

Université de Kinshasa
Faculté des Sciences Economiques et de Gestion
Département des Sciences Economiques
B.P. 832 kinshasa XI

TRAVAIL PRATIQUE D'ECONOMETRIE APPLIQUEE

Thème 1 : Régression Linéaire Simple (Spécifications, Estimation, Inférence et Interprétation des Résultats)

Application :

**Examen de la convergence économique au sein de l'Union
Européenne : Approche économétrique**

Par

Jonas KIBALA KUMA

(DEA-PTC Economie/Unikin en cours)

*Centre de Recherches Economiques et Quantitatives
(CREQ)*

*Cellule d'Economie Mathématique/CEMATH-UNIKIN
Département des Sciences Economiques
Université de Kinshasa
B.P. 832 kinshasa XI*

Note : Ce travail s'inspire du mémoire de **Masweka**, défendu à l'UNIKIN (Cfr IRES/FASEG) en 2006, intitulé « *Convergence du taux de croissance des économies : Cas des pays européens, de 1970 à 2003* ». La même analyse est mieux effectuée par **Cadoret I. et al. (2009)**, « *Econométrie appliquée : Méthodes – Applications –Corrigés* », éd. de boeck, 2^e édition, Bruxelles, 462 p. Dans une démarche beaucoup plus approfondie et avec beaucoup d'ajouts, nous avons à plus d'un titre amélioré les analyses de ces deux auteurs dans le but ultime d'initier les étudiants/chercheurs ou professionnels à l'analyse économétrique, en commençant ici avec le modèle de régression linéaire simple/multiple. *Ce travail est donc compris comme un guide pour des études économétriques complètes : de la spécification à l'interprétation des résultats*. Aussi, l'on notera que c'est une passion pour nous de traiter de la convergence économique, parce que, à notre avis, ce sujet offre beaucoup d'éléments d'analyse (sur la spécification surtout) indispensables pour un économètre en devenir.

I. Modèle d'analyse : Cadre théorique et Revue de littérature

L'analyse de la convergence économique, en particulier celle des revenus par tête, entre les pays riches et les pays pauvres est une question de l'ère au centre de la plupart d'études sur la croissance économique, tant sur le plan théorique qu'empirique.

Sur le plan théorique, Trois théories expliquent la convergence ou la divergence des économies comme résultat du processus d'intégration économique, à savoir : *la théorie néoclassique de la croissance*, *la théorie des pôles de croissance* (ou théorie de la polarisation), ainsi que *les nouvelles théories de l'économie géographique* et *celles de croissance endogène*.

En effet, basée sur le modèle de Solow (1956), **la théorie néoclassique de la croissance** prédit une convergence des pays vers un même niveau de PIB par tête, sous l'hypothèse de rendements décroissants et d'un espace où les économies sont semblables en termes de préférences et de technologies. Ainsi, l'intégration commerciale et la libéralisation des mouvements des capitaux constituent – dans ce contexte – un facteur d'accélération de la convergence.

Par contre, **la théorie des pôles de croissance** initiée par François PERROUX (1995), puis approfondie par HIRSCHMAN (1998), souligne les difficultés qu'ont les effets de croissance à se diffuser à l'ensemble de secteurs de l'économie et à quitter les secteurs moteurs dont ils sont originaires. Cette théorie stipule que la convergence dépend de la confrontation entre deux effets opposés d'une intégration. Le premier effet est celui qui est défavorable aux pays pauvres (constituant la périphérie), tendant à renforcer l'avantage compétitif des pays riches (constituant le centre) et à attirer vers ces derniers les facteurs de production. Contrairement au premier, le second effet est favorable aux pauvres, car il consiste à inciter les facteurs de production et l'activité économique à quitter le centre pour la périphérie, suite aux effets de congestion dont souffre le premier.

Un peu plus tard, **les nouvelles théories de la croissance ainsi que les nouvelles théories de l'économie géographique** – insistant toutes deux sur l'importance des économies d'échelle, de la concurrence imparfaite et des phénomènes de spillovers localisés – ont apporté des éclairages nouveaux quant à l'évolution des disparités entre régions (pays).

Dans un premier temps, contrairement à la vision néo-classique, **les théories de la croissance endogène**, initiées par les modèles de Romer (1986) et Lucas (1988), ne prédisent pas la convergence entre pays riches et pays pauvres, même lorsque les mouvements de biens et de capitaux sont libres. En effet, en rejetant l'hypothèse de rendements décroissants sur le capital, ces modèles excluent le mécanisme économique qui génère le processus de convergence. Par endroit, ces travaux n'envisagent donc au mieux qu'une persistance des disparités ; car, des mécanismes liés à la présence de rendements croissants, viennent renforcer les



avantages initiaux caractérisant les pays. Au demeurant, *Lucas (1988)* pense même que l'ouverture et l'intégration économique peuvent retarder la convergence régionale car, le commerce entre pays peut conduire ceux-ci à se spécialiser dans des secteurs où ils disposent d'un avantage comparatif, mais où sont présents de faibles effets d'apprentissage.

Dans un second temps, **Les nouvelles théories de l'économie géographique** renforcent les nouvelles théories de croissance avec un certains nombre d'études dont celle de *Krugman (1981, 1991a, 1995)* et celle de *Baumont (1998)*. En effet, ces auteurs soulignent respectivement que l'évolution des disparités interrégionales dépend de la confrontation entre des forces centrifuges (poussant à la dispersion des activités dans l'espace) et des forces centripètes (conduisant à leur agglomération), et que les politiques d'intégration régionale – en favorisant la concentration spatiale des systèmes productifs – peuvent accroître le taux de croissance d'une zone géographique, mais ne peuvent pas améliorer la convergence entre les régions/pays.

Il ressort de la synthèse géographie-croissance que les écarts des revenus par tête entre pays/régions s'expliquent non seulement par leurs différences structurelles (taux d'épargne, taux de croissance démographique, technologie,...), mais également par la localisation et la structure du voisinage de chacun(es) d'entre eux/elles. De ce fait, l'organisation spatiale des activités productives peut avoir une influence sur le rythme de croissance relatif des régions, jusqu'à justifier les disparités entre les pays/régions en termes de performances économiques.

II. Modèle d'analyse (modèle de convergence) : Spécifications

1) Spécification mathématique⁽¹⁾

L'analyse de la convergence des revenus per capita entre pays et l'étude des déterminants de la croissance économique ont pour cadre de référence le modèle de Solow-Swan (1956), lequel fournit les équations de convergence. Celles-ci peuvent déduire, après développement, de la fonction de production du type Cobb-douglas suivante⁽²⁾ :

$$Y_t = F(K_t, A_t L_t) = K_t^\alpha (A_t L_t)^{1-\alpha}, \text{ avec } 0 < \alpha < 1 \quad [2.1]$$

Où Y est la production ; K est le stock de capital physique ; L est la force de travail et A est l'état de la technologie disponible. α est un paramètre positif compris entre 0 et 1, c.à.d. $0 < \alpha < 1$.

¹ Bofoya K. (2010), Mukendi M. (2010), Salle I. (2007), Bensidoun I. et Boone L. (1999).

² Il est à noter que, pour simplifier la présentation, les variables sont exprimées par unité de travail efficace. Ce qui signifie que chaque variable est divisée par AL . Ainsi, $\bar{k} = K/AL$ correspond au stock de capital par unité de travail efficace et $\bar{y} = Y/AL$ traduit la production par unité de travail efficace.



Si « s » est la fraction du revenu investie en capital, l'évolution de l'économie est déterminée par l'équation de la dynamique fondamentale du capital ci-dessous :

$$d\bar{k}_t = s\bar{y}_t - (g + n + \delta)\bar{k}_t = s\bar{k}_t^\alpha - (g + n + \delta)\bar{k}_t \quad [2.2a]$$

ou

$$\gamma_{\bar{k}} = s\bar{k}_t^{-(1-\alpha)} - (g + n + \delta) \quad [2.2b]$$

Avec $\bar{y}_t = Y/AL$, $\bar{k}_t = K/AL$, n est le taux de croissance de la population active L , g est le taux de croissance du progrès technique A , et δ est le taux de dépréciation du capital physique K .

A long terme, sous les conditions d'Inada, toute économie converge vers son état stationnaire ou son sentier de croissance équilibré, où les variables par tête croissent à un taux constant. Notons qu'à l'équilibre, le stock de capital et le produit par unité de travail (efficace) s'expriment comme suit :

$$\bar{k}^* = \left[\frac{s}{(g + n + \delta)} \right]^{\frac{1}{(1-\alpha)}} \quad [2.3]$$

$$\bar{y}^* = \left[\frac{s}{(g + n + \delta)} \right]^{\frac{\alpha}{(1-\alpha)}} \quad [2.4a]$$

$$y^* = A \left[\frac{s}{(g + n + \delta)} \right]^{\frac{\alpha}{(1-\alpha)}} \quad [2.4b]$$

« \bar{y}^* » est le niveau de production d'équilibre par unité de travail efficace, alors que le niveau de production d'équilibre par tête tout court est exprimé par l'expression [2.4b].

Etant donné les relations d'équilibre ci-dessus, lorsqu'on considère la différence des logarithmes comme mesure du taux de croissance, on a alors l'expression de la convergence suivante⁽³⁾ :

$$\ln \frac{Y_t}{L_t} - \ln \frac{Y_0}{L_0} = (1 - e^{-\Phi t}) \ln A_0 + (1 - e^{-\Phi t}) g t + (1 - e^{-\Phi t}) \left[\frac{\alpha}{1 - \alpha} \ln s - \frac{\alpha}{1 - \alpha} \ln(g + n + \delta) \right] - (1 - e^{-\Phi t}) \ln \frac{Y_0}{L_0} \quad [2.5]$$

Il s'agit là d'une équation de β –convergence conditionnelle du produit par tête.

³ Il sied de signaler que, dans la plupart de cas, l'équation du produit par unité de travail efficace ne fait pas l'objet d'estimation ; car, elle est difficilement observable sur le plan empirique. Cette équation se présente comme suit :

$$\ln \bar{y}_t - \ln \bar{y}_0 = -(1 - e^{-\Phi t}) \ln \bar{y}_0 + (1 - e^{-\Phi t}) \left[\frac{\alpha}{1 - \alpha} \ln s - \frac{\alpha}{1 - \alpha} \ln(g + n + \delta) \right]$$



2) Spécification économétrique

Si l'on prend l'hypothèse que $\ln A_0 = b + \varepsilon$ ⁽⁴⁾, l'équation [2.5] peut se réécrire comme suit :

$$\begin{aligned} \ln \frac{Y_t}{L_t} - \ln \frac{Y_0}{L_0} &= (1 - e^{-\Phi t})b + gt + (1 - e^{-\Phi t}) \left[\frac{\alpha}{1 - \alpha} \ln s - \frac{\alpha}{1 - \alpha} \ln(g + n + \delta) \right] \\ &\quad - (1 - e^{-\Phi t}) \ln \frac{Y_0}{L_0} + (1 - e^{-\Phi t})\varepsilon_t \end{aligned} \quad [2.6a]$$

En posant :

$$\beta_1 = (1 - e^{-\Phi t})b - (1 - e^{-\Phi t}) \ln \frac{Y_0}{L_0}, \quad \beta_2 = \frac{\alpha}{1 - \alpha} (1 - e^{-\Phi t}), \quad \varepsilon = gt + (1 - e^{-\Phi t})\varepsilon_t$$

l'équation [2.6a] devient :

$$\ln y_t - \ln y_0 = \beta_1 + \beta_2 [\ln s - \ln(g + n + \delta)] + \varepsilon \quad [2.6b]$$

Et, si l'on se propose de tester l'hypothèse de β –convergence absolue, l'équation [2.6b] s'écritra :

$$\ln y_t - \ln y_0 = \beta_1 + \beta_2 \ln y_0 + \varepsilon \quad [2.6c]$$

Avec $\beta_1 = (1 - e^{-\Phi t})b$; $\beta_2 = -(1 - e^{-\Phi t})$; et, y_0 est le niveau de production par unité de travail à la période initiale « 0 ».

Pour calculer la vitesse de convergence (Φ) et la demi-vie « Γ » (C'est la durée nécessaire pour qu'une économie arrive à combler la moitié de son écart par rapport à l'état stationnaire), l'on part de l'expression [2.6c] en procédant comme suit :

$$\begin{aligned} \beta_2 &= -(1 - e^{-\Phi t}) \rightarrow e^{-\Phi t} = (1 + \beta_2) \rightarrow -\Phi * t * \ln e = \ln(1 + \beta_2) \rightarrow \\ \Phi &= -\frac{\ln(1 + \beta_2)}{t}, \quad \text{avec } t = k \end{aligned}$$

Etant donné « Φ », l'on peut exprimer la demi-vie comme suit : $\Gamma = -\frac{\ln 0,5}{\Phi}$ ou $\Gamma = \frac{\ln 2}{\Phi}$. A titre illustratif, si $\Gamma = 15$ années, cela signifie que 50% des écarts entre pays (soit en termes de niveau de vie ou PIB par tête) sera résorbé par un processus de convergence qui devra durer 15 ans.

Par rapport aux données sous-étude, notre modèle de beta convergence absolue [2.6c] s'écritra plutôt :

$$DLPIBH = \beta_1 + \beta_2 LPIBH_{1970} + \varepsilon \dots \dots [2.6d]$$

Avec : $\beta_1 > 0$, $\beta_2 < 0$ et $\varepsilon \sim Nid(0, \sigma^2)$

⁴ Le terme A_0 , qui reflète la technologie et bien d'autres facteurs propres aux pays tels que les institutions ; le climat ; les dotations en ressources naturelles ; le niveau de corruption ; etc., est supposé inconnu et susceptible d'être estimé comme suit : $\ln A_0 = b + \varepsilon$, avec b le niveau de technologie et ε les facteurs sus évoqués pouvant expliquer la dynamique du taux de croissance des pays (Salle I., 2007).



NB : $DLPIBH = \frac{1}{T}(\ln y_t - \ln y_0)$, $LPIBH_{1970} = \ln y_0$, $\beta_1 = (1 - e^{\Phi t})b$,

$\beta_2 = -(1 - e^{\Phi t})$ et $T = k - t$ (nombre de périodes)

III. Estimations et interprétations

a) Les données : Nature et source

- ▶ **Source** : Les données faisant l'objet de notre analyse portent sur les Etats membres de la zone Euro/Union Européenne⁵, soient 24 pays (la Lettonie n'entre pas en compte vu l'indisponibilité des données sur la base considérée), et couvrent la période 1970 – 2003. Elles sont recueillies sur la base des données macroéconomiques internationales de la Penn World-Table (Cfr : <http://pwt.econ.upenn.edu>).
- ▶ **Nature** : Dans le cadre de cette étude, les variables prises en compte pour juger de la convergence économique au sein de l'UE, à l'image de la théorie économique en la matière, sont entre autres :

Tableau i : Variables utilisées⁶

Variables	Descriptions
DLPIBH	Taux de croissance des PIB par habitant
LPIBH₁₉₇₀	PIB par habitant initial pour l'année 1970 (ou retardé d'une année) en logarithme : Cette variable permet de juger de la convergence économique ou pas.
LPIBH₂₀₀₃	PIB par habitant pour l'année 2003 en logarithme

b) Analyses descriptives

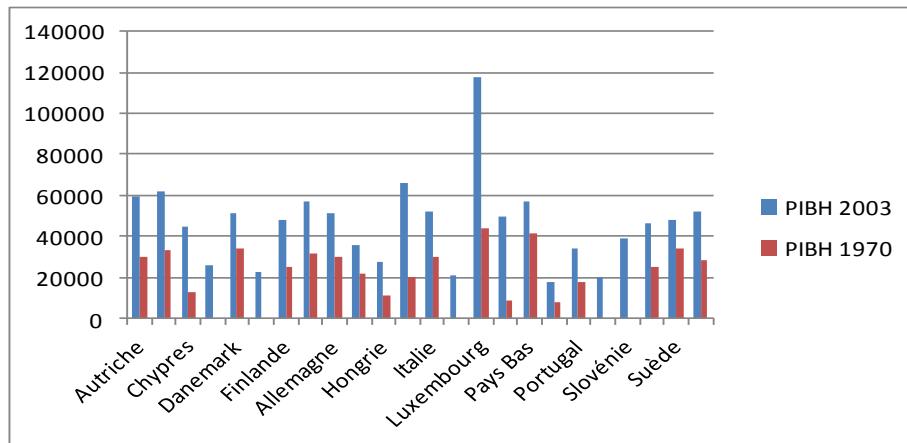
Quant à l'évolution des niveaux de vie au sein de l'UE, entre 1970 et 2003, le graphique ci-dessous laisse lire une amélioration pour presque tous les pays (nous nous réservons pour les pays dont les données sont indisponibles en 1970 : République Tchèque, Estonie, Lituanie, Slovaquie et Slovénie), bien qu'ils n'aient pas tous le même niveau de développement en 2003 (pas de rapprochement significatif : présomption de la divergence économique), avec le Luxembourg à la tête pour un PIBH à USD 117 759 en 2003 contre 43 674 en 1970.

⁵ Sur la période considérée, l'UE comptait 25 membres.

⁶ Notons que le PIB par tête (variable en niveau) est exprimé en unités de USD détenues par habitant (il s'agit d'un PIBH au prix constant de 2000).



Graphique 1 : Evolution des niveaux de vie dans l'UE entre 1970 et 2003



Source : l'auteur (sur base des données de la Pen World-Table)

Plusieurs facteurs peuvent justifier cette amélioration, entre autres le volume des échanges inter ou intra-zones (l'ouverture économique), et aussi le niveau des richesses/développement initial de chaque pays membre. Parlant du niveau de développement (richesses), le constat est que le Luxembourg et l'Irlande, suivi de la Belgique, sont restés – sur toute la période (de 1970 à 2003) – les trois pays plus riches de la zone, de par leurs niveaux de PIBH plus élevés en 2003, alors que la Pologne ne cesse de croupir aux raz des pâquerettes (Cfr nos commentaires sur le « tableau iii » un peu plus bas).

Précisons aussi que, si l'on s'en tient aux données ci-dessous (Cfr tableau ii) :

- Les Etats membres de l'UE ont vu leurs richesses par tête croître à un taux moyen cumulé de 73,5% sur toute la période (soit en moyenne 2,16% par an) ;
- Dans l'UE, 50% de pays connaissent un taux de croissance moyen cumulé du PIBH à 62,90% (soit en moyenne 1,85% par an) ;
- Entre 2003 et 1970, l'écart-type est passé de 10.458,88 à 20.021,63 : d'où, accroissement des inégalités (présomption de la divergence économique).

Tableau ii : Statistiques descriptives calculées

	DLPIBH	PIBH2003	PIBH1970
Mean	0.735639	51405.21	25596.58
Median	0.629031	51296.57	27944.32
Maximum	1.698568	117759.0	43674.45
Minimum	0.319942	17574.77	7491.390
Std. Dev.	0.343992	20021.63	10458.88
Skewness	1.306104	1.669992	-0.226254
Kurtosis	4.350912	7.754779	2.186108
Jarque-Bera	6.846806	26.72937	0.686521
Probability	0.032601	0.000002	0.709453
Sum	13.97715	976698.9	486335.0
Sum Sq. Dev.	2.129945	7.22E+09	1.97E+09
Observations	19	19	19

Source : l'auteur (données de la Pen World-Table), avec EViews 5



Par ailleurs, à l'image du « tableau iii » suivant :

Tableau iii : Résumé sur les niveaux de vie des membres de l'UE

Pays⁷		PIBH₂₀₀₃	PIBH₁₉₇₀	DLPBH En %
Riches	Pauvres			
<i>Luxembourg</i>		117.759	43.674,45	99,19
<i>Irlande</i>		65.924,62		117,70
<i>Belgique</i>		61.541,37		60,98
<i>Pays-Bas</i>			41.240,12	
<i>Danemark</i>			34.349,9	
	<i>Pologne</i>	17.574,77	7.491,39	
	<i>Slovaquie</i>	19.745,86	-	
	<i>Lituanie</i>	21.033,91	-	
	<i>Malte</i>	49.243,93	9.008,95	169,86
	<i>Hongrie</i>	27.205,46	10.779,70	
	<i>Chypre</i>	44.362,71	12.836,1	124,01
<i>PIBH (taux DLPBH) moyen</i>		51.405,21	25.596,58	73,56
<i>Ecart-type du PIBH</i>		20.021,63	10.458,88	
<i>Pays dont PIBH > moyenne</i>		10	11	11
<i>Médiane du PIBH</i>				62,90

Précisons ce qui suit :

- Dans l'UE, en 2003, environ 10 pays sur 24 affichent des PIBH au dessus de la moyenne fixée à USD 51.405,21 par tête ; alors qu'en 1970, il y en avait 11 sur 24 pour une moyenne à USD 25.596,58 par tête⁸. L'on note ainsi la persistance, si pas accroissement, des disparités des niveaux de vie au sein de l'UE en moyenne, entre 1970 et 2003 (augmentation de pays pauvres⁹), malgré l'amélioration globale des niveaux de vie (housse du PIBH moyen) ;
- En 2003 comme en 1970, le *Luxembourg* s'est singularisé par des niveaux de PIBH les plus élevés de la région, ce qui le caractérise comme le pays le plus riche de la région pendant la période sous étude. La *Pologne*, par contre, s'est distingué par des niveaux de PIBH les plus bas de la région, en 1970 comme en 2003, lui conférant ainsi la caractéristique d'être le pays s'étant maintenu à des niveaux de pauvreté les plus criants de la région (il ne cesse d'occuper le 1^{er} rang dans le peloton de pays pauvres). Dans le même contexte, comptons également *Malte*, *Chypre* et *Hongrie* parmi les pays pauvres en 1970 qui ont malheureusement maintenu le même statut en 2003 (Cfr PIBH) ;

⁷ Les pays riches sont ceux qui ont les PIBH (soit les taux de croissance « DLPBH ») les plus élevés de la zone, et les pauvres les moins élevés. L'on remarquera que les pays sont parfois classés par ordre d'importance/richesses et de pauvreté.

⁸ Si l'on s'en tient au taux de croissance (DLPBH), le constat est le même : 11 pays en dessous de la moyenne.

⁹ Dans ce contexte, un pays est caractérisé de pauvre s'il accuse un PIBH inférieur à la moyenne zonale (moyenne de la région).



- Contrairement à la Pologne (Malte, Hongrie ou Chypre), certains pays se sont montrés plutôt efficaces jusqu'à changer la donne, passant de la liste des pays pauvres en 1970 pour s'aligner parmi les riches en 2003 ; Il s'agit entre autres de l'Irlande et la Belgique qui ont vu leurs PIBH passés respectivement de USD 20.319 à 65.925 et de USD 33.446 à 61.541, entre 1970 et 2003. Par contre, d'autres pays ont été moins efficaces jusqu'à s'appauvrir en 2003, pourtant riches en 1970 ; il s'agit du Pays-Bas et du Danemark. Dans le même ordre d'idées, l'inefficacité de la Slovaquie et de la Lituanie se traduit par le fait qu'elles s'alignent aussi parmi les pauvres en 2003 (faute de données en 1970, nous ne savons porter un jugement sur leurs évolutions) ;
- Si l'on s'en tient plutôt au taux de croissance du PIBH (DLPIBH), les propos sont à nuancer concernant la richesse de la Belgique, cette dernière cédant la place à Malte et Chypre qui, sur la période considérée, affichent des taux de croissance cumulés les plus élevés de la région (soient 169,86% et 124,01%, respectivement). Viennent ensuite l'Irlande et le Luxembourg qui se sont maintenus comme riches avec des taux de croissance à 117,70% et 99,19% respectivement.

c) Estimations

Tableau iv : Résultats d'estimations par les MCO (EViews 5 et 6)

	Modèle 1	Modèle 2	Modèle 3
<i>Constante</i>	5,22* (0,0005)	4,41* (0,0000)	0,33* (0,0000)
<i>LPIBH1970</i>	-0,45* (0,0020)	-0,37* (0,0000)	-0,028* (0,0000)
<i>DUMH</i>		0,52* (0,0000)	0,04* (0,0000)
<i>DUMB</i>		-0,17* (0,0076)	-0,0132* (0,0000)
<i>R2</i>	0,44	0,944	0,944
<i>R2 Ajusté</i>	0,407	0,933	0,933
<i>AIC</i>	0,28	-1,82	-6,95
<i>SIC</i>	0,38	-1,62	-6,75
<i>DW</i>	1,28	2,017	2,017
<i>Vitesse convergence</i>	1,76%	1,36%	0,09%
<i>Demi-vie</i>	39 ans	51 ans	34 ans
<i>N</i>	19	19	19

*: significatif à 1%

Note : Les modèles se différencient comme suit :



- Modèle 1 : $DLPIBH = f(LPIBH_{1970})$;
- Modèle 2 : $DLPIBH = f(LPIBH_{1970}, DUMH, DUMB)$;
- Modèle 3 : $DLPIBHM = f(LPIBH_{1970}, DUMH, DUMB)$.

Avec¹⁰ :

- $DLPIBH = LPIBH_{2003} - LPIBH_{1970}$: taux de croissance cumulé du PIB par habitant entre 2003 et 1970 ;
- $DLPIBHM = (LPIBH_{2003} - LPIBH_{1970})/34$: taux de croissance moyen du PIB par habitant entre 2003 et 1970 ($t = 34$: nombre d'années entre les deux dates) ;
- $DUMH$: Après estimation du Modèle 1, cette variable dichotomique/dummy est créée pour corriger le modèle estimé des observations aberrantes (celles figurant au dessus de la droite de régression. Ainsi, selon nous, $DUMH$ signifie « Dummy Haut ») ; et,
- $DUMB$: Après estimation du Modèle 1, cette variable dichotomique/dummy est créée pour corriger le modèle estimé des observations aberrantes (celles figurant en dessous de la droite de régression. Ainsi, selon nous, $DUMB$ signifie « Dummy Bas »).

Tous ces trois modèles, mis en compétition, ont été estimés sur EViews 5 et 6 par les MCO. Comme on peut l'observer, nous nous sommes passés du test de stationnarité vu qu'on est en présence de séries individuelles/transversales. Aussi, précisons que $DLPIBH=f(LPIBH_{2003} - LPIBH_{1970})$ et $LPIBH_{1970}$ sont à considérer comme deux variables différentes, ce qui rend inopportun l'approche économétrique par les données de panel. D'où le recours aux MCO pour estimer ces modèles de régression multiple.

d) Interprétation des résultats

Dans le cadre de cette étude, rappelons le, trois modèles de régression linéaire ont été estimés (Cfr résultats d'estimation ci-haut ou en annexe), parmi lesquels un seul est retenu – parce que jugé optimal et réaliste – et fait l'objet de notre interprétation (il s'agit du modèle 2). Toutefois – pour des raisons essentiellement pédagogiques – dans l'optique d'interprétation de résultats d'estimation, nous procérons de manière à rendre évident le passage du modèle 1 au modèle 2, le modèle 3 étant facultatif.

► **Modèle 1 estimé** : il ressort de l'estimation du modèle 1 ce qui suit :

- Sur le plan statistique, le modèle considéré ne semble pas bon du fait de son faible pouvoir prédictif ou explicatif du phénomène étudié (la convergence économique dans l'UE) : Seulement 44% de la dynamique des niveaux de vie au sein de l'UE est expliquée par le modèle tel qu'estimé ($R^2=0.44$), lequel

¹⁰ NB : La différence de logarithmes du PIB par habitant est le proxy du taux de croissance dans le modèle de Solow (ce qui est toutefois évident).



modèle signale l'omission de variables pertinentes si l'on s'en tient à la statistique calculée de Durbin-Watson ($DW = 1,28$: plus de chance de tomber dans la zone de doute ou celle d'autocorrélation). Toutefois, tous les paramètres estimés étant statistiquement significatifs à 1% ($prob-t student < 1\%$), le modèle 1 estimé porte à croire à l'existence d'un phénomène de rattrape des pays riches par les pauvres entre 1970 et 2003 (convergence économique¹¹ au sein de l'UE).

- o Sur le plan économique, les résultats d'estimation (bien que globalement moins bons) vérifient l'hypothèse de convergence économique dans l'UE. L'on observe que les pays disposant des niveaux de richesse initial ($PIBH_{1970}$) moins élevés (donc les pauvres) croissent plus vite que les riches (ceux qui ont des $PIBH$ plus élevés)¹², ce qui est rassurant pour un rattrapage des riches par les pauvres à long terme. D'ailleurs, le « *tableau iv* » et le « *graphique 2* » ci-dessous illustrent nos propos :

Tableau v : Richesse initiale ($PIBH_{1970}$) et taux de croissance ($DPIBH$)

Pays	$PIBH_{1970}$	$DPIBH$ (%)*	$DPIBH$ (%)**
Malte	9.008,95	169,86	4,996
Chypres	12.319	124,01	3,65
Irlande	20.319	117,70	3,46
Luxembourg	43.674,45	99,19	2,92

Source : l'auteur (sur base de données de la Pen World-Table)

* : Taux de croissance cumulé du PIB par habitant

** : Taux de croissance moyen (par an) du PIB par habitant ($DPIBH^*/34$)

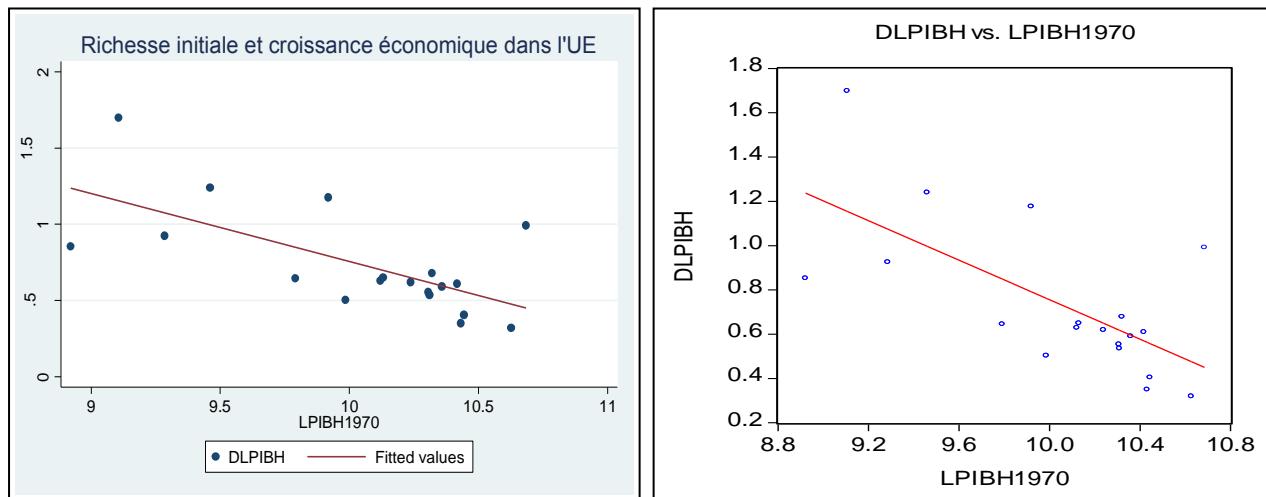
Note : Du moins les 3 premiers pays ont de $PIBH_{1970} <$ à la moyenne de USD 25.596,58 en 1970, ils sont pauvres : autant dire que les pauvres ont connu des taux de croissance de richesse par tête plus élevés que les riches.

Graphique 2 : Evolution des niveaux de vie dans l'UE entre 1970 et 2003

¹¹ L'on notera qu'il s'agit là de la convergence absolue (indépendamment des caractéristiques structurelles ou de variables de conditionnement/d'équilibre : variables de contrôle).

¹² Et inversement, c.à.d. les riches croissent moins vite que les pauvres (c'est le cas de la Luxembourg, Pays-Bas, etc.).





Source : L'auteur (droite de régression tracée sur Stata et EViews après estimation du modèle 1 par les MCO)

En effet, la significativité du niveau de richesse/développement initial ($LPIBH_{1970}$) – lequel est fonction des conditions structurelles du pays – couplée au signe attendu de son paramètre estimé (négatif) aide à observer une convergence économique au sein de l'UE à la vitesse de 1,76% l'an. Autrement dit, environ 2% d'écart de niveaux de vie entre les riches et les pauvres sont résorbés chaque année, si bien que les pays de l'UE auront à mettre 39 ans s'ils espèrent voir 50% d'écart de niveaux de vie entre eux se résorber (Demi-vie : 39 ans). Aussi, signalons que les systèmes et structures économiques des Etats membres de l'UE (pris dans l'ensemble) sont favorables à l'amélioration des niveaux de vie de la zone (terme constant estimé « positif »).

Note : Pour corriger le modèle 1 estimé des observations aberrantes (celles figurant au dessus tout comme en deçà de la droite de régression), nous avons intégré deux variables dichotomiques/qualitatives ou dummy (soient DUMH et DUMB) dans l'estimation (ce qui fait l'objet du modèle 2), espérant qu'elles ajoutent une information pertinente de nature à améliorer les résultats du modèle 1 estimé.

→ **Modèle 2 estimé** : il ressort de l'estimation du modèle 2 ce qui suit :

- o Sur le plan statistique, visiblement la correction apportée valait la peine parce que le modèle retenu ici semble¹³ bon du fait de son fort pouvoir prédictif ou explicatif du phénomène étudié (la convergence économique dans l'UE) : l'on notera qu'il explique 94% de la dynamique des niveaux de vie au sein de l'UE ($R^2=0.944$) et ne signale pas d'omissions de variables pertinentes au regard de la statistique calculée de Durbin-Watson (DW = 2,017 : plus de chance de tomber dans la zone d'absence d'autocorrélation).

¹³ Nous utilisons ce verbe pour marquer notre réserve en attendant voir les conclusions découlant d'une batterie de tests post-estimations.

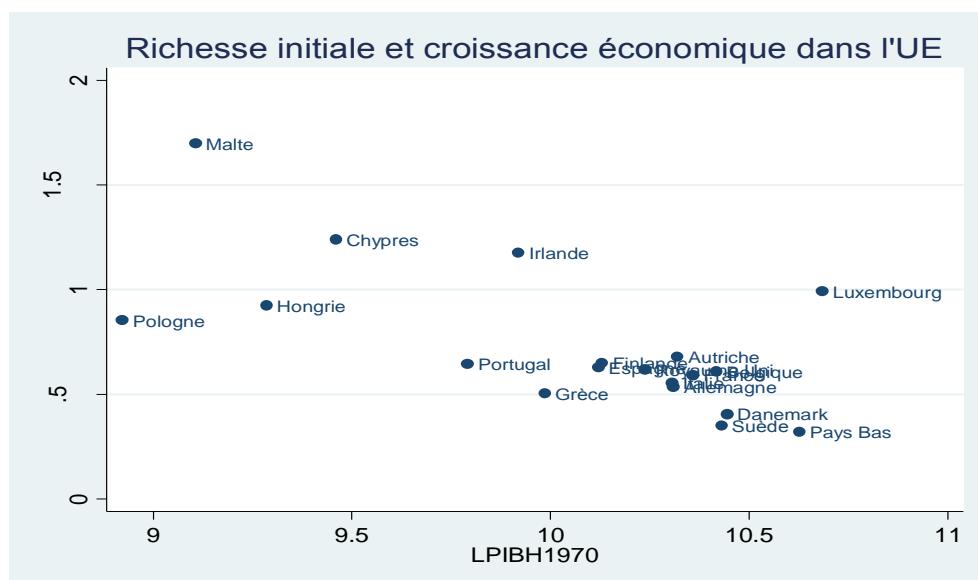


En outre, tous les paramètres estimés restent statistiquement significatifs à 1% (prob-t student < 1%), ce qui amène à confirmer l'hypothèse de convergence économique au sein de l'UE. Comme on le constate, le modèle 2 est préférable au modèle 1 du fait que non seulement il ajoute des informations supplémentaires pertinentes et significatives/améliore l'analyse (grâce aux variables qualitatives DUMH et DUMB), mais aussi le modèle 2 offre les valeurs d'Akaike/AIC et Schwarz/SIC plus minimales que celles produites par le modèle 1 estimé. Par ailleurs, au regard de tests post-estimation (test d'absence d'autocorrélation des erreurs, normalité des résidus, bruit blancs, absence d'hétéroscédasticité, bonne spécification du modèle et stabilité des paramètres), précisons que le modèle 2 satisfait les hypothèses sous-tendant l'utilisation des MCO (inférence réussie).

- o Sur le plan économique, nous observons une convergence économique au sein de l'UE à la vitesse de 1,36% l'an. Autrement dit, moins de 2% d'écart de niveaux de vie entre les riches et les pauvres sont résorbés chaque année. Malheureusement, les systèmes et structures économiques des pays de l'UE (pris dans l'ensemble) – bien que favorables à l'amélioration des niveaux de vie de la zone (terme constant estimé « positif ») – sont tel qu'ils auront à consacrer 51 ans pour espérer voire 50% d'écart de niveaux de vie entre eux se résorber (Demi-vie : 51 ans).

Par ailleurs, considérant les pays pour lesquels les taux de croissance ont été surévalués (DUMH) ou sous-évalués (DUMB) dans le modèle 1 estimé, et intégrant cet aspect d'analyse (le graphique 3 ci-dessous permet de repérer ces pays), il sied de noter ce qui suit :

Graphique 3 : Evolution des niveaux de vie dans l'UE entre 1970 et 2003 (sans droite)



Source : l'auteur (sur base des données de la Penn World-Table), sur Stata 9.



- o **Cas 1 : Les pays pour lesquels les taux de croissance ont été surévalués (DUMH)**

Comme on peut le lire sur le graphique ci-haut, 4 pays ont vu leurs taux de croissance par tête être surévalués (*ils apparaissent au dessus de la droite de régression* : Cfr graphique 2 précédent), il s'agit de : **Malte, Chypre, Irlande et Luxembourg**. Pour intégrer cet aspect dans l'estimation, la variable dichotomique « DUMH » est créée comme suit :

$$DUMH = \begin{cases} 1 & : \text{pays où } DLPIBH \text{ est surévalué} \\ 0 & : \text{ailleurs} \end{cases}$$

Pour ces quatre pays, le modèle 2 estimé (modèle 1 corrigé) s'écrit alors :

$$DLPIBH = (4,41 + 0,52) - 0,37 * LPIBH_{1970} = 4,93 - 0,37 * LPIBH_{1970}$$

Ce qui revient à dire que ces 4 pays présentent des structures économiques *favorables* à l'amélioration des niveaux de vie de la région (*ils sont considérés comme acteurs à la base des pôles de croissance*) : En effet, le terme constant estimé pour ces 4 pays est plus élevé que celui estimé pour l'ensemble de la région (soit $4,93 > 4,41$).

- o **Cas 2 : Les pays pour lesquels les taux de croissance ont été sous-évalués (DUMB)**

Restons sur le même graphique ci-haut pour observer encore 4 pays avec des taux de croissance par tête sous-évalués (*ils apparaissent en dessous de la droite de régression* : Cfr graphique 2 précédent), il s'agit de : **Pologne, Portugal, Grèce et Suède**. Pour intégrer cet aspect dans l'estimation, la variable dichotomique « DUMB » est créée comme suit :

$$DUMB = \begin{cases} 1 & : \text{pays où } DLPIBH \text{ est sous - évalué} \\ 0 & : \text{ailleurs} \end{cases}$$

Pour ces quatre pays, le modèle 2 estimé (modèle 1 corrigé) s'écrit alors :

$$DLPIBH = (4,41 - 0,17) - 0,37 * LPIBH_{1970} = 4,24 - 0,37 * LPIBH_{1970}$$

Ce qui revient à dire que ces 4 pays présentent des structures économiques *défavorables* à l'amélioration des niveaux de vie de la région (*ils sont considérés comme appauvrissant*) : En effet, le terme constant estimé pour ces 4 pays est moins élevé que celui estimé pour l'ensemble de la région (soit $4,24 < 4,41$).



Conclusion et Recommandations

Cette étude, intitulée « Examen de la convergence économique au sein de l'Union Européenne: Approche économétrique », a eu pour objet principal l'analyse de l'évolution des niveaux de vie au sein de l'UE et la vérification de l'hypothèse de convergence absolue (réelle). Pour ce faire, nous avons combiné la méthode descriptive avec les techniques économétriques.

En effet, sur le plan descriptif, l'on notera de façon globale une amélioration des niveaux de vie pour presque tous les pays de la région (entre 1970 et 2003), malheureusement accompagnée des inégalités/disparités. Sur la période sous étude, le Luxembourg et la Pologne sont restés respectivement plus riche et plus pauvre dans la région, considérant leur PIB par habitant. Dans la même logique, pendant que l'Irlande et la Belgique se montrent efficaces à s'aligner parmi les riches en 2003, pourtant pauvres en 1970, le Pays-Bas et le Danemark – riches en 1970 – inondent le peloton des pays pauvres.

Par ailleurs, pour tester l'hypothèse de ratrappage des pays riches par les pays pauvres (convergence économique réelle ou absolue), nous avons estimé des modèles de régression simple/multiple par les MCO. Le modèle retenu est celui de Robert Solow (1957). De par sa construction, il offre un cadre optimal d'analyse de questions de convergence économique. En effet, après avoir estimé un modèle de beta convergence absolue, les résultats attestent l'existence d'un processus de convergence économique au sein de l'UE à la vitesse de 1,36% l'an. Autrement dit, moins de 2% d'écart de niveaux de vie entre les riches et les pauvres sont résorbés chaque année. Malheureusement, les systèmes et structures économiques des pays de l'UE (pris dans l'ensemble) – bien que favorables à l'amélioration des niveaux de vie de la zone (terme constant estimé « positif ») – sont tel qu'ils auront à consacrer 51 ans pour espérer voire 50% d'écart de niveaux de vie entre eux se résorber (Demi-vie : 51 ans). A cela s'ajoute que 4 pays présentent des structures économiques favorables à l'amélioration des niveaux de vie de la région (ils sont considérés comme acteurs à la base des pôles de croissance), à savoir : Malte, Chypre, Irlande et Luxembourg. Dans le même ordre d'idées, encore 4 pays présentent des structures économiques plutôt défavorables à l'amélioration des niveaux de vie de la région (ils sont considérés comme appauvrissant), il s'agit de : Pologne, Portugal, Grèce et Suède.

Au vu des résultats auxquels nous avons aboutit, nous recommandons aux autorités de l'UE ce qui suit : (i) Mettre en place un plan social de nature à réduire les inégalités des niveaux de vie entre membres (subventions, politique de soutenabilité des dettes, etc.) ; (ii) Définir des critères de convergence macroéconomique et Mettre en place des réformes aux fins d'harmoniser les structures économiques des membres et relever leur niveau de développement structurel ; et (iii) Prendre des mesures incitatives à la croissance économique pour accélérer le processus de convergence économique dans la zone Euro (libéralisation, investissement en recherche et développement).



Références Bibliographiques

Akkani-Honvo A. (2004), « Intégration régionale, effets frontières et convergence ou divergence des économies en développement », in Région et Développement, n° 17, Paris, pp. 109-143.

Allaoui Z. et Chkir A. (2006), « Mondialisation, convergence et croissance économique : Une analyse par les données de panel » (disponible sur <http://mpra.ub.uni-muenchen.de/7306>).

Araujo C., Brun J-F et Combes J-I (2008), « Econométrie », éd. Bréal, 2^{ème} édition, Rome, 312 p.

Bensidoun I. et Boone L. (1999), « La notion de convergence », éd. La découverte, collections repères/CEPII, pp. 94-103.

Bofoya Komba (2010), « Modèles macroéconomiques », éd. Galimage, 177 p.

Boudjema Mourad (2010), « Echec de l'intégration de l'Union du Maghreb Arabe (UMA) », mémoire de Master, Québec.

Bourbonnais Regis (2009), « Econométrie : Manuel et exercices corrigés », éd. DUNOD, 7^{ème} édition, Paris, 373 p

Casin Phillippe (2009), « Econométrie : Méthodes et applications avec EViews », éd. TECHNIP, Paris, 224 p.

Devilé Hervé (2003) : « L'intégration des espaces économiques : politiques commerciales et économiques », éd. Academia Bruyant/Coll. Pédasup, 206 p.

Diemer Arnaud, « Théorie de la croissance endogène et principe de convergence », 14 p.

Dominique Laffly (2006), « Régression multiple : principes et exemples d'application », Université de Pau et des pays de l'Adour/UMR 5 603 CNRS, 33 p.

Doucouré Fodiye B. (2008), « Méthodes économétriques : Cours et travaux pratiques », 5^{ème} édition, Dakar, 511 p.

El Fillali, « Quelle intégration pour un développement autocentré du Maghreb à l'ère de la mondialisation ?», mars 2010.

Glachant J. et Vellutini C. (2001), « Intégration économique et convergence des revenus », in Economie Internationale, n°85, pp. 83-89.

Henner H-F. (2008), « Convergence et divergence entre nations au sein d'une intégration économique », cours du NPTCI, Août, 16 p.

Hugon Philippe (2003), « Les économies en développement à l'heure de la régionalisation », éd. KHARTALA, 335 p.



Kibala K.J. (2014), « Intégration régionale, externalités spatiales et convergence économique : Cadre théorique, revue de littérature et modélisation (guide méthodologique des études sur la nouvelle synthèse géographie-croissance) », inédit.

Kibala Kuma J. (2010), « Intégration régionale, agglomérations naturelles et convergence économique au sein de la SADC : Approche économétrique », mémoire/Licence, IRES/FASEG/UNIKIN, 48 p.

Kintambu Mafuku E. G. (2003), « Exercices corrigés d'Econométrie », inédit, 119 p.

Kintambu Mafuku E. G. (2012), « Principes d'Econométrie », Presses de l'Université Kongo, 4^{ème} édition, Kinshasa, 285 p.

Kouadio K.H. (2008), « Intégration économique, développement et croissance », Thèse, Paris, 349 p.

Marien B. et Beaud J-P. (2003), « Guide pratique pour l'utilisation de la statistique en recherche : le cas des petits échantillons », Québec, 47 p.

Masweka (2006), « Convergence du taux de croissance des économies : Cas des pays européens, de 1970 à 2003 », mémoire/Licence, IRES/FASEG/UNIKIN.

Mignon Valery (2008), « Econométrie : Théorie et applications », éd. ECONOMICA, paris, 370 p.

Mukoko Samba (2007), « Statistique descriptive », éd. Rehobot Print Service, Kinshasa, 209 p.

Ndiaye O. (2006), « UEMOA : une intégration économique à deux vitesses à travers des clubs de Convergence », 7èmes journées scientifiques du réseau Analyse Économique et Développement de l'AUF.

Opara Opimba L. (2010), « L'impact de la dynamique de l'intégration régionale sur les pays de la SADC : Une analyse théorique et empirique », Thèse, Avril, 421 p.

Pambu Pambu (2010), « Examen de la convergence économique dans les zones SADC, CEEAC et CEPGL », mémoire de DEA/NPTCI-Kinshasa, 94 pages.

Pétry François et Gélineau François, « Guide pratique d'introduction à la régression en sciences sociales – Deuxième édition revue et augmentée », 42 p.

Salle Isabelle (2007), « Fondements théoriques et base méthodologique de l'analyse empirique de la notion de convergence économique ».

Tillé Yves (2008), « Résumé du cours de statistique descriptive », inédit, 120 p.



ANNEXES



ANNEXE 1 : Résultats sur EViews

a) Estimation

➤ Estimation du modèle 1 par les MCO

Dependent Variable: DLPIBH				
Method: Least Squares				
Sample: 1 24				
Included observations: 19				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	5.217861	1.228360	4.247828	0.0005
LPIBH1970	-0.446208	0.122134	-3.653423	0.0020
R-squared	0.439822	Mean dependent var	0.735639	
Adjusted R-squared	0.406870	S.D. dependent var	0.343992	
S.E. of regression	0.264925	Akaike info criterion	0.280560	
Sum squared resid	1.193148	Schwarz criterion	0.379974	
Log likelihood	-0.665317	F-statistic	13.34750	
Durbin-Watson stat	1.282385	Prob(F-statistic)	0.001967	

➤ Estimation du modèle 2 par les MCO

Dependent Variable: DLPIBH				
Method: Least Squares				
Sample: 1 24				
Included observations: 19				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	4.408622	0.468776	9.404546	0.0000
LPIBH1970	-0.372938	0.045737	-8.153946	0.0000
DUMH	0.520240	0.055733	9.334480	0.0000
DUMB	-0.172382	0.055899	-3.083817	0.0076
R-squared	0.944203	Mean dependent var	0.735639	
Adjusted R-squared	0.933043	S.D. dependent var	0.343992	
S.E. of regression	0.089011	Akaike info criterion	-1.815440	
Sum squared resid	0.118846	Schwarz criterion	-1.616610	
Log likelihood	21.24668	F-statistic	84.60978	
Durbin-Watson stat	2.016856	Prob(F-statistic)	0.000000	

_____ Illustration : Calcul de la vitesse de convergence et la demi-vie (Modèle 2 ci-dessus) :

$$\phi = -\frac{\ln(1 + \beta_2)}{t} = -\frac{\ln(1 - 0,37)}{34} = 0,01359 \times 100 = 1,359\%$$



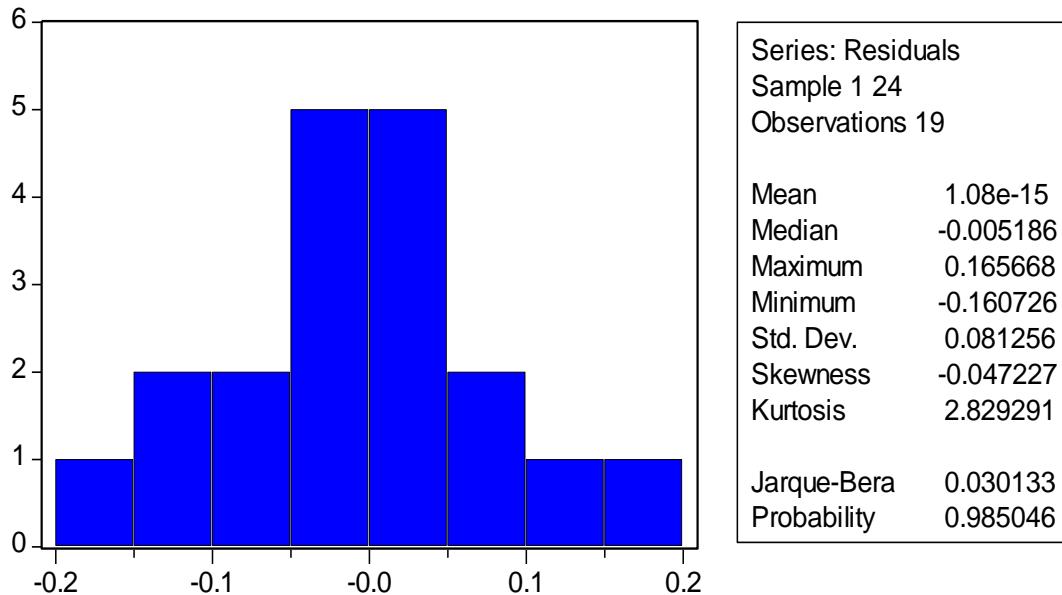
$$\Gamma = -\frac{\ln 0,5}{\Phi} = -\frac{-0,69315}{0,01359} = 51 \text{ ans}$$

➤ Estimation du Modèle 3 par les MCO

Dependent Variable: DLPIBHM				
Method: Least Squares				
Date: 07/21/14 Time: 15:38				
Sample: 1 24				
Included observations: 19				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.339125	0.036060	9.404546	0.0000
LPIBH1970	-0.028688	0.003518	-8.153946	0.0000
DUMH	0.040018	0.004287	9.334480	0.0000
DUMB	-0.013260	0.004300	-3.083817	0.0076
R-squared	0.944203	Mean dependent var	0.056588	
Adjusted R-squared	0.933043	S.D. dependent var	0.026461	
S.E. of regression	0.006847	Akaike info criterion	-6.945338	
Sum squared resid	0.000703	Schwarz criterion	-6.746509	
Log likelihood	69.98071	F-statistic	84.60978	
Durbin-Watson stat	2.016856	Prob(F-statistic)	0.000000	

b) Diagnostics/inférence (Cfr Modèle 2 estimé)

➤ Normalité des erreurs



➤ Autocorrélation des erreurs

LM-test

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:				
F-statistic	1.097814	Probability	0.362627	
Obs*R-squared	2.745324	Probability	0.253431	
Test Equation:				
Dependent Variable: RESID				
Method: Least Squares				
Date: 07/21/14 Time: 12:15				
Presample and interior missing value lagged residuals set to zero.				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.087245	0.514435	0.169594	0.8679
LPIBH1970	-0.008920	0.050847	-0.175437	0.8634
DUMH	0.010576	0.056266	0.187970	0.8538
DUMB	0.000524	0.063325	0.008280	0.9935
RESID(-1)	-0.108033	0.417227	-0.258932	0.7997
RESID(-2)	-0.296055	0.320896	-0.922588	0.3730

ARCH-test

ARCH Test:				
F-statistic	1.782346	Probability	0.206637	
Obs*R-squared	1.810493	Probability	0.178449	
Test Equation:				
Dependent Variable: RESID^2				
Method: Least Squares				
Date: 07/21/14 Time: 12:17				
Sample (adjusted): 2 24				
Included observations: 14 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.004153	0.003011	1.379252	0.1930
RESID^2(-1)	0.419913	0.314531	1.335045	0.2066



➤ Hétéroscédasticité (sans termes croisés)

White Heteroskedasticity Test:				
F-statistic	1.999430	Probability		0.149923
Obs*R-squared	6.907838	Probability		0.140839
Test Equation:				
Dependent Variable: RESID^2				
Method: Least Squares				
Date: 07/21/14 Time: 12:18				
Sample: 1 24				
Included observations: 19				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.671244	0.752249	0.892316	0.3873
LPIBH1970	-0.131289	0.153385	-0.855945	0.4064
LPIBH1970^2	0.006460	0.007803	0.827825	0.4217
DUMH	0.007303	0.004958	1.473022	0.1629
DUMB	-0.005289	0.004943	-1.070049	0.3027

➤ Test de bruit blanc

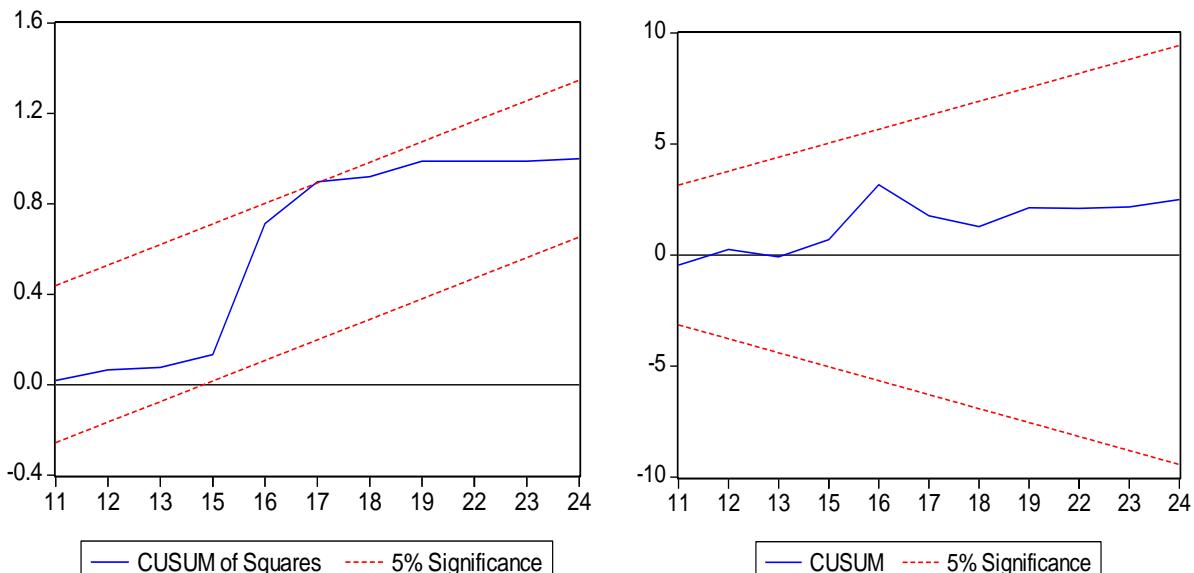
Autocorrelation Partial Correlation AC PAC Q-Stat Prob							
1	0.240	0.240	1.2800	0.258			
2	0.202	0.153	2.2341	0.327			
3	-0.042	-0.130	2.2787	0.517			
4	-0.087	-0.091	2.4789	0.648			
5	-0.140	-0.078	3.0414	0.694			
6	-0.227	-0.171	4.6224	0.593			
7	-0.248	-0.164	6.6738	0.464			
8	-0.195	-0.085	8.0514	0.428			
9	-0.091	-0.020	8.3820	0.496			
10	-0.125	-0.152	9.0780	0.525			
11	-0.026	-0.062	9.1104	0.612			
12	0.000	-0.047	9.1104	0.693			



➤ Test de bonne spécification

Ramsey RESET Test:				
F-statistic	0.169056	Probability	0.687177	
Log likelihood ratio	0.228059	Probability	0.632967	
Test Equation:				
Dependent Variable: DLPIBH				
Method: Least Squares				
Sample: 1 24				
Included observations: 19				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	3.752250	1.667646	2.250028	0.0411
LPIBH1970	-0.312104	0.155258	-2.010233	0.0641
DUMH	0.425495	0.237460	1.791861	0.0948
DUMB	-0.146991	0.084391	-1.741790	0.1035
FITTED^2	0.092566	0.225131	0.411164	0.6872

➤ Test de stabilité



ANNEXE 2 : Complément Modèle de SOLOW

Le modèle de Solow, considérant les hypothèses de rendement décroissant et de concurrence pure et parfaite, prédit la convergence des économies entre elles dans un équilibre de long terme. Ce modèle stipule que les pays, présentant des différences structurelles en terme de croît démographique, de taux d'épargne ou de technologie, peuvent converger les uns vers les autres selon que les pauvres croîtront plus vite que les riches jusqu'à les rattraper à l'état régulier. En effet, les économies pauvres, dont le stock de capital est au départ faible, auront tendance à accumuler plus de capital (parce que l'épargne est supérieure à l'investissement) et verront leurs productions croître plus vite que celles des riches, ces derniers tendant vers des taux de croissance de la production/stock de capital de plus en plus faibles/constants. C'est l'hypothèse de convergence réelle absolue. Pour vérifier cette hypothèse, une équation de convergence fait l'objet d'estimations économétriques. Cette équation a pour fondement les développements ci-dessous :

A partir des équations suivantes (Cfr « 2.2b » dans la spécification) :

$$\gamma_{\bar{y}} = d \ln \bar{y} = \alpha \frac{d\bar{k}}{\bar{k}} = \alpha \gamma_{\bar{k}} \dots \dots [1.1] \quad \text{et} \quad \gamma_{\bar{k}} = s\bar{k}^{-(1-\alpha)} - (g + n + \delta) \dots \dots [1.2],$$

L'on peut effectuer un développement limité de Taylor à l'ordre 1 de l'expression ci-dessus au tour de « $\ln \bar{k}^*$ » (c'est une approximation log-linéaire de la dynamique du capital per capita « $\gamma_{\bar{k}}$ » au voisinage de $k = k^*$), afin de calculer la vitesse de convergence. Pour ce faire, exprimons [1.2] autrement :

$$\gamma_{\bar{k}} = s \cdot e^{-(1-\alpha) \ln \bar{k}} - (g + n + \delta) \dots \dots [1.2a]$$

L'expression ci-dessus – qui est équivalente à l'équation [1.2] – peut être log-linéarisée au point d'équilibre comme suit¹⁴ :

$$\gamma_{\bar{k}} \approx s \cdot e^{-(1-\alpha) \ln \bar{k}^*} - (g + n + \delta) + (\ln k - \ln \bar{k}^*) \cdot \frac{\partial \gamma_{\bar{k}}}{\partial \ln \bar{k}}|_{\bar{k}^*}$$

$$\gamma_{\bar{k}} \approx \ln \left(\frac{\bar{k}}{\bar{k}^*} \right) \cdot s \bar{k}^{*(\alpha-1)} \cdot (\alpha - 1) \dots \dots [1.2b]$$

Si l'on remplace \bar{k}^* par son expression (Cfr équation 2.3), la relation [1.2b] s'écrit :

$$\gamma_{\bar{k}} \approx \ln \left(\frac{\bar{k}}{\bar{k}^*} \right) \cdot s \cdot (\alpha - 1) \cdot \left[\frac{s}{(g + n + \delta)} \right]^{\frac{-(1-\alpha)}{(1-\alpha)}}$$

¹⁴ La linéarisation de la fonction $f(\log a)$ par rapport à $\log a$, évaluée au point a^* (autrement dit la log-linéarisation) s'écrit : $[f(\log a) - f(\log a^*)] = \left[\frac{\partial f(\log a)}{\partial \log a} \right]_{a=a^*} (\log a - \log a^*)$

$\left[\frac{\partial f(\log a)}{\partial \log a} \right]_{a=a^*} = f''(\log a^*)$



Après simplification :

$$\gamma_{\bar{k}} \approx -(1 - \alpha) \cdot (g + n + \delta) \cdot (\ln \bar{k} - \ln \bar{k}^*)$$

Si l'on pose que $\Phi = (1 - \alpha)(g + n + \delta)$,

Alors :

$$\gamma_{\bar{k}} \approx -\Phi(\ln \bar{k} - \ln \bar{k}^*) \dots \dots [1.2b^*]$$

Notons que le coefficient « Φ » indique la vitesse de convergence, soit la vitesse avec laquelle une économie approche son état stationnaire (Cette vitesse est inversement proportionnelle au paramètre « α »). A titre illustratif, l'on dira que 3,4% d'écart entre le niveau initial et l'état régulier est comblé chaque année si $\Phi = 3,4\%$. En outre, rappelons que plus une économie est éloignée de son équilibre de long terme, plus elle aura à croître à un taux plus fort ; car, tel qu'il relève de l'équation [1.2] :

$$\frac{\partial \gamma_{\bar{k}}}{\partial \bar{k}} < 0$$

De ce fait, il s'en suit que c'est la dynamique transitionnelle qui explique les disparités des niveaux de vie entre pays. Mais un pays pauvre peut croître moins vite qu'un pays riche si celui-ci est proportionnellement plus éloigné de son état régulier (cela peut s'expliquer par le niveau des variables structurelles, entre autres le taux d'épargne et le taux naturel).

Les développements précédents permettent d'exprimer le taux de croissance du produit par tête efficace en fonction de celui du capital per capita efficace, en vue d'en déduire l'équation de la convergence et d'analyser la vitesse de transition/ajustement vers l'équilibre.

En fait, nous savons que (Cfr l'équation 1.1) : $\gamma_{\bar{y}} = d \ln \bar{y} = \alpha \frac{d \bar{k}}{\bar{k}}$, avec $\alpha = \frac{\bar{k} f'(\bar{k})}{f(\bar{k})}$

Comme pour le capital, on peut écrire pour le produit par tête efficace que :

$$\gamma_{\bar{y}} = -\Phi (\ln \bar{y} - \ln \bar{y}^*) = \Phi \ln \bar{y}^* - \Phi \ln \bar{y} \leftrightarrow d \ln \bar{y} + \Phi \ln \bar{y} = \Phi \ln \bar{y}^*$$

Cette expression est celle d'une équation différentielle logarithmique linéaire d'ordre 1 à coefficient et second membre constant, dont la solution est :

$$\ln \bar{y}_t = C e^{-\Phi t} + \frac{\Phi \ln \bar{y}^*}{\Phi} = C e^{-\Phi t} + \ln \bar{y}^*$$

$\forall t = 0$, on a $C = \ln y_0 - \ln \bar{y}^*$, Et donc :

$$\ln \bar{y}_t = (\ln y_0 - \ln \bar{y}^*) e^{-\Phi t} + \ln \bar{y}^* = (1 - e^{-\Phi t}) \ln \bar{y}^* + e^{-\Phi t} \ln y_0 \dots [1.3]$$

L'on peut constater, considérant l'équation [1.3], que :

$$\lim_{t \rightarrow +\infty} (\ln \bar{y}_t) = \ln \bar{y}^*$$



Ce qui revient à dire que l'effet des conditions initiales dans la dynamique de croissance disparaît sur le sentier de croissance équilibré.

Etant donné l'équation [2.4a] – lorsque l'on considère la différence des logarithmes comme mesure du taux de croissance – l'expression [1.3] devient :

$$\ln \bar{y}_t - \ln y_0 = -(1 - e^{-\Phi t}) \ln y_0 (1 - e^{-\Phi t}) \left[\frac{\alpha}{1-\alpha} \ln s - \frac{\alpha}{1-\alpha} \ln(g + n + \delta) \right] \dots [1.4]$$

Dans la plupart de cas, cette équation de la convergence du produit par unité de travail efficiente ne fait pas l'objet d'estimation (elle est difficilement observable sur le plan empirique). Au contraire, l'on se réfère à l'équation de convergence du produit par tête suivante :

$$\ln \frac{Y_t}{L_t} - \ln \frac{Y_0}{L_0} = (1 - e^{-\Phi t}) \ln A_0 + gt + (1 - e^{-\Phi t}) \left[\frac{\alpha}{1-\alpha} \ln s - \frac{\alpha}{1-\alpha} \ln(g + n + \delta) \right] - (1 - e^{-\Phi t}) \ln \frac{Y_0}{L_0} \dots \dots \dots [1.5a]$$

Il s'agit là d'une équation de la β –convergence conditionnelle.

En outre, si on prend l'hypothèse que $\ln A_0 = b + \varepsilon$ ⁽¹⁵⁾, l'équation [1.5a] peut s'écrire comme suit :

$$\ln \frac{Y_t}{L_t} - \ln \frac{Y_0}{L_0} = (1 - e^{-\Phi t})b + gt + (1 - e^{-\Phi t}) \left[\frac{\alpha}{1-\alpha} \ln s - \frac{\alpha}{1-\alpha} \ln(g + n + \delta) \right] - (1 - e^{-\Phi t}) \ln \frac{Y_0}{L_0} + (1 - e^{-\Phi t})\varepsilon_t \dots \dots \dots [1.5b]$$

Posons :

$$\beta_1 = (1 - e^{-\Phi t})b - (1 - e^{-\Phi t}) \ln \frac{Y_0}{L_0}, \quad \beta_2 = \frac{\alpha}{1-\alpha} (1 - e^{-\Phi t}), \quad \varepsilon = gt + (1 - e^{-\Phi t})\varepsilon_t$$

De ce fait, l'équation [1.5b] devient :

$$\ln y_t - \ln y_0 = \beta_1 + \beta_2 [\ln s - \ln(g + n + \delta)] + \varepsilon \dots \dots [1.5c]$$

¹⁵ Le terme A_0 , qui reflète la technologie et bien d'autres facteurs propres aux pays tels que les institutions, le climat, les dotations en ressources naturelles, le niveau de corruption, etc., est supposé inconnu et susceptible d'être estimé comme suit : $\ln A_0 = b + \varepsilon$, avec b le niveau de technologie et ε les facteurs sus évoqués pouvant expliquer la dynamique du taux de croissance des pays (Salle I., 2007).



Données utilisées



OBS	PAYS	PIBH 2003	PIBH 1970	DUMB	DUMH	DLPIBH
1	Autriche	59788.61	30328.96	0	0	0.678712
2	Belgique	61541.37	33445.93	0	0	0.609780
3	Chypres	44362.71	12836.1	0	1	1.240138
4	Rép. Tchèque	26215.36		0	0	NA
5	Danemark	51499.19	34349.9	0	0	0.404967
6	Estonie	22848.73		0	0	NA
7	Finlande	48015.65	25080.59	0	0	0.649433
8	France	56908.96	31531.61	0	0	0.590462
9	Allemagne	51296.57	30020.24	0	0	0.535752
10	Grèce	35944.81	21719.4	1	0	0.503779
11	Hongrie	27205.46	10779.7	0	0	0.925753
12	Irlande	65924.62	20319	0	1	1.176956
13	Italie	52096.98	29927.65	0	0	0.554324
14	Lituanie	21033.91		0	0	NA
15	Luxembourg	117759	43674.45	0	1	0.991877
16	Malte	49243.93	9008.95	0	1	1.698568
17	Pays Bas	56789.61	41240.12	0	0	0.319942
18	Pologne	17574.77	7491.39	1	0	0.852710
19	Portugal	34075.62	17874.01	1	0	0.645234
20	Slovaquie	19745.86		0	0	NA
21	Slovénie	38707.43		0	0	NA
22	Espagne	46619.04	24852.99	0	0	0.629031
23	Suède	48128.07	33909.67	1	0	0.350165
24	Royaume Uni	51923.93	27944.32	0	0	0.619566

