

PRODUCTIVITE TOTALE DES FACTEURS ET MODELES DE MESURE : choix judicieux de méthode d'analyse

Chef des travaux Francis ANYOLE AMUNDE de l'Université de BUNIA ;

Assistant Jules Karl MBAY Y'ANGANDUA de l'Université de Kisangani ;

Assistant Ricky MOLOKO MOBONDA Chercheur en Communication des Organisations à l'Université de Kisangani.

Abstract:

The difference with new economic growth theories hypothesis and the Solow theory of growth have provided a new methodology framework. This framework established the sustainable choice of parametric measure and non-parametric measure of total productivity of factors (TPF).

Those choices which are depended to initial Solow hypothesis allow to release non-parametric analysis to parametric one. Especially, while time series datas or panel datas are used to set econometric method.

For this relevant analysis, the GMM lag use TFP like endogenous variable.

Keys words: *Total productivity of factors, endogenous growth, non-parametric method and parametric method.*

Résumé : *Les fractures entre les nouvelles théories de la croissance endogène et exogène, avec leurs hypothèses, nous fournissent un cadre méthodologique différent au regard du choix de la mesure paramétrique ou non paramétrique de la productivité totale des facteurs (PTF).*

Ces choix dépendant du relâchement des hypothèses initiales du modèle de Solow imposent une analyse paramétrique au lieu de l'analyse non paramétrique soutenue soit par la méthode des moments généralisés en différence pour les données en time series ou par la méthode des moments généralisés en panel pour les données en panel.

La méthode de GMM en différence, utilisée pour raison de violation d'exogénéité des variables telles que la productivité totale des facteurs devenue variable endogène dans le cas de la présente analyse, s'est avérée pertinente.

Mots clés : *Productivité totale des facteurs, croissance endogène, méthode paramétrique et méthode non paramétrique.*

I. Introduction

Le paradigme de l'évolution de la théorie de la croissance économique entre les néoclassiques (Solow, 1956) et les néokeynésiens (Romer P., 1976) fracture la méthodologie de la théorie de la croissance. Cette fracture est mise en évidence à partir du relâchement d'hypothèses allant du modèle de Solow à celui de modèle de croissance endogène. Elle donne l'explication du sens contenu dans la variable progrès technique exogène et du sens des externalités qui émanent de la productivité totale des facteurs comme boîte noire. Ces externalités se diffusent et se n'internalisent non pas par les rendements décroissants ou constants mais par ceux qui sont croissants. Cette diffusion dépend de l'implication de la politique économique auto-entretenu qui crée des états réguliers qui n'annulent pas les différents taux d'épargne sur le L.T en les égalisant au déclassement du capital (moteur de croissance).

Même si ce papier ne se prétend pas annihiler les guerres de méthodes (OTEMIKONGO M., 2018), il se veut éclairer la lumière de la lanterne aussi bien des scientifiques que des chercheurs. Il ne s'affirme pas aussi comme un parchemin à la méthodologie en sciences économiques (qui reste ardue) mais bien plus comme un simple guide de choix approprié pour l'analyse de la croissance économique.

Au fil des années, la guerre des méthodes s'est constamment élargie à la suite des études de Robert LUCAS (1977) relatives à la prise en compte des anticipations rationnelles dans les analyses macroéconomiques. Ces analyses ont démontré que l'économétrie simple sans la prise en compte des valeurs (paramètres) aléatoires telles que variance, écart-type et espérances conditionnelles, les variables décalées, ... n'a plus de place dans la macroéconomie moderne (Mishkin F., 2019).

Au regard du paradigme des pensées économiques sur les nouvelles théories de la croissance, il est évident que l'analyse de la productivité totale des facteurs est une alternative de choix. Ce choix qui reste partagé entre la méthode non-paramétrique et paramétrique. Il considère respectivement le progrès technique comme productivité totale des facteurs de la croissance se calculant comme une construction des indices Divisia des produits et des facteurs, d'une part et la productivité totale des facteurs comme externalités des facteurs se mesurant grâce à l'économétrie, d'autre part (Guyomard H.,2018).

Face à ce dilemme, il est intéressant qu'une question idoine soit posée pour déterminer ce choix. Pour ce faire, une question unique a été posée :

- Comment mesurer la productivité totale des facteurs d'une économie nationale ?

Pour répondre à cette interrogation, nous avons mis en jeu l'approche économétrique grâce à la méthode des moments généralisés des données chronologiques de la RDC allant de 1985 à 2019. Pour ce, nous avons atteint notre objectif celui de mesurer la PTF selon un choix alternatif entre la méthode paramétrique et non paramétrique.

II. Méthodes

La méthode utilisée pour cette analyse est la méthode hypothético-déductive appuyée de l'approche économétrique. Elle est hypothético-déductive car notre modèle fonctionnel tire son origine des trois modèles des nouvelles théories de la croissance notamment celui de Barro, de Lucas et Paul Romer. En sus, ce modèle fonctionnel a été appuyé par afin de mettre en évidence le choix qu'il faut pour l'analyse de la mesure de la PTF est le GMM en différence. Comment ce choix a-t-il été fait ?¹

Cette question vaut son pesant d'or étant donné que tout dépend du choix de cadre de référence selon les écoles dans la sémantique même du mot progrès technique.

Pour l'école néoclassique, le progrès technique est neutre au sens d'Harrod et mesure la productivité du capital. Ce dernier est un indice de mesure de l'approfondissement en capital généré par ce facteur capital matériel accumulé alors que pour l'école keynésienne, il mesure les externalités qui doivent se diffuser au sein de l'économie grâce à l'accumulation des facteurs de production dûs à la mise en œuvre de la politique économique. Cette politique fait que la croissance économique soit endogène.

Dans cet ordre d'idées, il est crucial que notre curseur soit dirigé pour émettre la différence nette dans le choix d'analyse des méthodes de mesure à savoir : les méthodes de mesure paramétrique et non paramétrique.

II.1. Les méthodes de mesure non paramétriques

Les méthodes non paramétriques sont celles qui n'ont pas besoin d'estimation de la fonction de production. De ces méthodes, nous en retiendrons deux, à savoir : les méthodes des indices et l'analyse d'enveloppement des données.

1°. La méthode des indices

Il existe de nombreuses techniques d'indices, nous nous attellerons que sur les plus fréquemment utilisées dont les indices de *Laspeyres*, *Paasche*, *Fisher* et *Törnqvist*. Toutes ces techniques ont en commun la mise en exergue le rapport des outputs sur inputs.

Les propriétés de ces indices « *traditionnels* » reposent, dans la plupart des cas, sur *deux hypothèses* importantes quant au comportement des entreprises et à leur technologie : les entreprises sont *économiquement efficaces* (efficacité technique et efficacité allocative) et les technologies donnent lieu à *des rendements d'échelle constants*. Dans des spécifications plus complexes, ces hypothèses peuvent être relâchées, mais nous ne retiendrons ici que les formes les plus traditionnelles. Dans la majorité des processus de production, il y a plusieurs produits et plusieurs facteurs de production, ce qui nécessite de les agréger.

- ¹ L'essentiel de cette partie a été tiré du texte de Marion DOVIS (2009), *Formulation et estimation des modèles de mesure de la productivité totale des facteurs : une étude sur un panel d'entreprises turques*, Revue d'économie politique 2009/6 (Vol. 119)

Soient w_{kt} et x_{kt} le prix et la quantité du facteur k respectivement ($k = 1, 2, \dots, K$) au temps t ($t = 0, 1$), et P_{mt} et Y_{mt} le prix et la quantité du bien m ($m = 1, 2, \dots, M$) au temps t ($t = 0, 1$).

Les indices de quantité d'outputs de Paasche, Laspeyres, Fisher et Törnqvist sont les suivants :

Indice de Laspeyres :

$$Q^L = \frac{\sum_{m=1}^M P_{m0} Y_{m1}}{\sum_{m=1}^M P_{m0} Y_{m0}} \quad (1)$$

Indice de Paasche :

$$Q^P = \frac{\sum_{m=1}^M P_{m1} Y_{m1}}{\sum_{m=1}^M P_{m1} Y_{m0}} \quad (2)$$

Indice de Fisher :

$$Q^F = \sqrt{Q^L Q^P} \quad (3)$$

Indice de Tornqvist :

$$\ln Q^T = \left(\frac{1}{2}\right) \sum_{m=1}^M \left[\left(\frac{P_{m0} Y_{m0}}{\sum_{m=1}^M P_{m0} Y_{m0}} \right) + \left(\frac{P_{m1} Y_{m1}}{\sum_{m=1}^M P_{m1} Y_{m1}} \right) \right] \ln \frac{Y_{m1}}{Y_{m0}} \quad (4)$$

Une fois les indices de quantité d'outputs définis, les indices de quantité d'inputs, notés Q^* , sont :

$$Q^{*L} = \frac{\sum_{k=1}^K W_{k0} X_{k1}}{\sum_{k=1}^K W_{k0} X_{k0}} \quad (5)$$

$$Q^{*P} = \frac{\sum_{k=1}^K W_{k1} X_{k0}}{\sum_{k=1}^K W_{k1} X_{k0}} \quad (6)$$

$$Q^{*F} = \sqrt{Q^{*L} Q^{*P}} \quad (7)$$

$$\ln Q^{*T} = \left(\frac{1}{2}\right) \sum_{k=1}^K \left[\left(\frac{W_{k0} X_{k0}}{\sum_{k=1}^K W_{k0} X_{k0}} \right) + \left(\frac{W_{k1} X_{k1}}{\sum_{k=1}^K W_{k1} X_{k1}} \right) \right] \ln \frac{X_{k1}}{X_{k0}} \quad (8)$$

Enfin, pour obtenir un indice de croissance de la PTF dans un cadre d'inputs et d'outputs multiples, permettant de mesurer le changement dans la production totale relativement au changement dans l'utilisation des facteurs, il suffit de calculer le rapport suivant :

$$PTF = \frac{Q}{Q^*} \quad (9)$$

Le calcul s'effectue entreprise par entreprise, une amélioration de l'indice de la PTF ne sera due qu'au progrès technique étant donné que cette méthode fait l'hypothèse d'une pleine efficacité technique et allocative des entreprises.

L'avantage des indices traditionnels (Fisher et Törnqvist) et de l'indice de productivité de *Malmquist* pour mesurer la PTF réside dans le peu de données nécessaires. En effet, nous pouvons calculer des indices avec uniquement deux observations. D'autres avantages peuvent être cités, comme la spécification très flexible de la technologie et la possibilité de traiter ensemble plusieurs inputs et outputs. Néanmoins, la principale limite de cette approche est

que ni l'erreur de mesure ni les points aberrants ne sont pris en compte dans l'estimation, les mesures y sont donc très sensibles.

2°. L'analyse d'enveloppement des données

La deuxième méthode non paramétrique est celle de l'analyse d'enveloppement des données (DEA) qui utilise la *programmation linéaire*. Il s'agit, à l'intérieur d'un ensemble comparable de firmes, d'identifier celles qui manifestent les meilleures pratiques et qui formeront alors une frontière d'entre l'échantillon et enveloppe les autres observations. Une fois la frontière en fragments construite à partir des données sur les unités de production, les mesures d'efficacité seront calculées relativement à celle-ci.

Plus précisément, l'idée est la suivante : si un producteur V est capable de produire yV avec xV , alors d'autres producteurs sont aussi capables de faire la même chose s'ils sont efficaces. Ainsi, le producteur V et les autres peuvent être combinés pour former ce que nous pouvons appeler un producteur *virtuel* avec des inputs et des outputs composites. Le cœur de l'analyse revient à trouver le meilleur *producteur virtuel* pour chaque producteur réel.

Ici, nous ne présenterons que le problème de programmation linéaire à orientation output. Le modèle de base est le suivant : la variable Y_{mi} représente la quantité de biens m ($m=1,2,3,\dots$) produite par la firme i et x_{ki} la quantité d'inputs k ($k=1,2,3,\dots$) utilisée par cette même firme i . Le problème de programmation linéaire est donc le suivant :

Comme nous l'avons vu, une approche dynamique est utilisée par Färe *et alii*. [1994], qui estiment l'indice de productivité de Malmquist *en décomposant la croissance de la productivité en changement de l'efficacité technique d'une part, et en changement technologique d'autre part*. L'indice de productivité et ses composantes sont tous calculés à partir des fonctions de distance (cf. équation 11). Or les résultats des problèmes de programmation linéaire (comme dans la présentation ci-dessus) ont tous pour réciproque une fonction de distance. Ainsi, s'il y a quatre fonctions de distance à évaluer, cela revient à résoudre quatre problèmes de programmation linéaire pour chaque firme i .

Cette méthodologie possède plusieurs avantages. Il n'est pas nécessaire de supposer une forme fonctionnelle de la fonction de production, ce qui permet de ne pas spécifier la forme de la technologie et donc d'intégrer de l'hétérogénéité. Elle ne fait, *a priori*, aucune distinction entre l'importance relative des outputs et des inputs dans le processus de prise de décision de la firme et peut être utilisée avec plusieurs inputs et outputs. Sa flexibilité et son adaptabilité ont suscité de nombreux développements à partir du modèle de Charnes, Cooper et Rhodes (1978). Cependant, la fonction-frontière obtenue par ces procédures non paramétriques est déterministe, ce qui suppose que tout est sous contrôle de la firme. Ainsi, tout écart par rapport à cette frontière est attribué à de l'inefficacité : aucune variation aléatoire n'est possible. Cette limite représente l'inconvénient majeur de cette méthode car la non prise en compte de l'erreur de mesure rend la construction de la frontière très sensible aux observations extrêmes. Cazals, Florens et Simar [2002] ont largement mis en évidence cette sensibilité de l'enveloppe.

II.2.2 Les méthodes paramétriques

Les méthodes paramétriques reposent sur l'estimation d'une fonction de production, ce qui exige au préalable de répondre à deux problèmes essentiels. Le premier a été soulevé par Marschark et Andrews (1944). Il s'agit du *biais de simultanéité*, c'est-à-dire que les producteurs choisissent leurs facteurs de production en connaissant leur propre niveau de productivité. Le choix des inputs est alors corrélé avec des « chocs » de productivité (non observés par l'économètre mais connue par l'entreprise), ce qui biaise l'estimation de la fonction de production par les MCO (moindres carrés ordinaires). Le second problème est celui de la *sélection* et renvoie à la question de savoir si les producteurs choisiront ou pas de rester sur le marché compte tenu de leur niveau de productivité et ce niveau de productivité dépend des facteurs de production.

Le *biais de simultanéité* peut être résolu par les trois méthodes paramétriques suivantes : la *méthode de la frontière stochastique*, la *méthode semi-paramétrique* et la *méthode GMM*. Cependant, elles ne résolvent pas toutes le *biais de sélection*. Seule la méthode semi-paramétrique d'Olley et Pakes (1996) tente, en effet, de répondre à ce problème.

1°. L'analyse de la frontière stochastique

Le terme d'erreur qui résulte de l'estimation économétrique de la fonction de production indique la déviation de la firme par rapport à la frontière. Cette variable peut représenter une large diversité de facteurs tels que, par

exemple, l'utilisation d'une technologie particulière, des différences de management, les effets externes des infrastructures publiques sur la firme, ou encore des erreurs de mesures sur l'output. On peut s'attendre, par conséquent à une corrélation entre ce terme d'erreur non observé qui capture la productivité et les variables explicatives de la fonction de production. La première méthode qui tente de répondre à ce biais de simultanéité est l'analyse de la frontière stochastique.

L'idée est de modéliser le processus de production de manière à définir la quantité maximale d'outputs qui peut être produite avec un vecteur d'inputs et une technologie donnés. Puisqu'un producteur n'a pas nécessairement un comportement optimal, la frontière va représenter les meilleures pratiques.

Pour répondre au biais de simultanéité, on introduit une autre variable aléatoire représentant le bruit statistique, afin d'isoler le terme d'erreur purement aléatoire de celui reflétant l'inefficacité technique de l'entreprise en imposant des hypothèses sur la distribution mais aussi sur l'indépendance de ces deux termes. Ainsi, le terme d'erreur est décomposé en deux parties : une composante stochastique symétriquement distribuée absorbant le bruit statistique, et une composante stochastique avec une distribution inégale (ou partielle) représentant l'inefficacité. Le bruit statistique et l'inefficacité étant distribués indépendamment l'un de l'autre et des autres régresseurs.

L'avantage de ce type de méthode est de tenir compte du fait que la performance des firmes peut être modifiée par des facteurs qui sont hors de leur contrôle.

2°. La méthode semi-paramétrique

La méthode semi-paramétrique a été initiée par Olley et Pakes (1996) puis suivie par Levinsohn et Petrin (2003).

Olley et Pakes (1996) proposent d'utiliser le niveau d'investissement de l'entreprise comme variable *proxy* des chocs de productivité non observés. Cette variable contrôle la partie du terme d'erreur corrélée avec les inputs en éliminant les variations qui peuvent être rattachées au terme de productivité. Ces auteurs tentent aussi d'éliminer la seconde source de biais (la sélection) en incluant dans une étape intermédiaire la probabilité de survie de chaque firme. Olley et Pakes [1996] proposent alors un estimateur en différentes étapes qui s'inspire du travail initial d'Ericson et Pakes (1995).

Avant de présenter ce modèle, il y a un point essentiel à comprendre sur la nature dynamique des inputs. Dans ce modèle, Olley et Pakes (1996) font une distinction entre le moment où les inputs sont choisis par la firme et la période durant laquelle ils sont utilisés dans la production. Autrement dit, un input est qualifié de dynamique si le choix de son niveau à la période courante influence uniquement le coût des inputs utilisés dans les périodes futures. Il s'agit alors d'une variable d'état dans le modèle. Dans le cas inverse, cette variable est non dynamique. Ils posent donc la fonction de production suivante :

$$y_{it} = \beta_0 + \beta_l l_{it} + \beta_k k_{it} + \omega_{it} + \varepsilon_{it} \quad (10)$$

Où y_{it} est le logarithme de l'output de l'entreprise i au temps t , l_{it} le logarithme de la variable d'input travail et k_{it} le logarithme du capital. Le terme d'erreur se décompose (comme dans le cas des frontières stochastiques) en un choc de productivité¹² ou un terme d'erreur, ε_{it} , et un terme d'efficacité technique, ω_{it} , qui est supposé suivre un processus exogène de Markov du premier ordre.

A chaque période, la firme décide de sortir du marché ou de continuer à produire. Si elle décide de produire, elle choisit le niveau de ses inputs et de son investissement. L'efficacité de la firme est connue au début de la période t et détermine ses choix. Deux hypothèses importantes sont formulées dans cette méthode : il y a une seule variable d'état non observée (au sens où l'économètre ne peut pas disposer de données sur cette variable), la productivité, et l'investissement est strictement monotone ce qui permet d'utiliser la forme inversée de la fonction. L'investissement est donc croissant avec la productivité (Pakes, 1994), conditionnellement aux valeurs de toutes les variables d'état. En conséquence, seules les valeurs positives de l'investissement peuvent être utilisées pour pouvoir inverser la fonction. Si l'entreprise reste sur le marché, elle choisit son niveau de travail et d'investissement (en connaissant son niveau d'efficacité courant), qui, avec la valeur courante du capital, détermine le stock de capital au début de la période suivante :

$$K_{it} = (1 - \delta)K_{it-1} + I_{it-1} \quad (11)$$

avec K_{it} le stock de capital à la période t , I_{it-1} le niveau de l'investissement et δ le taux de dépréciation du capital. L'investissement est choisi par la firme en $t - 1$ puisque nous supposons que le capital utilisé en t a été décidé en $t - 1$, il faut une période entière de production pour que le capital soit installé et en fonction. Le capital est une variable d'état. Ainsi les décisions d'investissement de la firme vont dépendre du capital et de la productivité :

$$I_{it} = I_t(\omega_{it}, K_{it})$$

Puisque la fonction d'investissement peut être inversée, cela permet d'exprimer la productivité non observée comme la fonction suivante :

$$\omega_t = h_t(i_{it}, k_{it}).$$

Le report de cette équation dans la fonction de production donne l'équation de la première étape :

$$y_{it} = \beta_l l_{it} + \varphi_t(i_{it}, k_{it}) + \varepsilon_{it} \quad (12)$$

où

$$\varphi_t(i_{it}, k_{it}) = \beta_o + \beta_k k_{it} + h_t(i_{it}, k_{it}) \quad (13)$$

La première étape consiste à estimer cette équation de façon semi-paramétrique afin d'évaluer le coefficient du travail¹⁴ mais pas les autres coefficients de la fonction de production. Il est possible d'utiliser des séries (polynômes d'ordre n) ou les méthodes de kernel (Robinson, 1988) pour rapprocher $\varphi_t(\cdot)$. Après avoir essayé ces deux méthodes, Olley et Pakes choisissent un polynôme d'ordre 4 et estiment l'équation 28 par les MCO.

Dans la seconde étape, le risque que l'estimation soit affectée par le biais de sélection est dû au fait que le résidu ne contient pas uniquement ε_{it} mais aussi le terme ξ_{it} qui représente l'innovation dans le processus ω entre t et $t + 1$ qui n'est pas attendu par la firme.

Puisque la décision de sortie de la firme à la période t dépend directement de ω_{it} , la décision de sortie sera corrélée à ξ_{it} (une composante de ω_{it}). Pour répondre à ce biais de sélection, le modèle donne une estimation de la probabilité de survie de l'entreprise, notée P_{it} .

La troisième étape, qui estime le coefficient du capital, est fondée sur l'hypothèse selon laquelle la productivité suit un processus de Markov du premier ordre :

$$\xi_{it} = \omega_{it+1} - E[\omega_{it+1} / \omega_{it}, X_{it+1} = 1], \text{ avec } X_{it+1}$$

qui est égal à 1 si la firme reste sur le marché et 0 sinon. Puisque K_{it} est décidé à la période $t - 1$ (à partir de la décision de i_{it-1}), il ne peut pas être corrélé avec l'innovation non attendue qui intervient après $t - 1$. Le résidu $\xi_{it} + \varepsilon_{it}$ n'est pas corrélé avec l'ensemble des variables explicatives. Cette dernière étape utilise donc l'estimation de β_l, φ_t et P_{it} issue des deux étapes précédentes pour obtenir l'estimation du coefficient de K_{it} en minimisant la somme des carrés des résidus de l'équation, avec $\tilde{g}(\cdot)$ approximée par un polynôme d'ordre 4 :

$$y_{it+1} - \hat{\beta}_l l_{it+1} = \beta_k k_{it+1} + \tilde{g}(\hat{P}_{it}, \hat{\varphi}_t - \beta_k k_{it}) + \xi_{it+1} + \varepsilon_{it+1} \quad (14)$$

Plus récemment, Levinsohn et Petrin [2003] soulignent que l'investissement, qui n'est pas une variable continue pour les entreprises, ne peut pas répondre pleinement aux chocs de productivité. Ils suggèrent alors l'utilisation d'inputs intermédiaires tels que l'électricité, le fuel ou les matériaux comme variables *proxy*, l'hypothèse faite étant que lorsque la productivité augmente, la production s'accroît ce qui conduit à une utilisation accrue d'énergie ou d'inputs intermédiaires. Pour ces auteurs, l'utilisation d'un panel non cylindré réduit le problème du biais de sélection. Ils ne tentent donc pas d'y répondre en estimant la probabilité de survie. Ils essayent seulement d'éliminer le biais de simultanéité.

Levinsohn et Petrin [2003] supposent donc que, comme le travail, *mit* est une variable non dynamique et considèrent une fonction de demande d'input intermédiaire (l'énergie, le fuel ou les matériaux) dépendant du stock de capital et de la productivité :

$$m_{it} = m_t(k_{it}, \omega_{it}) \quad (15)$$

De plus, le stock de capital courant est déterminé par le niveau d'investissement de l'année courante, et non avec celui de l'année précédente comme dans Olley et Pakes [1996], autrement dit :

$$K_{it} = (1 - \delta)K_{it-1} + I_{it} \quad (16)$$

Pour éviter que le choix du niveau de capital dépende de ω_{it} , ils supposent que la décision d'investissement est faite en connaissant uniquement ω_{it-1} (comme si la décision d'investissement en t se prenait à la fin de l'année $t - 1$).

Une fois toutes les étapes accomplies, de l'une ou l'autre des approches, le niveau de productivité des entreprises peut être calculé des deux manières suivantes :

$$PTF_{it} = \exp(y_{it} - \hat{\beta}_1 l_{it} - \hat{\beta}_k k_{it}) \quad (17)$$

$$PTF_{it} = \exp(\hat{\varphi}_{it} - \hat{\beta}_k k_{it}) \quad (18)$$

Dans l'équation 34, comme avec les frontières stochastiques, il devient possible de distinguer la mesure de la productivité du terme d'erreur aléatoire.

Cependant, cette mesure peut être seulement calculée pour les firmes avec un investissement positif, c'est-à-dire pour les firmes incluses dans la procédure d'estimation. Dans l'équation (33), la mesure s'effectue pour toutes les firmes de l'échantillon, même pour les firmes avec un investissement nul, mais elle inclut le terme d'erreur. Ces deux mesures interprètent différemment : l'une identifie uniquement le terme entier de productivité de la firme (équation 34), autrement dit ce qui relève des facteurs sous contrôle de la firme, tandis que l'autre mesure, à la fois, le terme de productivité et l'erreur de mesure (équation 33), c'est-à-dire qu'elle ne distingue pas les facteurs qui sont sous le contrôle de la firme, des facteurs exogènes. Pour mesurer le progrès technique il est nécessaire de modifier l'estimation afin de pouvoir intégrer un *trend*.

Au total, les principaux avantages de ce type de méthode sont le caractère flexible de la productivité (puisqu'elle n'évolue que selon un processus de Markov) et la prise en compte du biais de simultanéité ainsi que du biais de sélection (seulement pour le modèle d'Olley et Pakes (1996)). De plus, il est possible, selon la spécification de l'équation utilisée, de distinguer le terme d'erreur du terme d'efficacité technique (comme les frontières stochastiques), autrement dit, de discerner ce qui est sous contrôle de la firme de ce qui est hors de son contrôle. Cependant, cette méthode est encore plus intensive en données car il est nécessaire de connaître, soit le niveau d'investissement de l'entreprise à chaque période, soit sa consommation d'inputs intermédiaires pour estimer la productivité. Enfin, il y a une faiblesse potentielle dans les approximations non paramétriques. Ackerberg, Caves et Frazer (2005) soulignent la possibilité de colinéarité de l_{it} avec la fonction non paramétrique dans la première étape de l'estimation ce qui entraîne un risque de mauvaise ou de non identification du coefficient de l_{it} .

II.2. Modèle fonctionnel ou algébrique

$$\text{Puis si on tire, } \ln A = \ln \hat{y} - \frac{(\tau+\beta)(1-\beta)}{1-\tau-\beta} \ln s_k - \frac{(\tau+\beta)\beta}{1-\tau-\beta} \ln s_h - \frac{\beta(\tau+\beta)}{1-\tau-\beta} \ln(\varphi + \sigma + \eta) + \frac{(\tau+\beta)(\beta+1)}{1-\tau-\beta} \ln(\delta + \sigma + \eta)$$

D'où in fine, notre spécification se présente sous cette forme en substituant : $\ln A = PTF$, $\ln \hat{y} = PIBC$, $\ln s_{kg} = \text{Capital privé ou CP}$ et $\ln s_{kp} = \text{capital public ou CG}$, $\ln s_h = \text{Capital humain ou CH}$, $a_0 = + \frac{(\tau+\beta)(\beta+1)}{1-\tau-\beta} \ln(\delta + \sigma + \eta) - \frac{\beta(\tau+\beta)}{1-\tau-\beta} \ln(\varphi + \sigma + \eta)$ coefficient ou terme indépendant; $a_1 =$ coefficient ou paramètre du PIB, $a_2 =$ coefficient ou paramètre du Capital privé et $a_3 =$ coefficient ou paramètre du Capital public, $a_4 =$ coefficient ou paramètre du Capital humain, $a_5 =$ coefficient ou paramètre des exportations nettes.

Variables exogènes	Libellés	Signes attendus
PIBC	Produit intérieur per capita	+/-
CH	Capital humain	+/-
CG	Capital public	+/-
CP	Capital privé	+/-
EXPORTNET	Exportations nettes	+/-

Tableau n°1: Des signes attendus des variables exogènes dérivant du modèle algébrique

Source : Notre propre analyse issue de notre modèle fonctionnel (algébrique).

II.3 Modèle économétrique

Etant donné que notre modèle économétrique est fait sur une analyse horizontale, il sera représenté sous la forme chronologique suivante :

$$PTF = a_0 + a_1 PIBC + a_2 CG + a_3 CH + a_4 CP + a_5 EXPORTNET + \varepsilon_t$$

Notre variable à expliquer est la PTF à gauche de l'égalité et les variables explicatives(exogènes) sont à droite le PIB per capita(PIBC), le capital public (dépenses publiques CG), le capital humain(CH), le capital privé (CP), les exportations nettes(EXPORTNET) ainsi que la variable stochastique. De ce modèle économétrique, notre analyse sera dynamique grâce au modèle GMM en différence.

II.3 La Méthode des Moments Généralisés

Le choix de cette méthode des moments généralisés pour notre recherche est dû aux avantages qu'elle nous procure. Ces avantages sont les suivants, à savoir :

- Elle fait la synthèse de plusieurs estimateurs bien connus, comme l'estimateur des MCO, l'estimateur des variables instrumentales, l'estimateur des doubles moindres carrés et l'estimateur des doubles moindres carrés non linéaires ;
- Elle nous fournit un cadre d'analyse général pour la comparaison de ces divers estimateurs et leur évaluation ;
- Elle ne pose pas l'hypothèse de normalité ;
- Elle pose en plus des estimateurs qui nous procurent une solution de rechange simple à d'autres estimateurs, spécialement dans les cas où il est complexe d'écrire la fonction de vraisemblance afin de calculer l'estimateur du maximum de vraisemblance.

(i). **Objectif de la méthode**

Cette méthode est utile pour remédier à une suspicion de *biais de simultanéité d'endogénéité* entre la croissance économique et la productivité totale des facteurs.

Le choix de la méthode de GMM² en différence est opportun à cause de la série chronologique des données (time series) de la RDC qu'utilise cette recherche et aussi, pour le souci que tous les tests utilisés dans cette méthode s'adaptent aux données en time series. Ce choix se trouve encore justifié par le fait que la théorie de la croissance économique est une théorie de long terme. Cette méthode est utilisée pour les longues chroniques.

Le gain peut être important par rapport aux variables instrumentales.

v. **Les Tests spécifiques de la validation de la méthode GMM**

Les différents tests qui seront mis en exergue, dans ce point, sont les tests qui nous serviront essentiellement à la validation de l'estimation de notre modèle. Ces tests sont les plus utilisés pour l'estimation par la méthode de GMM en différence. Ces deux tests sont le test d'*orthogonalité* qui est le soubassement même de la méthode et le test *endogénéité*. *Ce dernier consiste soit à parer à un biais de simultanéité d'endogénéité ou soit à vérifier si une variable exogène peut être endogénéisée dans un modèle théorique.*

Dans cette démarche, la question cruciale est de savoir :

Comment tester la validité des instruments (non-corrélation avec les erreurs) ou la validité des conditions d'orthogonalité ?

Aucun test, si le modèle est juste-identifié $R = K$: autant d'instruments que de variables explicatives.

Si le modèle est sur-identifié : plus d'instruments (conditions d'orthogonalité) que de variables explicatives : $R > K$, le Test est basé sur la proximité avec zéro des conditions d'orthogonalité.

Si le modèle est sous-identifié : moins d'instruments (pas de conditions d'orthogonalité) que de variables explicatives : $R < K$, le Test est basé sur la proximité avec zéro des conditions d'orthogonalité mais ici les variables instrumentales ne peuvent être déterminées et conséquemment aux régresseurs.

(i). **Test d'orthogonalité et de validité des variables instrumentales**

L'instrument d'orthogonalité le plus connu est le C-test EICHENBAUM, HANSEN et SINGLETON(EHS). Ce test est valable pour la méthode GMM en différence pour les séries chronologiques.

² Remarques : Les propriétés des estimateurs GMM sont asymptotiques. Il peut y avoir de sérieux problèmes (convergence, normalité, variance) en petits échantillons (les biais de petit échantillon risquent d'augmenter fortement à cause des instruments faibles). Plus il y a de restrictions de moments (conditions d'orthogonalité), plus l'estimateur GMM est efficace parce que la variance limite diminue.

le test $C_T = \frac{1}{T} u(\beta)'Z(W_T)^{-1}Z'u(\beta) - \frac{1}{T} u(\beta)'Z_1(W_{T_1})^{-1}Z_1'u(\beta)$ et il est considéré comme le test de Chi-carré χ^2 de degré de liberté comme le nombre des variables instrumentales de Z_2 .

(ii). Test d'endogénéité

Ce test de *DURBIN-WU-HAUSMAN* est le test d'endogénéité pour la méthode GMM des séries chronologiques pour toutes les équations autorégressives ou quelques-unes d'elles.

Ce test est important lorsque nous considérons que la variable endogène doit être prise comme variable endogène et l'une des variables exogènes comme endogène.

Ce test d'endogénéité teste si le sous-ensemble des variables endogènes ou exogènes est devenu maintenant un sous-ensemble respectif des variables exogènes ou endogènes.

le test $H_T = \frac{1}{T} u(\beta)'Z(W_T)^{-1}Z'u(\beta) - \frac{1}{T} u(\beta^*)'Z_1(W_{T^*})^{-1}Z_1'u(\beta^*)$

avec $(W_{T^*})^{-1}$ la sous matrice de W_T^{-1} , cette statistique est calculée après trois estimation et il est considéré comme le test de Chi-carré χ^2 de degré de liberté le nombre des variables testés pour l'endogénéité.

(iii). Test de stabilité ou de rupture de la série

Ce test utilise deux premières statistiques Andrews-Fair :

$$(AF_1) = (\theta_1 - \theta_2)' \left(\frac{1}{T_1} V_{T_1}^{-1} + \frac{1}{T_2} V_{T_2}^{-1} \right) (\theta_1 - \theta_2) \text{ et ;}$$

Andrews- Fair LR type :

$$(AF_2) = J_R - (J_1 + J_2)$$

Puis, la troisième statistique dite O-Statistic de Hall et Sen :

$$O_T = J_1 + J_2$$

Les trois statistiques suivent la loi de distribution du test de Chi-carré χ^2 .

(iv). Test instruments faibles

Ce test fournit les informations sur les variables instrumentales tout au long de l'estimation. Ces informations sont reportées grâce à la statistique Cragg-Donald et les valeurs critiques de Stock et Yugo qui estiment les équations du GMM, TSLS et autres. Le Moment Selection Criteria est utilisé uniquement pour estimer les équations de GMM et TSLS.

Pour cette analyse, il est utilisé le dernier qui consiste à comparer trois instruments de mesure dont deux ont été proposés par Andrews (1999) le Schwarz criterion based (SIC-based) et Hannan-Quinn criterion based (HQIQ-based) et le dernier Relevant Moment Selection criterion (Relevant MSC) proposé par Hall, Inoue, Jana et Shin. Ces statistiques se calculent comme suit :

$$\text{SIC - based} = J_T - (c - k) \ln(T)$$

$$\text{HQIQ - based} = J_T - 2.01(c - k) \ln(\ln(T))$$

$$\text{Relevant MSC} = \ln(|T\Omega|) \left(\frac{1}{\tau} \right) (c - k) \ln(\tau)$$

$$\text{avec } \tau = \left(\frac{T}{b} \right)^{1/2},$$

c=nombre d'instruments ;

k= nombre des régresseurs ;

T= nombre d'observations ;

Ω =Estimation de la matrice covariance.

III. Résultats

III.1 Equation de l'estimation :

$$PTF = C(1)+C(2)*PIBC + C(3)*CH + C(4)*CG + C(5)*CP + C(6)*EXPORTNET$$

avec comme variables instrumentales suivantes : PIBC(-1) CH(-1) CG(-1) CP(-1) EXPORTNET(-1) PIBC(-2) CH(-2) CG(-2) CP(-2) EXPORTNET(-2)

Cette équation présente un modèle estimé ci-dessous. Dans cette équation C (1), C (2), C(3), C(4),C(5) et C(6) sont des coefficients des régresseurs donc nos paramètres estimés.

III.2. Modèle estimé

$$PTF = 0.8780 + 4.1664*CG + 0.1475*CH - 9.3346*CP - 0.0119*EXPORTNET - 2.8814*PIBC$$

PTF	PIBC	CH	CG	CP	EXPORTNET
Coefficients	- 2.8814	+ 0.1475	+ 4.1664	- 9.3346	- 0.0119
Valeur de Probabilité(P-values) du T-student	0.9810(*)(**)(***)	0.5745(*)(**)(***)	0.3258(*)(**)(***)	0.1648(*)(**)(***)	0.0005(*)(**)(***)

NB : (*) Seuil de significativité de 10%, (**) Seuil de significativité de 5% et (***) Seuil de significativité de 1%

III.3. Validation du modèle

(i) Validation statistique

A lumière du tableau in supra, il est remarqué que les variables exogènes capital public(CG), le produit intérieur per capita(PIBC), le capital privé(CP) et capital humain(CH) ne sont pas significatifs d'autant plus que les valeurs de probabilité du T de Student sont supérieures au seuil de 5%. De ces cinq variables, seule la variable exportations nettes(EXPORTNET) est significative car sa valeur de probabilité du T de Student est inférieure au seuil de 5%. En s'en tenant à ces P-values de T-Student, il va donc sans dire que les hypothèses nulles de quatre premières variables sont rejetées et que seule l'hypothèse nulle de la variable exportations nettes est acceptée.

(ii) Validation économique

Des modèles théorique et fonctionnel (algébrique) exposés dans le chapitre précédent, les signes du modèle estimé trouvé ne méprennent pas le résultat assorti par le GMM en différence.

Le produit intérieur brut per capita(PIBC) qui devait être positif est négatif. Cette contradiction semble battre une brèche sur le modèle théorique mais et pourtant, ce signe négatif confirme que la production insuffisante et modique en RDC ne peut en aucun cas soutenir la pérennité des externalités ou des gains de productivité ou carrément la PTF sur le long terme.

Le capital humain(CH) porte le signe positif. Ce signe montre que le capital humain agrégé par les enseignements primaire, secondaire et universitaire entachés de la corruption, d'un programme inadéquat à la réalité de la société congolaise et au défaut des infrastructures modernes ne peut contribuer à la PTF de façon attendue. La théorie semble contredite néanmoins soutenue par l'impact anodin de ce capital en RDC.

Pour ce qui est du capital privé(CP), il porte le signe positif. Cela démontre de plus que les dépenses allouées à la consommation des ménages et des entreprises n'ont pas été suffisantes pour générer la PTF sur le long terme et de surcroît, la croissance économique.

Quant au capital public(CG), il s'avère plausible que les dépenses publiques n'ont pas servi aux grands travaux mais bien plutôt à des dépenses de prestige pour des fins électorales et d'administration. Ce moteur de croissance, au regard de notre analyse, n'a pas impacté sur la PTF en RDC.

Les exportations nettes (EXPORTNET) sont affectées d'un signe négatif. Il est vraisemblable que la RDC a une économie dépendante des produits miniers lesquels contribuent à la PTF même si cette contribution n'est pas à la hauteur de l'attente d'une économie d'une aussi forte potentialité.

(iii) Validation économétrique

Notre figure en annexe qui reprend un tableau, permet de valider le modèle estimé et cela, grâce :

- A la condition d'orthogonalité ou le test d'orthogonalité, d'abord, qui démontre que les variables instrumentales utilisées, permettent de dire que le modèle est bon. En sus, les variables exogènes quand même qu'elles étaient endogènes à l'instar de la croissance endogène (en théorie) sont bien modélisées. Ce modèle est, donc, fait à la perfection;
- Aux tests d'endogénéité, ensuite, de telle sorte que toutes les variables se sont révélées significatives car les hypothèses nulles de chacune des variables exogènes ont été acceptées et de ce fait, toutes ces variables sont bel et bien exogènes ;
- Au test des instruments faibles, enfin, de confirmer que nos variables instrumentales choisies dans ce modèle se sont révélées efficaces dans la mesure où le test de Cragg-Donal F-Stat est 0.288739 est supérieure au seuil de 5%.

Au regard de ces deux validations statistique et économique, il s'avère vraisemblable que la première hypothèse est confirmée. Ceci implique que les moteurs de croissance économique que sont les capitaux public, privé, humain, le produit intérieur per capita et voire les exportations nettes n'ont pas créé une productivité totale des facteurs à même de pérenniser la croissance durable. Car il n'en demeure pas moins vrai que les externalités n'émanent pas de la politique économique et ni des moteurs de la croissance qui sont inexistantes et même presque sans impacts.

Aussi, la deuxième hypothèse l'est également étant donné que les signes des variables capital humain et public se sont révélés contraires à ceux attendus relativement au modèle fonctionnel ou algébrique.

IV. Discussion

L'état régulier de l'économie congolaise dans la chronique de cette recherche, selon les résultats de notre analyse, est marqué par une productivité totale des facteurs faiblement soutenus par des facteurs traditionnels (moteurs de croissance). Seule la variable exportations nettes (EXPORTNET) est significativement négative et influence l'augmentation de la productivité des facteurs. Elle génère les externalités diffusables et internalisables dans l'économie.

Sarah GUILLOU et Lionel NESTA (2015) dans leur régression par la méthode des moindres carrés avec effets fixes (Least Square Dummy Variables – LSDV), ils estiment un modèle fonctionnel qui met en relation de causalité la variable endogène taux de la PTF et les variables exogènes PTF, consommation mondiale, les investissements, la variable unitaire qui capture la crise et la production. Tout en recommandant de rester prudent quant à l'interprétation des résultats dans la mesure où les relations causales n'ont pas mis en évidence les problèmes d'endogénéité (notamment en raison de causalité mutuelle). Cela est dû à cause du fait que le modèle à effets fixes ne les analyse pas correctement.

In fine de leur analyse, ils obtiennent donc les corrélations partielles entre la variable dépendante et les variables explicatives. Cela révèle que la relation entre investissement et croissance de la PTF a été modifiée après la crise de 2008, l'investissement post-2008 étant associé à un ralentissement de la croissance de la PTF.

En sus, les changements de la nature des investissements tout autant que des effets de volume peuvent expliquer l'inefficacité de l'investissement après la crise.

Ce résultat suggère donc que la crise implique des effets durables sur la trajectoire de la PTF qui vont au-delà de sa baisse transitoire par le fait du non-ajustement des facteurs.

En mettant en vedette deux éléments distinctes, le Ministère de l'Économie du Grand-Duché de Luxembourg dans ces perspectives économiques met en exergue les nouvelles théories de la croissance du cadre conceptuel de Solow. Il retrace, en précisant d'abord, que les agents économiques font des choix (comportement d'optimisateur) relatifs à l'accumulation du capital humain ou de la connaissance : elles endogénéisent la productivité globale des facteurs. Et en soutenant ensuite, qu'elles introduisent le concept d'externalité ou la possibilité de rendements d'échelle non décroissants.

De surcroît, ils utilisent le calcul de la PTF des pays du Luxembourg sous deux aspects. Le premier comme productivité totale des facteurs multifactorielle de plusieurs secteurs industriels, de formation technique, d'ouverture extérieure, la connaissance et les facteurs traditionnels et in fine de cette analyse, ils aboutissent, grâce aux méthodes paramétriques, à dire que la productivité multifactorielle dépend plus de l'amélioration de la connaissance dans le secteur industriel et de NTIC.

Le second s'intéresse à la méthode paramétrique et quant à ce, ils utilisent le modèle ECM pour s'assurer si les effets retardés des innovations impactent sur l'économie nationale. Et, à la fin de l'analyse, ils démontrent aussi bien que dans la première méthode que la PTF (considérée ici comme gains de productivité ou externalités internalisables) dépend plus du NTIC et de l'accumulation de la connaissance.

Ces résultats sont soutenus par l'article de TSASA (2019) qui, en analysant la PTF de la RDC et soutenue par l'approche économétrique spécifiquement au travers de la méthode de robustesse de White, démontre que sur le long terme, elle n'a pas été soutenue par la croissance et que cette dernière ne l'influence pas non plus. Selon l'auteur, Cette PTF n'apporte donc pas un changement non technologique car les facteurs ou paramètres n'influencent pas la croissance et même la PTF. Il renchérit que la PTF est volatile à cause des chocs politiques et des délais internes et intermédiaires de politique économique globale.

Nonobstant des recherches de l'Afrique maghrébine relative à la PTF, l'Afrique subsaharienne est loin de présenter des recherches qui accordent de l'importance à la PTF dans la croissance économique durable et soutenable. Bon gré mal gré cette pauvreté scientifique, il a été intéressant que cette présence recherche s'y planche afin d'interpeller nos décideurs à en donner de sa place dans la politique économique de la RDC. Nos résultats s'avèrent donc certains et plausibles si nous nous en tenons aux méthodes utilisées par les différents prédécesseurs à cette recherche.

Au regard des résultats de nos recherches et en considération des discussions in supra, l'unique question posée trouve sa réponse. Elle permet de proposer judicieusement des mesures politiques économiques idoines à mettre en œuvre afin d'atteindre une productivité totale des facteurs qui génère les externalités internalisables et diffusables et de permettre une croissance durable et soutenable.

La République Démocratique du Congo pour soutenir une PTF durable doit donc :

- Premièrement, améliorer la qualité des institutions du pouvoir public de telle sorte que la corruption, l'absence d'harmonisation des affaires et la coordination entre la politique et la justice soient éradiquées ;
- Deuxièmement, axer la croissance économique sur le capital public (des dépenses publiques optimales et productives) afin de financer les grands travaux à fortes externalités diffusables et internalisables ;
- Troisièmement, être appuyée par une croissance économique auto-entretenu à ce sens qu'elle doit provenir d'une politique économique. Elle utilisera la politique budgétaire expansionniste pour le financement des PME consacrées à la technologie, aux NTIC et aux activités technique et de pratique professionnelle afin de soutenir la PTF ;
- Quatrièmement, élaborer et focaliser la stratégie unifiée dans le secteur d'enseignement primaire, secondaire et universitaire. Ces enseignements doivent initier les apprenants dès le bas âge aux activités entrepreneuriales ;
- Cinquièmement, penser à une modélisation du système macroéconomique congolais afin d'adapter de croissance économique en RDC par rapport à son sentier dynamique ;
- Sixièmement, stimuler la croissance économique et la PTF, cela au travers l'ouverture extérieure dans le secteur d'industrie manufacturière et soutenue par la spécialisation en avantage comparatif.

Bibliographie

Ouvrages

- Frédéric MISHKIN (2010) : *Monnaie, banques et marchés financiers*, 9^{éd.}, Dunod, Paris.
- Otemikongo Mandefu (2018) : *La recherche scientifique en sciences sociales et humaines : la guerre des méthodes*, 1^{ère}éd., Harmattan, Paris.

Articles

- Patrick ARTUS() : *Croissance endogène : revue des modèles et tentatives de synthèse*, Revue économique, Vol. 44, No. 2, Nouvelles théories de la croissance, Published by: Sciences Po University Press Stable URL: <http://www.jstor.org/stable/3502239>, 1993 consulté le 08/06/2020.
- Guyomard H. : *Progrès techniques et productivité totale des facteurs : analyse théorique et application à l'agriculture française (1960-1984)* in : *Economie rurale*. N° 192-193, 1989, doi : <https://doi.org/10.3406/ecoru.1989.3998>, 04/08/2020.
- Marion DOVIS (2009), *Formulation et estimation des modèles de mesure de la productivité totale des facteurs : une étude sur un panel d'entreprises turques*, Revue d'économie politique 2009/6 (Vol. 119)

- Sarah GUILLOU et Lionel NESTA(2015) : *la crise de 2008 et la productivité totale des facteurs des entreprises françaises*, Revue OFCE, Sciences PO, Paris.

Figure n°2 : Tableau de l'analyse par le GMM

Dependent Variable: PTF
 Method: Generalized Method of Moments
 Date: 05/05/21 Time: 18:49
 Sample (adjusted): 1987 2019
 Included observations: 33 after adjustments
 Linear estimation with 1 weight update
 Estimation weighting matrix: HAC (Prewhitening with lags = 1, Tukey
 -Hanning kernel, Andrews bandwidth = 0.8739)
 Standard errors & covariance computed using estimation weighting matrix
 Instrument specification: CG(-1) CH(-1) CP(-1) EXPORTNET(-1) PIBC(-1)
 CG(-2) CH(-2) CP(-2) EXPORTNET(-2) PIBC(-2)
 Constant added to instrument list

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.878092	0.620024	1.416223	0.1681
CG	4.17E-11	4.16E-11	1.000874	0.3258
CH	0.147567	0.259631	0.568374	0.5745
CP	-9.33E-11	6.54E-11	-1.427998	0.1648
EXPORTNET	-0.011962	0.003041	-3.934173	0.0005
PIBC	-2.88E-06	0.000120	-0.024000	0.9810
R-squared	-0.441477	Mean dependent var		0.984515
Adjusted R-squared	-0.708418	S.D. dependent var		0.131723
S.E. of regression	0.172170	Sum squared resid		0.800352
Durbin-Watson stat	2.073047	J-statistic		3.853149
Instrument rank	11	Prob(J-statistic)		0.570747