrès technique et croissance

- Production

$$Y(t) = F(K(t), L(t), t)$$

- F homogène degré 1 par rapport à K et L.

$$Y = AF(A_K K, A_L L)$$

- En dérivant par rapport au temps:

$$\Delta Y = (\Delta A)F + [(\Delta K)A_K + (\Delta A_K)K]\, AF_1 + [(\Delta L)A_L + (\Delta A_L)L]\, AF_2 \qquad (1)$$

- Concurrence parfaite: les productivités marginales de chaque facteur, soient AA_KF_1 et AA_LF_2, égalisent les coûts de production de ces facteurs.

- $\alpha = L(AA_LF_2)/Y$, part du travail dans le produit global.

- g_x taux de croissance d'une variable x.

- (1) donne la décomposition de Solow (1957) :

$$g_Y = g_A + (1-\alpha)(g_K + g_{A_K}) + \alpha(g_L + g_{A_L}) \tag{2}$$

soit

$$\begin{aligned} g_y &= g_Y - g_L = r_S + (1-\alpha)(g_K - g_L) \qquad (3) \\ r_S &= g_A + (1-\alpha)g_{A_K} + \alpha g_{A_L} \qquad (4) \end{aligned}$$

Pays	1970-80		1980-90		1990-98	
	g_y	r_S	g_y	r_S	g_y	r_S
Allemagne	2.6	1.2	2.0	1.1	1.0	1.0
Etats-Unis	2.1	0.7	2.3	0.8	2.0	1.1
France	2.7	1.5	1.8	1.5	0.9	0.9
Japon	3.3	1.6	3.4	1.6	1.1	0.8
Italie	3.1	1.4	2.2	1.2	1.2	1.2
Canada	2.8	0.6	1.6	0.3	1.1	0.7
Royaume-Uni	1.8	1.7	2.5	2.0	1.7	1.2

Section 2. L'accumulation du capital

2.1. Le modèle de Solow (1956)

1. • Economie en temps continu

   • un bien numéraire est produit à partir de capital et de travail.

   • Le bien numéraire est consommé et utilisé comme capital.

   • La quantité de travail notée L_t, croît au taux $g_L \geq 0$.

   • L'économie fonctionne de manière parfaitement concurrentielle.

   • La quantité de travail employée est donc égale, à chaque instant, à la quantité de travail disponible.

$$Y_t = F(K_t, A_t L_t), \tag{5}$$

- A_t croît à taux constant noté $g_A \geq 0$.
- Le capital se déprécie au taux $\delta \geq 0$.
- Les agents épargnent une fraction constante, notée s, de leur revenu.
- Accumulation du capital

$$\dot{K}_t = sY_t - \delta K_t.$$

- $k_t = K_t / A_t L_t$ et $y_t = Y_t / A_t L_t$
- En remarquant que $g_k = g_K - g_A - g_L$,
- $f(k_t) = F(k_t, 1)$

$$\dot{k}_t = sf(k_t) - (g_A + g_L + \delta)k_t. \tag{6}$$

- La solution stationnaire, notée $\bar{k}$, vérifie

$$sf(\bar{k}) = (g_A + g_L + \delta)\bar{k}.$$

- Y_t/L_t, s'écrit asymptotiquement, lorsque $t \to \infty$:

$$\frac{Y_t}{L_t} = A_t f(\bar{k}).$$

- Le ratio K_t/Y_t, égal à $1/F(1, 1/k_t)$, tend vers une valeur constante.
- Concurrence parfaite

$$\begin{aligned} w_t &= A_t \left[f(k_t) - k_t f'(k_t) \right], \\ r_t &= f'(k_t) - \delta. \end{aligned}$$

- Le modèle de Solow explique les 5 premières caractéristiques de la croissance repérées par Kaldor

- Le revenu par tête doit croître d'autant plus vite que le stock de capital est faible par rapport à sa valeur stationnaire:

$$g_k = \frac{\dot{k}_t}{k_t} = s\frac{f(k_t)}{k_t} - (g_A + g_L + \delta).$$

- Convergence conditionnelle.

- Vitesse de convergence, production Cobb-Douglas: $Y = K^\alpha (AL)^{1-\alpha}$,

$$g_k = s k_t^{\alpha-1} - (g_L + g_A + \delta).$$

- Production par unité de travail effective: $y = k^\alpha$, on a $g_y = \alpha g_k$ et donc:

$$g_y = \alpha \left[s k_t^{\alpha-1} - (g_L + g_A + \delta) \right].$$

- Un développement limité au voisinage de l'état stationnaire, $\bar{y}$ donne:

$$g_y \simeq -\lambda \ln(y/\bar{y}) \text{ avec } \lambda = (1-\alpha)(g_L + g_A + \delta).$$

- Délai médian d'ajustement:

$$t_M = (\ln 2)/\lambda.$$

- La convergence illustre certains des faits de l'histoire économique
- Rattrapage des économies européennes ou celui du Japon dans l'après guerre.
- Valeurs vraisemblables pour des pays industriels ($g_L = 1\%, g_A = 2\%, \delta = 5\%, \alpha = 1/3$), $\lambda = 5,3\%$; délai médian d'ajustement = 13 ans, empiriquement nettement trop rapide.

2.2. Le modèle de Solow et les faits

- Est-il possible d'expliquer les différences de revenu par habitant entre pays à partir du modèle de Solow en supposant que le progrès technique est un bien public accessible à tous les pays?

- Mankiw, Romer et Weil (1992) : 80% de la dispersion des revenus par tête entre pays peut être expliquée par la dispersion des variables qui déterminent le revenu stationnaire de chaque pays.

- Version modifiée du modèle de Solow permet aussi de rendre compte de façon satisfaisante des vitesses de convergence conditionnelle des revenus par tête.

- Néanmoins, ces résultats reposent sur des hypothèses discutables qui conduisent à souligner l'importance des différences d'efficacité du travail (mesuré par le facteur technologique A), pour expliquer les différences de revenu par tête entre pays.

2.2.1. L'approche de Mankiw, Romer et Weil (1992)

- Version modifiée du modèle de Solow
- Intègre l'accumulation du capital humain et du capital physique.
- Production dans le pays j est donnée par

$$Y_j = K_j^{\alpha} H_j^{\beta} (A_j L_j)^{1-\alpha-\beta}$$

- soit

$$k_j = \frac{K_j}{A_j L_j}, h_j = \frac{H_j}{A_j L_j}, \tag{7}$$

- la production par travailleur s'écrit

$$\frac{Y_j}{L_j} = A_j k_j^{\alpha} h_j^{\beta}. \tag{8}$$

- Taux d'épargne s_j^k et s_j^h

- Les deux formes de capital se déprécient aux taux δ

$$\dot{K}_j = s_j^k Y_j - \delta K_j \text{ et } \dot{H}_j = s_j^h Y_j - \delta H_j.$$

- Le taux de croissance du facteur de progrès technique, g_A, est identique pour tous les pays.

- $A_j(t) = A_j(0)\exp(g_A t)$.

- Taux de croissance, supposé constant, de la population dans le pays j est noté n_j.

$$\begin{aligned} \dot{k}_j &= s_j^k \left(\frac{y_j}{A_j}\right) - (n_j + g_A + \delta)k_j, \\ \dot{h}_j &= s_j^h \left(\frac{y_j}{A_j}\right) - (n_j + g_A + \delta)h_j. \end{aligned}$$

- Solution stationnaire stable $(\bar{h}_j, \bar{k}_j)$:

$$\bar{k}_j = \left(\left(\frac{s_j^k}{n_j + g_A + \delta} \right)^{1-\beta} \left(\frac{s_j^h}{n_j + g_A + \delta} \right)^{\beta} \right)^{\frac{1}{1-\alpha-\beta}}$$

$$\bar{h}_j = \left(\left(\frac{s_j^k}{n_j + g_A + \delta} \right)^{\alpha} \left(\frac{s_j^h}{n_j + g_A + \delta} \right)^{1-\alpha} \right)^{\frac{1}{1-\alpha-\beta}}$$

- En substituant ces deux expressions dans l'équation (8), on obtient

$$\ln \frac{Y_j}{L_j} = \ln A_j + g_A t + \frac{\beta}{1-\alpha-\beta} \ln \left(\frac{s_j^h}{n_j + g_A + \delta} \right) + \frac{\alpha}{1-\alpha-\beta} \ln \left(\frac{s_j^k}{n_j + g_A + \delta} \right). \tag{9}$$

- Estimation suppose: $A_j = \varepsilon_j A$,

- ε_j est une variable aléatoire indépendante de toutes les autres caractéristiques du pays j.

- Mankiw, Romer et Weil estiment l'équation suivante pour 98 pays et pour l'année 1985:

$$\ln \frac{Y_j}{L_j} = a + a_1 \ln \left(\frac{s_j^h}{n_j + g_A + \delta} \right) + a_2 \ln \left(\frac{s_j^k}{n_j + g_A + \delta} \right) + \eta_j,$$

- Y_j/L_j revenu par personne en âge de travailler (de 15 à 64 ans)

- s_j^h taux moyens de scolarisation dans le secondaire sur la période 1960-1985;

- η_j résidu de moyenne nulle.

- Explique 78% de la variance des revenus.

- Valeurs estimées de α et de β : de l'ordre de 1/3, ce qui correspond à des ordres de grandeur plausibles à première vue.

- Modèle simple, sans capital humain,

    - n'explique que 40% de la variance

- valeur du coefficient α égale à 0,6,

- Approximation de la vitesse de convergence au voisinage de $\bar{y}$ donne

$$\lambda_j = (n_j + g_A + \delta)(1 - \alpha - \beta).$$

- Avec $g_L = 1\%, g_A = 2\%, \delta = 5\%, \alpha = \beta = 1/3$, vitesse de convergence de 2,6% par an, et un délai médian d'ajustement de l'ordre de 26 ans.

- Résultats sont fragiles: facteur de progrès technique initial, $A_j(0)$, est affecté par un choc aléatoire indépendant des autres caractéristiques de chaque pays.

- La valeur de ε_j n'affecte pas le taux de croissance ultérieur à la date initiale.

- Les variations de A_j peuvent être corrélées avec les mesures de s_j^h et s_j^k.

2.2.2. Les différences technologiques entre pays

- Hall et Jones (1999)

$$Y_j = K_j^{\alpha}(A_j H_j)^{1-\alpha},$$

- Nombre de travailleurs L_j; nombre moyen d'années d'études E_j:

$$H_j = e^{\phi(E_j)} L_j.$$

- Fonction $\phi(E)$: efficacité d'une unité de travail avec E années d'éducation relativement à une unité de travail sans éducation ($\phi(0) = 0$).

- La dérivée $\phi'(E)$ est le rendement de l'éducation évalué selon la méthode de Mincer (1974)

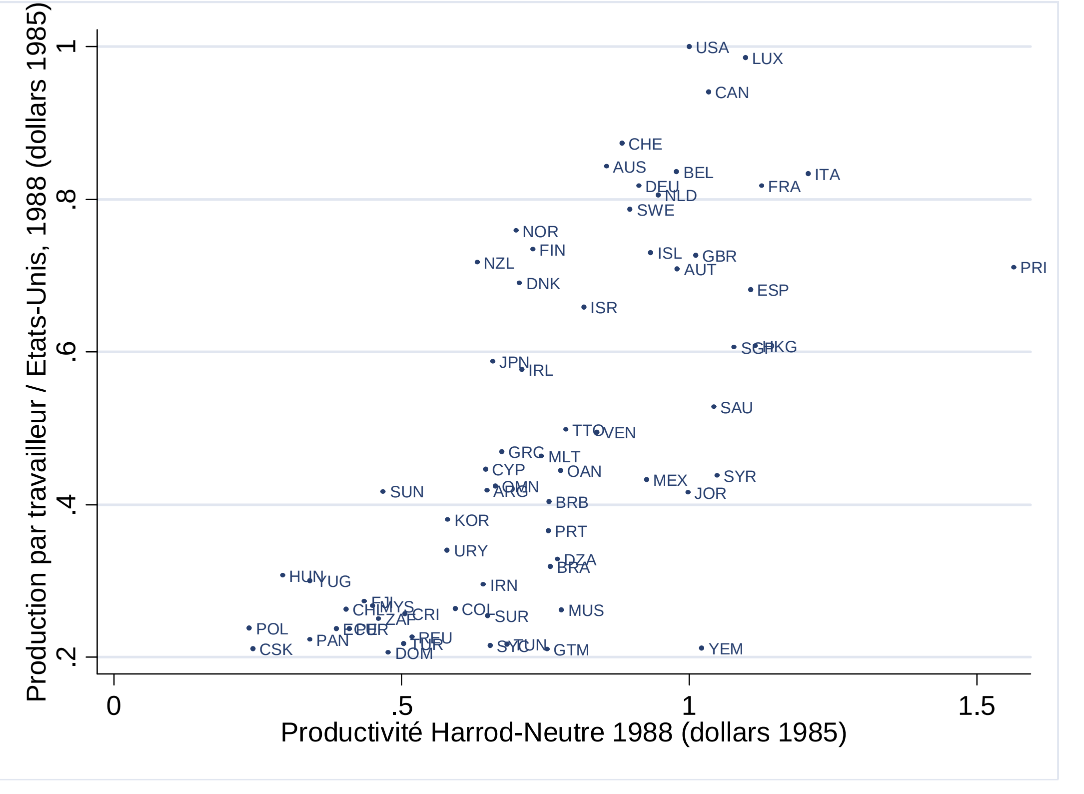
- Estimation de la relation entre le salaire et les années d'éducation:

$$\ln w_i = a + bX_i + \phi(E_i),$$

- où w_i est le salaire de l'individu i,
- X_i vecteur de caractéristiques individuelles (sexe, âge, situation familiale...)
- Hall et Jones supposent ϕ linéaire par morceaux: le taux de rendement des quatre premières années d'éducation est de 13,4%, puis 10,1% pour les quatre années suivantes et de 6,8% au-delà de huit années d'éducation.
- Production par travailleur peut s'écrire

$$\frac{Y_j}{L_j} = \left(\frac{K_j}{Y_j}\right)^{\frac{\alpha}{1-\alpha}} e^{\phi(E_j)} A_j.$$

Pays	Y/L	$(K/Y)^{\frac{\alpha}{1-\alpha}}$	$e^{\phi(E_j)}$	A
Etats-Unis	1	1	1	1
France	0,818	1,091	0,666	1,126
Mexique	0,433	0,868	0,538	0,926
Chine	0,06	0,891	0,632	0,106
Moyenne 127 pays	0,296	0,853	0,565	0,516



Progrès technique (productivit é Harrod neutre) et production par travailleur en 1988.

Source: Hall et Jones, 1999.

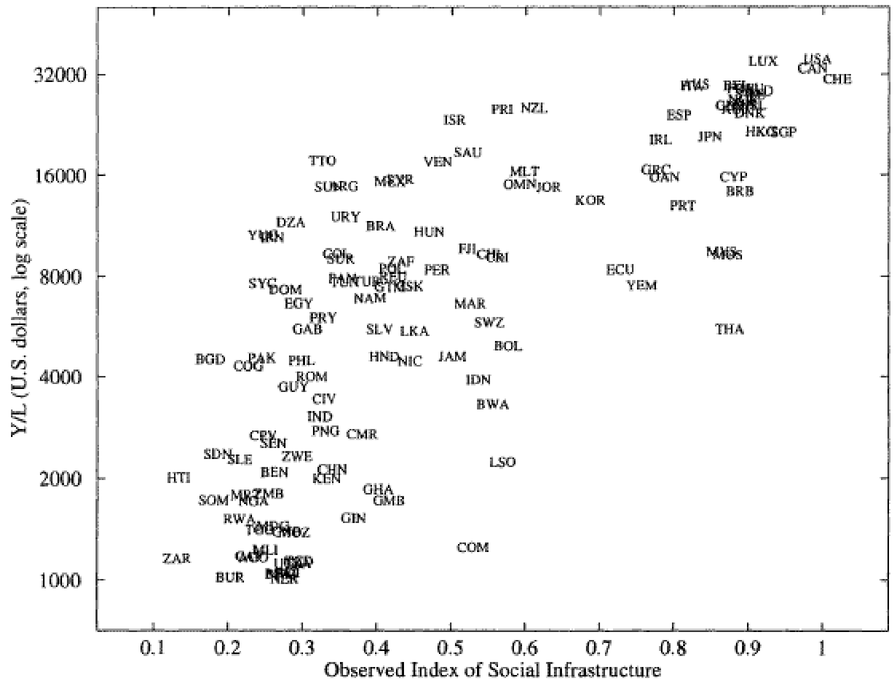


Figure 4: Qualité des infrastructures et production par travailleur en 1988 (dollars 1985). Source: Hall et Jones, 1999, Figure 2.

- Impact causal des infrastructures:

$$\log(Y_j/L_j) = a + bS_j + \varepsilon_j \tag{10}$$

$$S_j = c + d\log(Y_j/L_j) + eX_j + \eta_j \tag{11}$$

- X_j est un vecteur de variables qui influencent les infrastructures.

- ε_j et η_j sont des résidus.

- Identification de l'impact des infrastructures en supposant que X_j et ε_j sont orthogonaux.

- Trouver des "variables instrumentales" (ou encore "instruments") qui sont corrélées à S mais pas à ε.

- Instruments sélectionnés par Hall et Jones: la distance des pays à l'équateur et la proportion d'habitants qui parlent une des langues européennes (anglais, français, allemand, portugais, espagnol).

- Ces deux instruments sont corrélés positivement à la qualité des infrastructures.
- Qualité des infrastructures a un impact positif sur le produit par tête.
- Conclusion: important d'expliquer les déterminants de la technologie de chaque pays pour comprendre son niveau de développement.

Section 3: Innovation et rente de monopole

Dans l'approche développée jusqu'à présent, c'est le progrès technique qui induit l'accumulation de capital. Pourtant, la création de nouvelles technologies nécessite généralement des investissements. La nature de ces investissements peut être très diverse. Elle peut aller d'une simple étude de marché au développement d'un programme de recherche pour créer de nouveaux produits. Ces investissements sont mis en oeuvre par les entreprises parce qu'ils offrent des perspectives de profits. De nombreux modèles de croissance endogène prennent en compte cette relation entre investissement, innovation et profit pour endogénéiser le progrès technique.

Le modèle de Romer (1990) représente une économie ou un bien final est produit avec un continuum de biens intermédiaires, définis sur l'intervalle $[0, A]$, et du travail avec la technologie suivante

$$Y = L_1^{1-\alpha} \int_0^A x_i^{\alpha} di, 0 < \alpha < 1,$$

où x_i est la quantité du bien intermédiaire i, L_1 la quantité de travail et Y la production du bien final.

Romer suppose que le progrès technique consiste en la création de nouveaux biens intermédiaires. Afin d'analyser l'impact d'un accroissement de la variété de biens intermédiaires, supposons qu'ils peuvent être mesurés dans une unité commune (par exemple leur prix unitaire est égal à un) et qu'ils sont tous utilisés dans une même quantité $\bar{x}$. Dans ce cas, on obtient

$$Y = L_1^{1-\alpha} A \bar{x}^{\alpha}. \tag{12}$$

Ecrite sous cette forme, la fonction de production exhibe des rendements constants par rapport à la variété des biens intermédiaires A. En revanche, la quantité de chaque bien intermédiaire allouée à la production du bien final a une productivité marginale décroissante. En outre, à coût total donné $\bar{c}$ des biens intermédiaires, tel que $\bar{x}A = \bar{c}$, la production, qui s'écrit $Y = (AL_1)^{1-\alpha}\bar{c}^{\alpha}$, augmente avec la variété des biens intermédiaires. En ce sens, la formulation retenue par Romer implique qu'un accroissement de la variété de biens intermédiaires accroît l'efficacité productive.

Les L travailleurs, dont le nombre est constant au cours du temps, offrent à chaque instant une unité de travail. Ils peuvent travailler soit dans le secteur de production du bien final soit dans la recherche. Soit L_2 le nombre de personnes qui travaillent dans la recherche, l'hypothèse de concurrence parfaite sur le marché du travail donne $L_1 + L_2 = L$. Le travail d'un chercheur consiste à découvrir de nouveaux produits. La technologie du secteur de la recherche est représentée par la fonction de production

$$\frac{\dot{A}}{A} = \delta L_2, \delta > 0, \tag{13}$$

qui postule que le taux de croissance de la variété de biens intermédiaires augmente avec le nombre de chercheurs. Une interprétation possible de cette formulation est que chaque unité de travail dans la recherche permet de faire une découverte au taux δ. Chaque découverte augmente la variété d'un nombre A, égal à la variété existant à l'instant où la découverte est réalisée. Cette formulation suppose l'existence d'externalités dans l'activité de recherche: tout chercheur peut utiliser le stock de connaissances accumulées (mesuré par le nombre de variétés), ce qui explique que l'efficacité de la recherche croît avec le stock de connaissance A. En d'autres termes, la connaissance est un bien non rival: son utilisation par un individu n'empêche pas les autres de l'utiliser. Il n'y a aucun effet d'encombrement dans l'utilisation des connaissances.

Chaque bien intermédiaire est produit par un monopole local. Le bien final, qui est le numéraire, est vendu sur un marché en concurrence parfaite. Le bien intermédiaire est produit uniquement avec du capital. Il faut une unité de capital, dont le coût d'usage est égal au taux d'intérêt r en l'absence de dépréciation du capital, pour produite une unité de bien intermédiaire. Le taux d'intérêt est ici supposé exogène par souci de simplicité[1]. Les entreprises qui produisent le bien intermédiaire doivent aussi acheter le brevet aux

[1] Nous verrons dans l'annexe consacrée au modèle de Ramsey que le taux d'intérêt est égal au taux de préference pour le présent, qui est un paramètre de la fonction d'utilité, dans une économie où les consommateurs neutres vis à vis du risque peuvent épargner sur un marché financier parfaitement concurrentiel.

chercheurs sur un marché concurrentiel. Le prix du brevet est noté P_A.

La maximisation du profit de l'entreprise qui produit le bien final implique l'égalisation entre le prix d'un bien intermédiaire, noté $p(x)$ dans un équilibre symétrique, et la productivité marginale d'un bien intermédiaire. On obtient donc la demande inverse pour un bien intermédiaire (en utilisant l'identité $L = L_1 + L_2$):

$$p(x) = (L - L_2)^{1-\alpha}\alpha x^{\alpha-1}. \tag{14}$$

Le revenu de l'entreprise produisant le bien intermédiaire correspondant s'écrit

$$R(x) = p(x)x = (L - L_2)^{1-\alpha}\alpha x^{\alpha}.$$

La maximisation du profit de monopole, $R(x) - rx$, entraîne l'égalisation du revenu marginal $R'(x)$ au coût marginal r :

$$r = \alpha^2 \left(\frac{x}{L - L_2}\right)^{\alpha-1}. \tag{15}$$

Il suit que le monopole a un flux de profit $\pi = \frac{1-\alpha}{\alpha} rx$. La concurrence sur le marché des brevets égalise le prix d'un brevet p_A à la valeur actualisée au taux r du profit sur un horizon infini, $\int_0^\infty \frac{1-\alpha}{\alpha} rxe^{-rt} dt$. On obtient donc

$$p_A = \frac{1-\alpha}{\alpha} x \tag{16}$$

Il est maintenant possible de boucler le modèle à partir de la condition d'arbitrage des travailleurs, qui sont indifférents entre travailler dans le secteur du bien final, pour un salaire égal à la productivité marginale du travail $(1-\alpha)(L-L_2)^{-\alpha} A x^\alpha$ ou obtenir une rémunération espérée $p_A \delta A$ correspondant au l'espérance de gain associé à la vente des brevets. On obtient donc, en égalisant ces deux termes, une relation entre le prix des brevets et le nombre de chercheurs :

$$p_A = \frac{1-\alpha}{\delta} (L-L_2)^{-\alpha} x^\alpha \tag{17}$$

Les équations (15), (16) et (17) ont trois inconnues, p_A, x et L_2. La valeur d'équilibre de L_2 est,

$$L_2 = L - \frac{r}{\alpha\delta}.$$

Comme L_2 est constant au cours du temps, p_A et x le sont aussi. L'équation (12), définissant la production de bien final à l'équilibre symétrique, indique alors que le taux de croissance de la production de bien final est égal au taux de croissance de la variété des produits, soit, en utilisant la relation (13):

$$g = \delta L - \frac{r}{\alpha}. \tag{18}$$

Ainsi, dans le modèle de Romer, il existe un taux de croissance constant du progrès technique, qui entraîne le taux de croissance de la production. Ce taux de croissance est déterminé par les caractéristiques de l'économie, telles que le taux d'intérêt (implicitement égal au taux d'escompte ici comme nous le montrerons en annexe) et la productivité du secteur de la recherche susceptibles d'influencer les comportements d'accumulation du capital. A ce titre, on constate facilement que le taux de croissance de la production augmente avec la productivité de la recherche, δ, avec la taille de l'économie L et diminue avec le taux d'intérêt.

Cette approche apporte un éclairage intéressant sur les déterminants de la croissance. Cependant, en considérant que la croissance est induite par l'apparition incessante de nouveaux produits dont la durée de vie est infinie, elle néglige un aspect très important du processus de croissance: l'apparition de nouveaux produits entrainent fréquemment la disparition des produits anciens. Ce phénomène de destruction créatrice, remarqué par Joseph Schumpeter, est analysé dans le chapitre 3.