

**Document de travail du LEM / Discussion paper LEM
2017- 09**

Comparaison des performances productives entre la zone Euro et les autres pays de l'OCDE

Jean-Philippe BOUSSEMART

LEM UMR 9221 / jp.boussmart@ieseg.fr

Cyprien DAKOUO

LEM UMR 9221 / cydauo@SFR.fr

Hervé LELEU

LEM UMR 9221 / h.leleu@ieseg.fr

<http://lem.cnrs.fr/IMG/pdf/dp2017-09.pdf>

 <http://lem.cnrs.fr/>

Les documents de travail du LEM ont pour but d'assurer une diffusion rapide et informelle des résultats des chercheurs du LEM. Leur contenu, y compris les opinions exprimées, n'engagent que les auteurs. En aucune manière le LEM ni les institutions qui le composent ne sont responsables du contenu des documents de travail du LEM. Les lecteurs intéressés sont invités à contacter directement les auteurs avec leurs critiques et leurs suggestions.

Tous les droits sont réservés. Aucune reproduction, publication ou impression sous le format d'une autre publication, impression ou en version électronique, en entier ou en partie, n'est permise sans l'autorisation écrite préalable des auteurs.

Pour toutes questions sur les droits d'auteur et les droits de copie, veuillez contacter directement les auteurs.

The goal of the LEM Discussion Paper series is to promote a quick and informal dissemination of research in progress of LEM members. Their content, including any opinions expressed, remains the sole responsibility of the authors. Neither LEM nor its partner institutions can be held responsible for the content of these LEM Discussion Papers. Interested readers are requested to contact directly the authors with criticisms and suggestions.

All rights reserved. Any reproduction, publication and reprint in the form of a different publication, whether printed or produced electronically, in whole or in part, is permitted only with the explicit written authorization of the authors.

For all questions related to author rights and copyrights, please contact directly the authors.

COMPARAISON DES PERFORMANCES PRODUCTIVES ENTRE LA ZONE EURO ET LES AUTRES PAYS DE L'OCDE

Cyprien DAKOUO^a, Jean-Philippe BOUSSEMART^b, Hervé LELEU^c

a IÉSEG School of Management, CNRS, UMR 9221 - LEM, F-59000 Lille, France

email: cydauo@sfr.fr

b University of Lille, CNRS, IÉSEG School of Management, UMR 9221 - LEM, F-59000 Lille, France

email: jp.boussemart@ieseg.fr

c CNRS, IÉSEG School of Management, University of Lille, UMR 9221 - LEM, F-59000 Lille, France

email: h.leleu@ieseg.fr

Septembre 2017

Résumé

Notre objectif est de comparer la dynamique sur longue période des niveaux de productivité des pays de la zone euro à ceux d'un ensemble de pays dénommé « autres OCDE ». A partir d'une modélisation paramétrique de la frontière de production et de son estimation par la méthode des frontières stochastiques, nous examinons la sigma-convergence de la productivité globale des facteurs des deux zones. Sur le plan empirique, nous examinons entre 1965 et 2015 les évolutions des productivités de 11 pays de la zone euro (Allemagne, Autriche, Belgique, Espagne, Finlande, France, Grèce, Irlande, Italie, Pays-Bas, Portugal) et 11 pays du groupe « autres OCDE » (Australie, Canada, Danemark, Etats-Unis, Islande, Japon, Norvège, Nouvelle-Zélande, Royaume-Uni, Suède, Suisse). Notre analyse permet de mettre en lumière l'existence d'un mouvement de convergence sur le long terme entre les économies développées. Cependant, plus récemment, et au sein de l'espace de l'Union Monétaire Européenne (UME), cette convergence des performances économiques entre les pays membres marque nettement le pas. Si un fort mouvement de convergence préexistait à l'introduction de la monnaie unique, il semble que depuis la création de l'euro, cette dynamique se soit interrompue voire inversée et notamment depuis la crise de 2008-2009.

Mots clés : Productivité Globale des Facteurs ; convergence/divergence ; rattrapage technologique ; frontières de production paramétriques stochastiques, zone euro.

Introduction

L'ambition de la zone euro, telle que définie dans le traité de Maastricht, est d'assurer une convergence quantitative, qualitative et durable des niveaux de vie entre les pays protagonistes. Cependant dans une économie mondialisée, ce dessein interne devrait s'accompagner d'un rattrapage de productivité, comparativement aux pays leaders les plus compétitifs (European Commission, 2010 ; Colligon et Esposito, 2014).

A cet égard, de nombreux indicateurs partiels tant structurels que conjoncturels (PIB/tête, déficit public, dette publique, taux d'inflation, taux d'intérêt, ...) ont été utilisés pour examiner la convergence macro-économique entre les pays membres de la zone euro (Estrada et al., 2013 ; De Grauwe et Ji, 2016) ou pour comparer la productivité du travail de l'Euroland à celle d'autres zones géographiques (Martino, 2015 ; Battisti et al. 2017). En revanche, la prise en compte d'un critère plus complet comme la productivité globale des facteurs (PGF) intégrant à la fois des composantes de progrès technique et de rattrapage technologique suscite de plus en plus d'intérêt dans l'analyse de la convergence macroéconomique des pays membres de l'Union monétaire Européenne (UME) (Kutan et Yigit, 2009 ; Sondermann, 2014). Aussi, est-il opportun de se demander en quoi cette analyse contribue à jeter un nouvel éclairage sur les enjeux futurs de la zone euro ?

Par son rôle déterminant dans la croissance des économies, la PGF constitue une caractéristique essentielle du maintien d'une union économique et monétaire dans le cas où certains pays manifestent une aversion à une solidarité budgétaire accrue. En effet, la suppression des taux de change s'accompagne d'une plus grande transparence des prix. A terme, cette dernière doit aboutir à une convergence des prix des marchandises et des coûts des facteurs de production entre les différentes économies de l'Union. De fait, à l'intérieur de cette zone il n'y a plus de possibilité de réduire les écarts de productivité par des politiques de dévaluation compétitive. Et, à moins que la mobilité des facteurs facilite l'ajustement à des chocs asymétriques, ceux-ci menacent d'augmenter le chômage dans les secteurs de biens échangeables des pays les moins compétitifs. Or, les marchés du travail des différentes nations européennes sont peu interconnectés du fait de la faible mobilité géographique liées aux différences culturelles ou linguistiques des chercheurs d'emploi. Ainsi, des politiques de transferts financiers des régions les plus prospères vers les régions les plus pauvres ou moins productives devraient être mises en œuvre. Dans le cas contraire, la convergence des productivités des pays membres devient alors un enjeu crucial pour prévenir l'instabilité et garantir le maintien de cette zone monétaire.

Une première section expose une brève revue de la littérature sur la convergence des productivités. Les objectifs et méthodes de notre analyse sont précisés dans une deuxième section. La section 3 présente les données utilisées dans l'application de notre modèle tandis que l'analyse descriptive de la productivité du travail et les estimations économétriques des niveaux de productivité globale des facteurs sont développées dans les sections 4 et 5.

Section 1- Bref rappel de la littérature sur la convergence des productivités

Depuis le modèle de croissance de Solow (Solow 1956), la prise en compte du progrès technique par la théorie néoclassique révèle les limites de l'accumulation du capital dans l'explication de la productivité. Bien plus, la part non expliquée des écarts de productivité, ne peut plus être perçue comme un simple résidu (Solow, 1957) ou une mesure de « notre ignorance » (Abramovitz, 1956). Dès lors que le progrès technique incorpore du capital humain (éducation, savoir-faire, innovation, etc.), son caractère exogène n'est plus conforté par les faits. Dans l'approche endogène de la croissance (Mankiw et al., 1992 ; Barro et Sala-i-Martin, 2004), les déterminants de la différence de productivité résultent moins de la seule intensité du capital que d'une matrice de variables explicatives, couvrant la R&D, l'innovation, la diffusion et l'adoption-imitation, etc. Ainsi, la part de la croissance non expliquée par la variation des inputs est assimilable à une « boîte noire » (Moutinho et al., 2015) dont la dissection révèle des composantes tangibles et intangibles (Wolff, 2014 ; Isaksson, 2007). Plus que les données économiques habituelles, elle couvre surtout des « *social capabilities* » (Abramovitz, 1986 ; Temple et Johnson, 1998) agrégation de constituantes sociales, culturelles, institutionnelles, environnementales etc. Cette entité conceptualisée en productivité globale des facteurs, prend le pas sur l'accumulation du capital comme source principale de la croissance et comparateur approprié de performances (Islam, 2001, 2005 ; Acemoglu, 2009).

Depuis la fin des années 90, plusieurs études empiriques, visant la comparaison internationale de PGF, ont révélé que les différences de niveaux de PGF entre les pays pourraient refléter les différences de technologies (Dowrick et Nguen, 1989 ; Wolff, 1991 ; Dougherty et Jorgenson, 1997). Comme la PGF est une mesure empirique de la technologie, le concept de « Total Factor Productivity convergence » (convergence des PGF) émerge dans la littérature aux fins d'étudier comment les pays à faible niveau de PGF peuvent ou pas rattraper ceux dotés de niveaux plus élevés (Benhabib et al., 2014 ; Boussemart et al., 2011). Les théories de la convergence des PGF examinent la réduction des écarts de technologies entre les économies (Dowrick et Rogers, 2002 ; Madsen et al. 2010). Tandis que l'intuition d'un progrès technique exogène s'accompagnait de celle d'une technologie commune (Hall et Sena, 2014 ; Scoppa, 2013), l'hypothèse d'un progrès technique endogène (Bernard et Jones, 1996) s'accommode mieux de celle d'une technologie appropriée à chaque économie et donc hétérogène entre les firmes, les secteurs ou les pays (Jerzmanowski, 2007 ; Lee et Malerba, 2017). En fonction de leur niveau de technologie, les pays peuvent se situer en tête ou en queue de peloton (Stokey, 2015 ; Fagerberg et al., 2007). Les leaders pouvant se voir rattraper par les followers. Ce phénomène dit de rattrapage technologique se caractérise par la tendance des pays de faible niveau de PGF de combler le gap technologique qui les sépare des leaders (Wolff, 2014). En revanche, la divergence des PGF résulte de l'innovation technologique comme traduction d'un bien meilleur niveau d'éducation, de R&D, d'une meilleure allocation des ressources (Grossman et Helpman, 1994 ; Harashima, 2009) de certains pays par rapport aux autres

économies. L'innovation technologique se traduit par un déplacement de la frontière des meilleures pratiques de production ; alors que le rattrapage technologique dépend de vitesse de la diffusion, de l'adoption et/ou de l'imitation conduisant à la réduction de la distance à la frontière de production (Lee et Malerba, 2017 ; Fontana et Vezzulli, 2016).

Section 2 - Objectif et méthodologie

L'objectif de ce travail est de mesurer les niveaux de productivité du travail et ceux de la PGF des pays de la zone euro et de tester leur convergence par rapport à ceux d'un groupe de pays dénommé "autres OCDE". Pour ce faire, nous examinons d'abord la productivité du travail par une approche descriptive conduisant à la sigma-convergence. Ensuite, en introduisant une approche méthodologique basée sur le cadre conceptuel des frontières de production stochastiques, nous estimons les gains de productivité globale des facteurs et analysons l'évolution comparée des performances productives des deux zones au regard de leur sigma-convergence.

Eu égard aux estimations standards des productivités globales des facteurs, l'approche paramétrique des frontières stochastiques présente plusieurs avantages. Tout d'abord, elle récuse l'hypothèse que chaque pays se situe a priori sur la frontière de production. La possibilité d'existence d'écarts techniques à la frontière de production permet non seulement la comparaison de chaque économie à ses propres performances passées, mais aussi à celles des meilleures pratiques de l'ensemble retenu. Ainsi, les biais de mesures de la productivité globale, liés à ses inefficacités éventuelles sont évités. Par ailleurs la détermination du pays leader en termes de productivité ou d'une norme à partir desquels sont évalués les écarts de productivité des autres économies ne résulte pas d'un choix arbitraire de l'analyste mais se détermine directement à partir de l'estimation de la technologie.

Plus précisément, nous recourons à un modèle qui procède d'une interprétation particulière de la fonction de production. Celle-ci est définie comme la frontière du techniquement possible déterminée par les meilleures pratiques observées (benchmark composé des pays les plus productifs). Via l'estimation de cette frontière, nous décomposons les gains de productivité des économies en deux éléments : la variation de l'efficacité qui rapproche l'économie de son benchmark et le progrès technique qui déplace le benchmark dans le temps. Dès lors, grâce à ces mesures de performances productives il est possible d'étudier le mouvement de convergence des niveaux de productivité globale des facteurs des pays de la zone euro et de le comparer à celui des autres pays de l'OCDE non membres de cette union.

Section 3 : Présentation des données et de la fonction de production

Nous exploitons la base de données macroéconomiques annuelles de l'Union Européenne (AMECO) sur la période 1965-2015. Ces 50 ans de longueur de séries répondent aux exigences

des études de convergence, ainsi que des auteurs comme Barro (1991) le recommandent. Notre étude porte sur deux ensembles de pays industrialisés. D'une part, 11 pays de la Zone euro (Allemagne, Autriche, Belgique, Espagne, Finlande, France, Grèce Italie, Irlande, Pays-Bas, Portugal). Nous avons opéré deux aménagements concernant le nombre de pays. L'Allemagne de l'Est et l'Allemagne Fédérale ont été regroupées en une seule économie même avant 1992. Ceci nous semblait mieux approprié pour comparer son évolution économique au sein de la Zone euro à celle précédant cette période. Notre choix de retirer le Luxembourg est dicté par le poids particulier de son secteur tertiaire qui en fait un pays trop particulier pour définir la technologie de production retenue dans notre analyse. Par ailleurs, certains pays de la Zone euro (Chypre, Estonie, Lettonie, Lituanie, Malte, Slovaquie, Slovaquie) n'ont pas été intégrés dans notre base de travail soit du fait de l'absence de données sur une grande partie de la période étudiée, soit du fait de leur trop grande spécificité les laissant apparaître comme « *outliers* » potentiels notamment en termes de taille économique. D'autre part, le choix des 11 autres pays de l'OCDE (Australie, Canada, Danemark, Etats-Unis, Islande, Japon, Norvège, Nouvelle Zélande, Royaume-Uni, Suisse, Suède) repose également sur la disponibilité des données dans la base de données de référence.

La fonction de production relie le PIB (Y) à l'emploi (L) et au stock de capital fixe (K). Le PIB aux coûts des facteurs et le stock net de capital fixe sont mesurés en milliards d'euros à prix constants 2010 respectant la parité de pouvoir d'achat ; la quantité de travail est en milliers de personnes et reprend tous les emplois domestiques. Concernant cette dernière variable, le nombre d'heures travaillées ou à défaut le nombre de personnes équivalentes temps plein auraient été mieux appropriés comme mesure mais jusqu'à la fin 2015, ces informations n'étaient pas disponibles pour une majorité de pays ni mises à jour régulièrement dans la base de l'Union Européenne.

La suite du travail s'attachera d'abord à l'analyse la productivité du travail de la zone euro et des autres pays de l'OCDE. Elle se poursuit ensuite par l'examen des gains de productivité au moyen de l'approche stochastique, dont les résultats seront discutés. Enfin la conclusion traite de quelques directions d'approfondissement possibles qui pourraient contribuer à une translation de l'étude vers la zone de l'Union Economique et Monétaire Ouest Africaine.

Section 4-L'analyse de la productivité du travail de la Zone euro et des autres pays de l'OCDE

La productivité se mesure par le rapport de l'output à un input (partielle) ou à plusieurs inputs (multifactorielle). Le manuel de l'OCDE fait une présentation plus large des différentes mesures de la productivité (OCDE, 2001). Celle plus précise du travail rapporte la production au facteur travail. Du choix de l'unité de mesure du travail dépend la qualité de l'indicateur calculé : le numérateur peut être la production en volume ou la valeur ajoutée à prix constant) ; le dénominateur, le nombre de travailleurs, ou mieux la quantité d'heures

travaillées. Si en entreprise ces grandeurs peuvent être aisées à obtenir, au niveau méso ou macroéconomique, les agrégations peuvent s'avérer plus difficiles à constituer (OCDE, 2001 ; Ark, B., 1996). L'intuition que le taux de croissance de la productivité du travail est tributaire du travail effectif par unité de capital, bien que soumise aux hypothèses de la nature des rendements à l'échelle et des rendements marginaux, est ancienne et le temps effectivement mis à travailler est très tôt perçu comme un facteur explicatif de l'accroissement de la productivité.

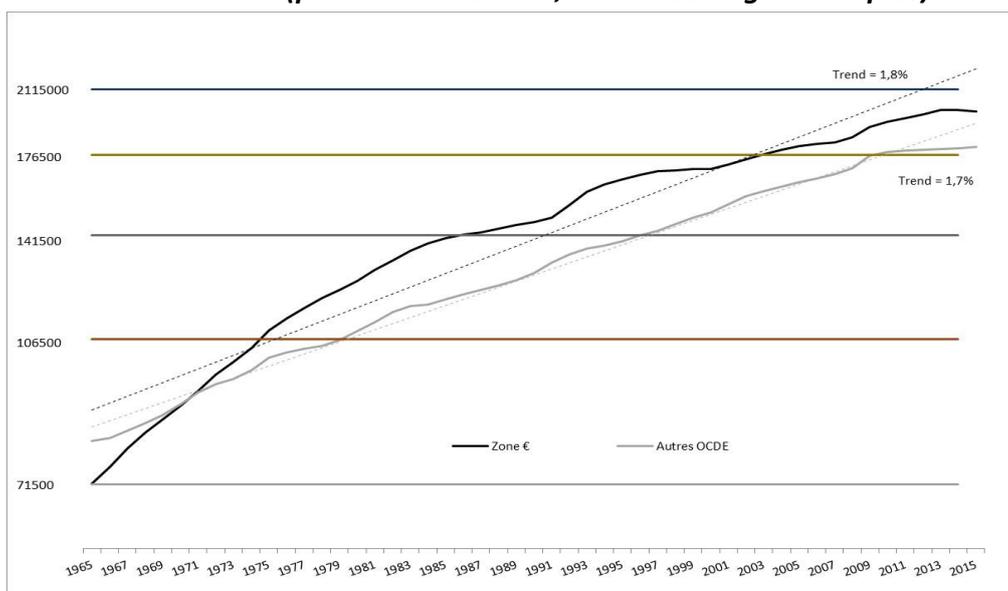
L'évolution de l'intensité capital/travail

Le facteur travail évolue plus rapidement dans les autres pays de l'OCDE (au taux tendanciel de 1,1%) que dans la zone euro (0,6%). Alors que la zone « autres OCDE » n'utilisait que 1,6 fois plus de personnes que l'Euroland en 1965, elle en employait 2 fois plus en 2015.

Le niveau de l'accumulation du capital (cf. graphique 1) est plus élevé dans la zone euro que dans celle des autres pays de l'OCDE. Cependant, les trends sont : respectivement 2,5% et 2,7%. Ils sont marqués par des déviations aux tendances en début et en fin de période similaires, avec un fléchissement significatif de la croissance du capital à partir de 2008.

En conséquence, le trend du ratio capital/travail de la zone euro évolue à 1,8% et celui « autres OCDE » atteint 1,7%. Ce léger gap de croissance indique que les pays membres de l'UME ont accentué leur intensité en capital par rapport à leurs homologues, notamment jusqu'au milieu des années 1990.

Graphique 1: Evolutions comparées de l'intensité capitaliste K/L en euros PPA (prix constants 2010, ordonnées logarithmiques)



Source : calculs des auteurs d'après données AMECO

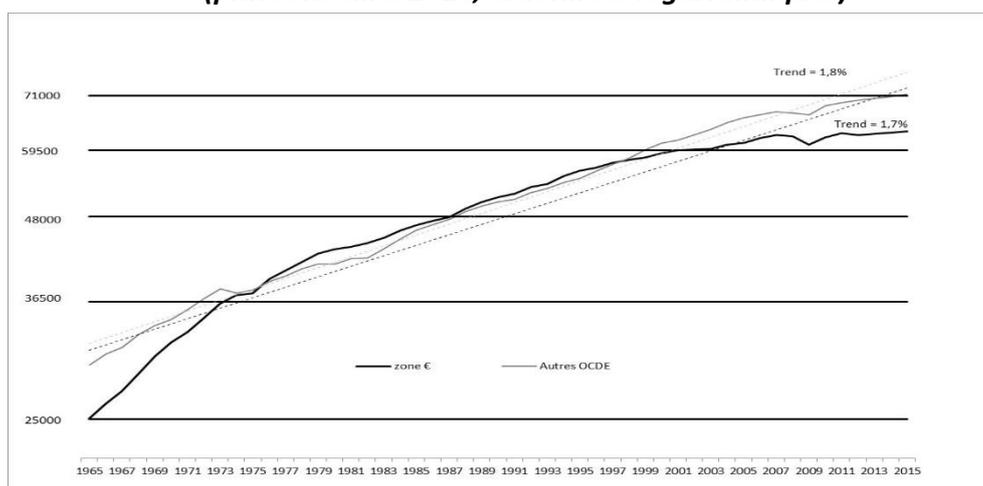
L'évolution du PIB

Avec un trend d'environ de 2,3% sur la période 1965-2015, la zone euro connaît une croissance annuelle inférieure à celle des « autres OCDE » qui dépasse 2,8%. Si, entre 1965 et 2007 pour les deux groupes de pays, les taux annuels varient au-dessus ou au-dessous de leurs tendances respectives selon les rythmes des cycles économiques, nous pouvons noter que depuis 2008 les déviations à la baisse par rapport aux trends de longue période sont nettement plus marquées. En effet, de 1986 à 2007, les PIB réels annuels sont supérieurs ou égaux à leurs niveaux tendanciels alors qu'à partir de 2008 les décrochages sont très nets pour les deux zones.

La dispersion des tendances nationales autour de la tendance moyenne du groupe est deux fois plus marquée dans la zone euro que dans les « autres OCDE ». Alors que la France, l'Allemagne, la Grèce et l'Italie ont des tendances respectives inférieures à la moyenne de la zone euro, les autres pays affichent des performances égales ou supérieures. L'Irlande se démarque avec un trend de 4,7%. Les autres pays de l'OCDE sont mieux regroupés autour de leur tendance moyenne. Cependant la Suisse, le Danemark, la Suède, le Royaume-Uni et le Japon font moins bien que la moyenne « autres OCDE » alors que toutes les autres nations enregistrent des performances supérieures.

En ce qui concerne l'évolution de la productivité du travail (cf. graphique 2) sur l'ensemble de la période, le rythme de croissance est légèrement plus rapide dans les autres pays de l'OCDE (1,8% contre 1,7%).

**Graphique 2 : Evolutions comparées des productivités du travail en euros PPA
(prix constants 2010, ordonnées logarithmiques)**



Source : calculs des auteurs d'après données AMECO

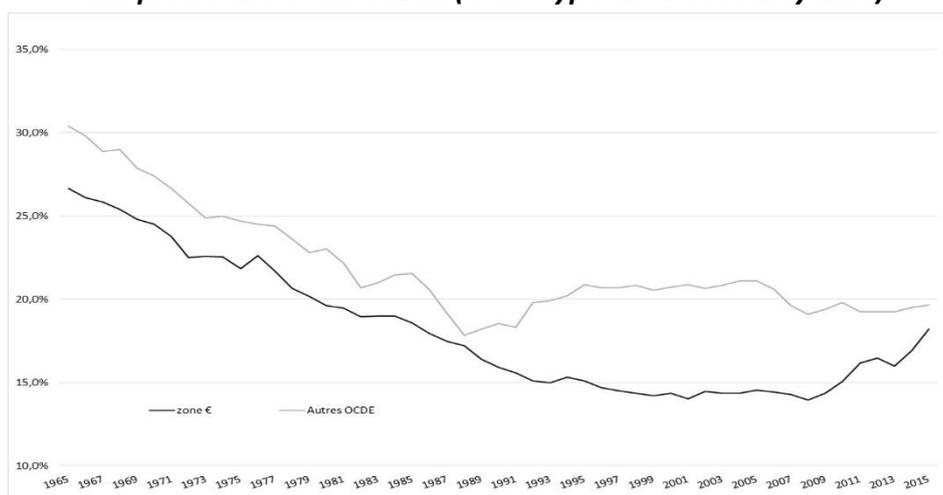
Cependant un processus de rattrapage entre les deux zones s'observe jusqu'à la fin des années 1990 grâce à une croissance plus soutenue de la zone euro (2,3% contre 1,9%) tandis

que depuis cette période un processus de divergence réapparaît entre les deux groupes au profit des « autres OCDE » (1,1% contre 0,5%). Par ailleurs, on peut souligner que cet écart entre les niveaux de productivité du travail s'accroît depuis la crise de 2008.

L'évolution des écarts de productivité du travail

L'analyse des coefficients de variation des niveaux de productivité du travail (cf. graphique 3) montre un mouvement de sigma-convergence bien plus long pour la zone euro que pour la zone « autres OCDE ». Si l'on note que cette convergence s'arrête pour les « autres OCDE » à partir de 1989 pour laisser place à un phénomène de divergence des niveaux de PIB par unité de travail, elle se poursuit de manière significative pour les pays de la zone euro jusqu'à la fin des années 1990. Une relative stabilité de ce coefficient s'observe ensuite jusqu'en 2008 pour remonter ensuite de manière très significative.

Graphique 3 : Evolutions comparées des coefficients de variation des productivités du travail (écart-type en % de la moyenne)



Source : calculs des auteurs d'après données AMECO

Via la mobilité des facteurs, la convergence des niveaux de productivité du travail est l'un des avantages espérés de l'appartenance à une zone monétaire. De plus, à mesure que le niveau d'intégration des économies augmente, les gains de productivité devraient participer encore plus à la convergence (Bernard et Jones, 1996 ; Kutan et Yigit, 2009). Cet attendu ne semble pas se confirmer, puisque la dispersion des niveaux de productivité du travail se réduit avant la création de la monnaie unique en 1999, puis stagne entre 2000 et 2007. Ce résultat est corroboré par les travaux empiriques de Martino (2015) ou Artige et Nicolini (2006). Mais cette conclusion diffère selon les secteurs : le secteur des services semble avoir été le moins incriminé, comparé à celui de l'agriculture et de l'industrie manufacturière qui connaissent les plus grandes dispersions de productivité du travail (Martino, 2015 ; Jorgenson et Timmer,

2011). Ce phénomène qui se constate au sein de la zone euro, est également perceptible dans la comparaison avec les USA.

La réduction des écarts de productivité qui a prévalu, entre les pays partenaires de la zone euro tout comme avec ceux des autres pays OCDE depuis le début de la période, s'estompe à la fin des années 1990, ainsi que le partagent des auteurs comme Jorgenson (2001), Lecat (2004) ou Van Ark et Inklaar (2005).

En effet les nouvelles technologies de l'informations semblent mieux participer à la productivité du travail des USA que dans la plupart des autres pays. Par exemple alors que la technologie de la téléphonie se développe outre atlantique, la lourdeur de l'administration européenne freine son essor. Tout comme l'éducation et la formation professionnelle tardent à intégrer l'outil informatique (Havik et al., 2008 ; Van Ark, 2014) et bloquent ainsi les mutations indispensables de la main d'œuvre pour l'adapter à une économie en attente de nouvelles technologies (Castiglione et infante, 2014 ; McMorrow et al., 2010). Par ailleurs, l'impact de la crise des *subprimes* en 2008 semble avoir plus marqué le niveau de la productivité du travail des deux zones qu'il n'a affecté les écarts entre les pays industrialisés, non engagés dans une politique commune de cohésion économique à la différence de ceux de la zone euro que les critères de Maastricht auraient dû contraindre vers plus de similitude. Cependant, la seule prise en compte des variations de l'emploi et du PIB est insuffisante pour analyser précisément le ralentissement des performances productives des économies. En effet, en comparant les graphiques (1) et (2), la zone euro est caractérisée par un niveau et un taux de croissance du ratio K/L plus élevé que celui des autres pays OCDE. Pourtant elle peine à traduire cet avantage en un meilleur niveau de productivité du travail. Il est donc crucial d'intégrer cette dimension par le calcul d'un indicateur de productivité plus complet.

Section 5 – Analyse des gains de productivité globale

Les gains de productivité globale recouvrent à la fois des éléments d'innovation (shift ou déplacement de frontière de production) et des effets d'efficacité ou de *social capabilities* (variations de la distance des pays au benchmark). Cette section analyse le rattrapage technologique entre nations par la mesure de ces deux composantes. Plus précisément, elle montre comment l'approche par les frontières de production paramétriques stochastiques est particulièrement adaptée à cette problématique. Ce type de modélisation nécessite de spécifier a priori une forme fonctionnelle précise de la frontière de production et un écart stochastique à la frontière pour chaque économie.

5.1 La mesure des gains de productivité par l'efficacité et le progrès technique

L'estimation d'une frontière de production repose sur l'hypothèse d'une relation entre les quantités maximales d'outputs possibles et celles des facteurs de production mobilisés. Cette relation est construite à partir des meilleures pratiques observées. Elle s'écrit :

$$y_{n,t}^F = f(\mathbf{x}_{n,t}, t) \quad (1)$$

avec : N = nombre de pays indicés n ; T = nombre de périodes indicées t ; y^F = output maximal ou potentiel
 $\mathbf{x} = (x_1, x_2, \dots, x_I)$ vecteur des I inputs indicés i

La quantité d'output effective est donc :

$$y_{n,t} = y_{n,t}^F e^{\mu_{n,t}} = f(\mathbf{x}_{n,t}, t) e^{\mu_{n,t}}$$

$$\text{où } e^{\mu_{n,t}} \in [0, 1] \quad (2)$$

$e^{\mu_{n,t}}$: le niveau d'efficacité du pays n observé à la date t .

La différentielle du logarithme de l'équation (2) par rapport au temps précise que la croissance de la production est issue de trois éléments distincts : l'augmentation de l'output due aux variations des quantités de facteurs pondérées par leurs élasticités output/input respectives, le progrès technique de la frontière et les variations de l'efficacité.

$$\left(\frac{dy}{y} \right)_{n,t} = \mathbf{g}_x \left(\frac{d\mathbf{x}}{\mathbf{x}} \right)_{n,t} + h_t + \frac{d\mu_{n,t}}{dt} \quad (3)$$

\mathbf{g}_x : vecteur des élasticités de la production par rapport aux différentes quantités d'input x_i

h_t : l'élasticité de l'output par rapport au temps (shift ou progrès technologique)

$\frac{d\mu_{n,t}}{dt}$: la variation temporelle de l'efficacité du pays n

Ainsi la croissance de la production non expliquée par les variations des facteurs définit le gain de productivité qui est donc égal au progrès technique additionné à la variation de l'efficacité :

$$\left(\frac{dPGF}{PGF} \right)_{n,t} = \left(\frac{dy}{y} \right)_{n,t} - \mathbf{g}_x \left(\frac{d\mathbf{x}}{\mathbf{x}} \right)_{n,t} = h_t + \frac{d\mu_{n,t}}{dt} \quad (4)$$

5.2 Le modèle Time Varying Effect comme méthode d'estimation

Aigner et Chu en 1968 sont les premiers à estimer une frontière de production paramétrique déterministe incorporant un terme d'efficacité μ . Grâce à une spécification Cobb-Douglas et

en estimant le vecteur β des élasticités via un programme linéaire qui minimise $\sum_{n=1}^N \mu_n$ sous

les contraintes $\mu_n \geq 0$, $n = 1, 2, \dots, N$, ils obtiennent les écarts entre la production observée et la

production potentielle $e^{\mu_n} = \frac{Y_n}{e^{\mathbf{x}_n \beta}}$. Ce sont les contributions, d'abord d' Afriat (1972) ; puis, en

1977 d'Aigner, Lovell et Schmidt ainsi que de Meeusen et Van den Broeck qui suggèrent que

l'approche des frontières de production paramétriques peut intégrer une erreur aléatoire v_n au terme initial μ_n , tels que ces deux termes répondent à des caractéristiques propres de distribution et d'indépendance. Y peut maintenant varier au-dessus ou au-dessous de la frontière $e^{X\beta}$ qui peut dès lors être qualifiée de frontière stochastique.

Ces premières tentatives de modélisation de frontières de production stochastiques ont été testées sur des données cross-section qui n'intègrent pas la dimension temporelle de l'efficacité. L'utilisation des données de panel permet de pallier cet inconvénient et offre l'avantage d'accroître les degrés de liberté dans les méthodes d'estimation. En effet, la combinaison des variations spatiales et temporelles des données permet de mesurer les gains de productivité résultant conjointement des effets de rapprochement à la frontière (via l'évolution des termes d'efficacité) et de progrès technique (via les déplacements dans le temps de la frontière). Un autre avantage majeur des données de panel est que leurs méthodes d'estimation associées (effets fixes ou à erreurs composés) ne nécessitent plus de spécifier une distribution a priori des termes d'efficacité (Schmidt et Sickles, 1984).

Dans notre analyse, nous avons retenu une méthode d'estimation paramétrique stochastique appelée « variation des effets temporels » ou « *Time Varying Effect* » (TVE). Elle fut développée par Cornwell, Schmidt et Sickles (1990) et permet de décomposer $\mu_{n,t}$ en deux éléments (efficacité et aléa). Plus précisément, elle modélise un effet spécifique pays selon une forme quadratique du temps. Comparativement à d'autres approches comme par exemple celle d'Aigner, Lovell et Schmidt (1977) ou celle de Schmidt, Sickles (1984), elle présente deux avantages : elle ne nécessite aucune spécification a priori de la distribution du terme d'efficacité et elle fait évoluer temporellement les gains de productivité du pays.

La réécriture de l'équation (2) en (2 bis) :

$$y_{n,t} = f(\mathbf{x}_{n,t}, t) e^{\phi_{n,t}} \quad (2 \text{ bis})$$

permet de scinder le terme $\phi_{n,t}$ en un effet d'efficacité $\mu_{n,t}$ et un terme stochastique $V_{n,t}$ respectant les hypothèses standards d'espérance nulle, de variance constante et de distribution normale :

$$\phi_{n,t} = \mu_{n,t} + V_{n,t} \quad (5)$$

Le terme d'efficacité est formulé ainsi :

$$\mu_{n,t} = \theta_n^{(0)} + \theta_n^{(1)}t + \theta_n^{(2)}t^2 \quad (6)$$

Il regroupe un effet spécifique usuel $\theta_n^{(0)}$ avec deux autres paramètres de variation chronologique de l'efficacité technique : $\theta_n^{(1)}, \theta_n^{(2)}$.

En choisissant une forme fonctionnelle précise pour la fonction de production f (Cobb-Douglass ou Translog), l'équation (2bis) peut être estimée par une procédure appelée « within généralisé » (WG) du fait que les trois paramètres de l'équation (6) sont spécifiques aux pays

retenus dans l'échantillon. L'application de WG aux données aboutit aux valeurs ajustées sous la forme :

$$\hat{\mu}_{n,t} = \hat{\theta}_n^{(0)} + \hat{\theta}_n^{(1)}t + \hat{\theta}_n^{(2)}t^2 \quad (7)$$

A partir desquelles, les niveaux d'efficacité technique (ET) sont déduits :

$$ET_{n,t} = e^{(\hat{\mu}_{n,t} - \max_n \hat{\mu}_{n,t})} \quad (8)$$

$\max_n \hat{\mu}_{n,t}$ repère l'observation du panel la plus efficace située sur la frontière de production à la date t . Ce pays leader n'est donc pas choisi arbitrairement par l'analyste mais résulte directement de l'estimation de la frontière. Finalement, pour chaque pays, les gains de productivité globale sont des fonctions linéaires du temps, résultant de la différenciation de l'équation (7) (variations de l'efficacité technique et du taux de progrès technique estimé) :

$$\frac{dPGF_{n,t}}{PGF_{n,t}} = \hat{h}_t + \hat{\theta}_n^{(1)} + 2\hat{\theta}_n^{(2)}t \quad (9)$$

Tandis que les logarithmes des niveaux de productivité globale suivent des fonctions quadratiques du temps et sont calculés comme suit :

$$Ln(PGF_{n,t}) = \hat{\theta}_n^{(0)} + (\hat{h}_t + \hat{\theta}_n^{(1)})t + \hat{\theta}_n^{(2)}t^2 \quad (10)$$

5.3. Les résultats des estimations de la productivité globale des facteurs

5.3.1 La spécification de la fonction de production

L'approche "variation des effets temporels" (TVE) a été mobilisée afin d'obtenir, pour chaque nation, sa variation d'efficacité à chaque période. L'addition de cette composante d'efficacité au taux de progrès technique, détermine le taux de croissance de la productivité globale des facteurs. Finalement, l'équation (10) donne l'évolution du niveau de la productivité globale des facteurs pour chaque économie et permet de calculer les écarts relatifs entre elles. Cette approche a déjà été appliquée aux secteurs manufacturiers (Boussemart et al., 2011) et aux services financiers des pays de l'OCDE (Fecher et Pestiau, 1993).

Dans notre étude, nous avons choisi une spécification translog à rendements d'échelle constants pour la fonction de production

$$\begin{aligned} Ln\left(\frac{Y}{L}\right)_{n,t} &= \beta Ln\left(\frac{K}{L}\right)_{n,t} + \frac{1}{2}\gamma \left[Ln\left(\frac{K}{L}\right)_{n,t} \right]^2 + \\ &\varphi Ln\left(\frac{K}{L}\right)_{n,t} t + \lambda Ln\left(\frac{K}{L}\right)_{n,t} t^2 + \theta_n^{(0)} + (\varphi + \theta_n^{(1)})t + \theta_n^{(2)}t^2 \end{aligned} \quad (11)$$

L'élasticité de la production par rapport au capital s'écrit

$$g_{K_{n,t}} = \left(\frac{\partial Ln(Y/L)}{\partial Ln(K/L)} \right)_{n,t} = \beta + \gamma Ln\left(\frac{K}{L}\right)_{n,t} + \varphi t + \lambda t^2 \quad (12)$$

Si les différents paramètres de l'équation (11) sont communs aux différents pays et périodes, les niveaux de l'élasticité peuvent différer tant dans la dimension spatiale que temporelle puisque cette variable dépend de l'évolution des ratios K/L et de l'indice temporel.

Les gains de productivité globale s'obtiennent en différenciant le logarithme de la productivité du travail par rapport au temps :

$$\left(\frac{dPGF}{PGF} \right)_{n,t} = \frac{\partial \text{Ln}\left(\frac{Y}{L}\right)_{n,t}}{\partial t} = \varphi \text{Ln}\left(\frac{K}{L}\right)_{n,t} + (f + \theta_n^{(1)}) + 2(\lambda \text{Ln}\left(\frac{K}{L}\right)_{n,t} + \theta_n^{(2)})t \quad (13)$$

Et les niveaux de la productivité globale des facteurs s'écrivent (en termes logarithmiques) :

$$\text{Ln}(PGF)_{n,t} = \theta_n^{(0)} + (f + \theta_n^{(1)})t + \theta_n^{(2)}t^2 + \varphi \text{Ln}\left(\frac{K}{L}\right)_{n,t}t + \lambda \text{Ln}\left(\frac{K}{L}\right)_{n,t}t^2 \quad (14)$$

La composante efficacité s'obtient par la différence entre les niveaux de productivité du pays évalué et du pays le plus productif appelé « Leader »

$$\begin{aligned} \text{Ln}(ET)_{n,t} &= \text{Ln}(PGF)_{n,t} - \text{Ln}(PGF)_{\text{Leader},t} \\ \text{avec } \text{Ln}(PGF)_{\text{Leader},t} &= \max_n \text{Ln}(PGF)_{n,t} \end{aligned} \quad (15)$$

Finalement on déduit le taux de progrès technique commun à tous les pays et qui n'est rien d'autre que la variation temporelle de la productivité globale des facteurs du pays Leader :

$$h_t = \frac{\partial \text{Ln}(PGF)_{\text{Leader},t}}{\partial t} = \varphi \text{Ln}\left(\frac{K}{L}\right)_{\text{Leader},t} + (f + \theta_{\text{Leader}}^{(1)}) + 2(\lambda \text{Ln}\left(\frac{K}{L}\right)_{\text{Leader},t} + \theta_{\text{Leader}}^{(2)})t \quad (16).$$

Il est intéressant de souligner que, d'après la spécification retenue, cette composante progrès technique n'est pas simplement autonome mais dépend aussi de l'évolution de l'intensité capitalistique du pays leader

5.3.2 La méthode d'estimation SURE et les résultats associés

En se souvenant qu'à l'équilibre, l'élasticité de la production par rapport au capital doit être égale à la part de la rémunération de ce facteur dans le PIB :

$$g_{K_{n,t}} = \left(\frac{w_k K}{qY} \right)_{n,t} = \beta + \gamma \text{Ln}\left(\frac{K}{L}\right)_{n,t} + \varphi t + \lambda t^2 \quad (17)$$

Nous obtenons un système de deux équations que l'on peut estimer par la procédure "seemingly unrelated regression equations" (SURE) proposée par Arnold Zellner (1962). Bien que chacune des équations linéaires du système puisse être estimée séparément (*seemingly unrelated*), leur estimation simultanée apparaît plus appropriée du fait que les termes d'erreurs entre les équations sont supposés corrélés entre eux à une même date t . Le système à estimer (18) est donc issu des équations (11) et (17) auxquelles on ajoute des termes d'erreurs :

$$\begin{aligned}
Ln\left(\frac{Y}{L}\right)_{n,t} &= \beta Ln\left(\frac{K}{L}\right)_{n,t} + \frac{1}{2} \gamma \left[Ln\left(\frac{K}{L}\right)_{n,t} \right]^2 + \varphi Ln\left(\frac{K}{L}\right)_{n,t} t + \lambda Ln\left(\frac{K}{L}\right)_{n,t} t^2 + \theta_n^{(0)} + (f + \theta_n^{(1)})t + \theta_n^{(2)}t^2 + v_{n,t} \\
\left(\frac{w_k K}{pY}\right)_{n,t} &= \beta + \gamma Ln\left(\frac{K}{L}\right)_{n,t} + \varphi t + \lambda t^2 + \varepsilon_{n,t}
\end{aligned}
\tag{18}$$

5.3.3 Les gains de productivité estimés.

Les coefficients obtenus permettent de mesurer les gains de productivité globale (équation 9). Le tableau 1 reprend les taux annuels moyens sur l'ensemble de la période pour les 22 pays et les regroupements dans leurs deux zones respectives. La zone euro affiche un meilleur taux de croissance de la PGF (+0,98%) comparativement aux autres pays de l'OCDE (+0,85%). A l'intérieur de l'union monétaire, l'Irlande et la Finlande obtiennent les meilleures évolutions alors que la Grèce et l'Espagne affichent les moins bonnes performances. Pour les autres pays de l'OCDE, ce sont le Royaume-Uni et la Norvège qui ont connu la plus forte progression de la PGF tandis que la Suisse et le Canada sont en queue de peloton.

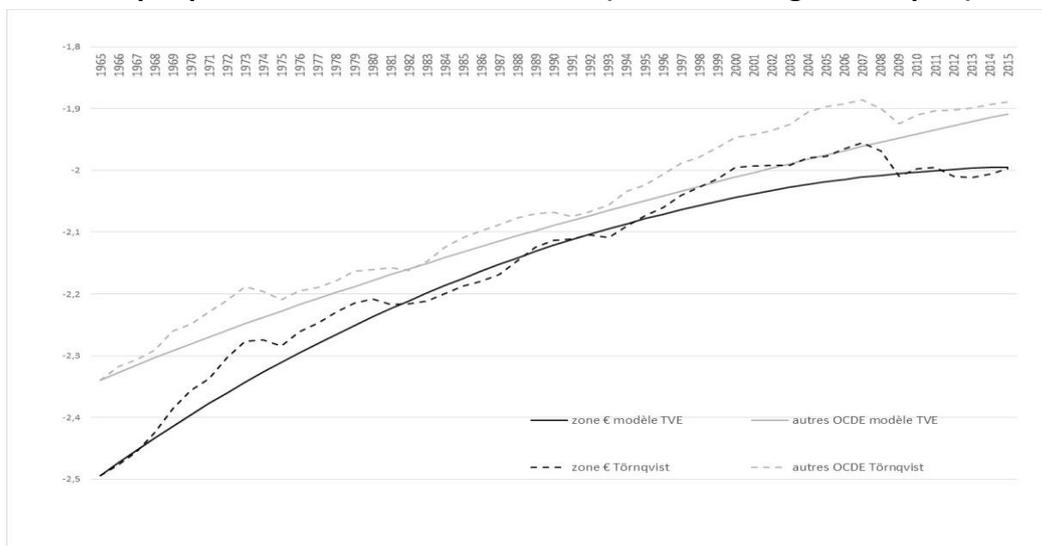
Tableau 1 : Taux de croissance annuels moyen de la productivité globale des facteurs

Pays	Trend	Pays	Trend
Grèce	0.48%	Suisse	0.29%
Espagne	0.57%	Canada	0.60%
Italie	0.71%	Nouvelle Zélande	0.65%
Pays-Bas	0.77%	Australie	0.77%
Autriche	0.85%	Suède	0.86%
Allemagne	0.86%	Etats-Unis	0.94%
France	0.88%	Japon	0.95%
Belgique	0.99%	Danemark	0.96%
Portugal	1.12%	Islande	0.96%
Finlande	1.52%	Norvège	1.18%
Irlande	2.08%	Royaume-Uni	1.19%
zone €	0.98%	autres OCDE	0.85%

Le graphique 4 montre que les évolutions respectives des PGF des deux zones sont assez bien appréhendées par le modèle TVE puisque les variations des indices Törnqvist calculés de manière comptable sont correctement retracées par notre spécification quadratique et les estimateurs obtenus. Au total, les niveaux de PGF sont plus élevés pour la zone «autres OCDE» mais un mouvement de rattrapage s'observe nettement au profit de la zone euro jusqu'à la

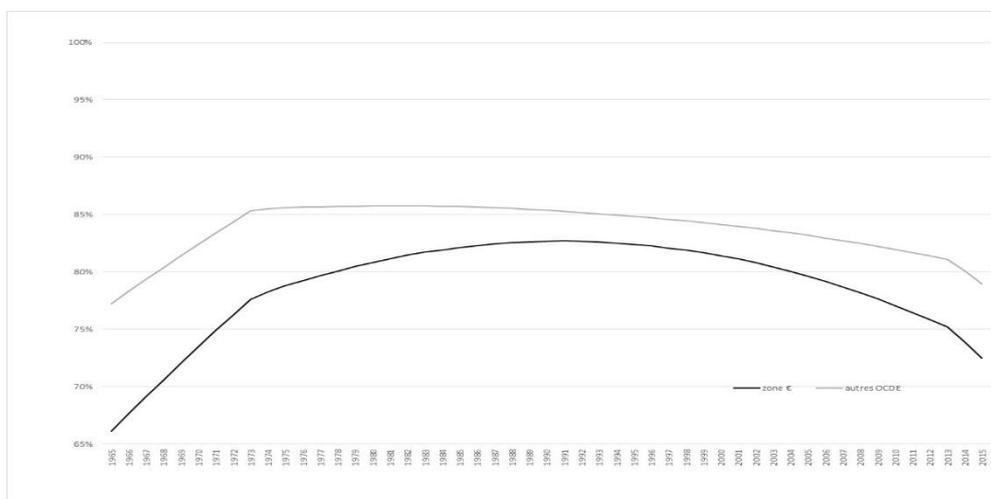
fin des années 1990. Cependant depuis cette date, un décrochage semble s'opérer en défaveur de la zone euro et ce de manière encore plus significative depuis 2007.

Graphique 4 : niveaux relatifs des PGF (ordonnées logarithmiques)



Dans notre analyse le benchmark s'identifie par les pays les plus efficaces que sont la Suisse (1965-1973), les Etats-Unis (1974-2013) et l'Irlande (2014 -2015).

Graphique 5 : niveaux des efficacités



Le progrès technique est donc déduit de l'évolution des gains de productivité de ces pays pendant leurs périodes respectives de leadership. Sur l'ensemble de la période, il évolue à un taux annuel de 0,87%.

Les différences de niveaux des PGF s'expliquent par les écarts d'efficacité entre les deux zones (cf. graphique 5). Sur l'ensemble de la période les niveaux d'efficacité sont d'environ de 79%

pour la zone euro et de 84% pour les « autres OCDE ». Cet écart moyen d'environ 5% a varié dans le temps. En 1965, il dépassait les 11% pour ne plus atteindre que 2.5% dans le milieu des années 1990 et remonter à 6% en fin de période.

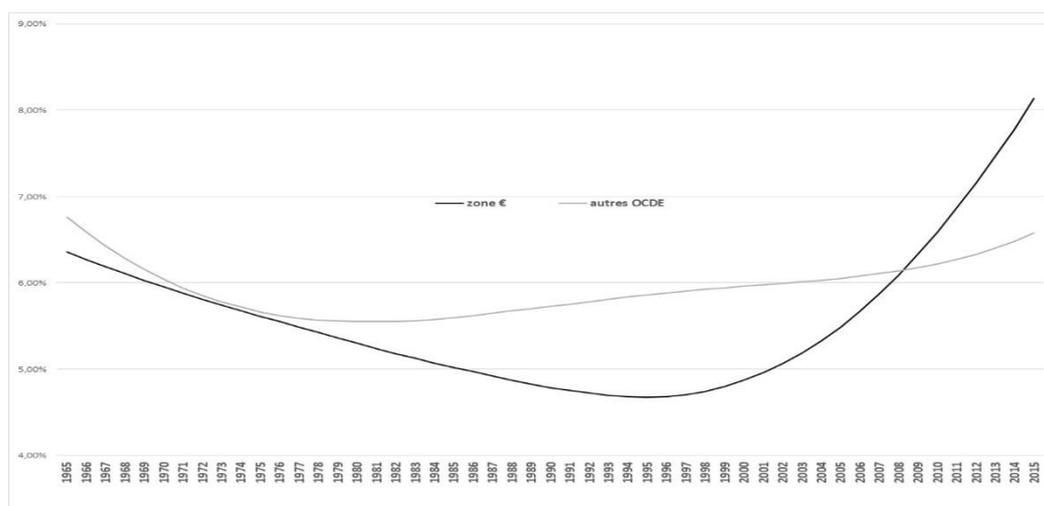
Pendant près de 40 ans, la PGF des USA domine celle de l'ensemble des pays européens. Et particulièrement au cours des années 90, l'économie américaine vit un « *productivity miracle* » comme le qualifient Bloom et al. (2012). Cet écart persistant est constaté par de nombreuses études (Havik et al., 2008 ; European commission, 2008) et même plus largement avec les pays leaders (Rincon-Aznar et al., 2014 ; Van Ark, 2014). Cependant, entre les pays européens eux-mêmes, les écarts technologiques existent (Burda et Severgnini, 2009 ; Halkos et Tzeremes, 2009). Les causes communément évoquées résident dans : la qualité du capital physique peu riche en TIC (Havik et al, 2008 ; Van Ark, 2014), le capital humain peu formé (Mc Morrow et al., 2010, Van Ark et Inklaar, 2005), le manque de R&D et d'innovation (Ortega-Argilés et al, 2011 ; Rincon-Aznar et al, 2014).

Van Ark et al. (2014) trouvent qu'entre 1973-1995, la croissance de la production par heure travaillée aux USA passe de 1,2% à 2,3%, alors qu'au contraire en Europe elle décroît de 2,4% à 1,5%. De sorte qu'au cours des années 1990, le processus de rattrapage que l'Europe connaissait depuis la fin seconde guerre mondiale vis-à-vis des USA a ralenti (Marinas et al., 2008 ; Springford, 2015).

5.3.4 L'analyse de la sigma-convergence de la PGF

L'analyse des écarts de productivité à l'intérieur de chaque groupe de pays montre un résultat intéressant. Le graphique 6 retrace les évolutions des coefficients de variation des niveaux estimés de la PGF au sein des deux zones.

Graphique 6 : coefficients de variation des niveaux des PGF



Alors que les dispersions des performances productives étaient relativement similaires jusqu'au milieu des années 1970, la zone euro a continué jusqu'à la fin des années 1990 à

faire converger les niveaux de productivité de ses pays membres illustrant donc en grande partie les effets de l'intégration européenne et des contraintes du projet de la monnaie unique. Depuis le début des années 2000, un mouvement de divergence significative s'opère alors que la mise en place de l'Euro vient d'avoir lieu. La dispersion des niveaux de productivité devient même bien plus forte au sein de cette zone à partir de 2008-2009. Il est à souligner que ce constat établi à partir de nos estimations de la PGF n'apparaissait pas aussi clairement lors de l'étude de la sigma convergence relative à la simple productivité du travail (cf. graphique 3).

La récession (2008-09) qui a suivi la crise financière mondiale (2007-08) a non seulement affecté l'économie mondiale, passant d'une crise de la zone euro (Marelli et Signorelli, 2014 ; Gibson et al., 2013) à une crise de l'euro (Otero-Iglesias, 2015 ; Sawyer, 2016). Ces années ont fortement affecté la production, les revenus, l'investissement et la consommation. Si de nombreuses économies s'en sont assez vite remis, grâce à des politiques monétaires expansionnistes ; la zone euro en a davantage souffert malgré sa politique monétaire accommodante. La divergence entre les pays de la zone euro s'est accentuée (Sawyer, 2016 ; Andrews et al., 2016) et le rattrapage technologique des pays leaders a été freiné (Lucarelli et Romano, 2016). Certains auteurs (Archibugi et Filippetti, 2012 ; Filippetti et Peyrache, 2013) suggèrent que l'innovation en termes de recherche scientifique et d'infrastructures technologique soient développée afin de faciliter le rattrapage technologique au sein de l'Union européenne tout en améliorant sa compétitivité avec les autres pays leaders de l'OCDE. Cependant, d'autres chercheurs estiment que c'est à l'encontre des excédents commerciaux de certains pays comme l'Allemagne qu'il faudrait trouver des mécanismes de correction (Constâncio, 2014 ; Esposito, 2015, Springford et Tilford, 2014) pour conduire vers plus de catching-up intra zone euro et vis-à-vis des pays de l'OCDE.

Conclusion :

L'objectif de création de la monnaie unique de la zone euro est d'aboutir à la convergence des performances des Etats membres. Le test de convergence des niveaux de productivité entre les économies est donc perçu comme un test de vérité de la durabilité de l'UME. Au terme de notre étude, nous observons que la création de l'euro est conjointe d'une part à une diminution de la performance productive moyenne des pays membres de l'Union relativement à celle des autres pays de l'OCDE et d'autre part à une divergence des niveaux de productivité entre les pays de l'Union Monétaire Européenne. Autant, l'UME pouvait être qualifiée de « convergence engine » jusqu'à la fin des années 90, autant à partir des années 2000, son évolution est mitigée entre 2000 et 2007 pour ensuite diverger à partir de la crise financière. Comparée aux autres pays industrialisés, elle peine encore plus à rattraper les meilleurs. Les conclusions tirées de la simple étude de la productivité partielle du travail sont encore plus significatives par l'analyse de la productivité globale selon l'approche des

frontières paramétriques stochastiques. Les périodes de ralentissement et de retournement des rythmes de convergence interne à la zone euro ou de rattrapage technologique vers les pays leaders semblent plus marquées et se dessinent plus tôt que ne le montre la méthode descriptive. Ainsi, nos résultats suggèrent qu'en l'absence de solidarité financière via des politiques de transferts budgétaires entre les pays membres de la zone euro, le maintien d'une monnaie unique au sein de cette zone sera de moins en moins soutenable si un réamorçage du processus de convergence des niveaux de productivité ne s'opère pas dans le moyen et long terme.

Alors que le Franc CFA suscite un débat entre économistes, politiques et société civile, une comparaison de la convergence de la productivité du travail et/ou de la PGF pourraient apporter un éclairage opérationnel sur la contribution de ces unions monétaires aux économies des pays membres mais aussi sur le potentiel de rattrapage technologique entre les différences unions monétaires (Afrique de l'Ouest, Afrique centrale) tout comme avec d'autres pays plus industrialisés tels que l'Afrique du Sud.

Bibliographie

- Abramovitz, M. (1956). Resource and Output Trends in the U.S. since 1870. *American Economic Review*, 46 (2), 5-23.
- Abramovitz, M. (1986). Catching Up, Forging Ahead, and Falling Behind . *The Journal of Economic History*, Vol. 46, No. 2, 385-406.
- Acemoglu, D. (2009). *Introduction to Modern Economic Growth*. Princeton: Princeton University Press.
- Afriat, S. (1972). Efficiency Estimation of Production Functions. *International Economic Review* (13), 568-598.
- Aigner, D., & Chu, S. (1968). On Estimating the Industry Production Function. *American Economic Review* (58), 826-839.
- Aigner, D., Lovell, K., & Schmidt, P. (1977). Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Function Models. *Journal of Econometrics* 6,, 21-37.
- Andrews, D., Criscuolo, C., & Gal, P. (2016). The Global Productivity Slowdown, Technology Divergence and Public Policy: A firm level Perspective. *Hutchins Center Working Paper #24*.
- Archibugi, D., & Filippetti, A. (2012). *Innovation and Economic Crisis: Lessons and Prospects from the Economic Downturn*. Routledge.
- Artige, L., & Nicolini, R. (2006). Labor productivity in Europe: Evidence from a sample of regions. *CREPP Working Paper 2006/08*.
- Barro, R. (1991). Economic Growth in a Cross-section of Countries. *Quarterly Journal of Economics*, 106, 407-43.
- Barro, R., & Sala-i-Martin, X. (2004). *Economic Growth Second Edition*. London: The MIT Press Cambridge.
- Battisti, M., Del-Gatto, M., & Parmeter, C. (2017). Labor productivity growth: disentangling technology and capital accumulation. *Journal of Economic Growth*, , 1-33.
- Benhabib, J., Perla, J., & Tonetti, C. (2014). Catch-up and fall-back through innovation and imitation. *Journal of Economic Growth* 19, Issue 1, 1-35.
- Bernard, A., & Jones, C. (1996). Comparing Apples to Oranges: Productivity Convergence and Measurement Across Industries and Countries. *The American Economic Review*, Vol.86, No.5, 1216-1238.
- Bloom, N., Sadun, R., & Van Reenen, J. (2012). Americans Do IT Better: US Multinationals and the Productivity Miracle. *American Economic Review* 102(1), 167-201.
- Boussemart, J., Briec, W., & Tavera, C. (2011). More evidence on technological catching-up in the manufacturing sector. *Applied Economics* 43, 2321-2330.
- Burda, M. C., & Severgnini, B. (2009). TFP Growth in Old and New Europe . *SFB 649 Discussion Paper 033*.
- Castiglione, C., & Infante, D. (2014). ICTs and time-span in technical efficiency gains. A stochastic frontier approach over a panel of Italian manufacturing firms. *Economic Modelling* 41, 55-65.
- Collignon, S., & Esposito, P. (2014). *Competitiveness in the European Economy*. New York, 10017: Routledge.
- Conseil-des-Communautés-Européennes. (1992). *Traité sur l'Union Européenne*. Maastricht: Commission des Communautés Européennes.
- Constâncio, V. (2014). The European Crisis and the Role of the Financial System. *Journal of Macroeconomics* 39, 250-259.

- Cornwell, C., Schmidt, P., & Stickles, R. (1990). Production Frontier with Cross Sectional and Time Series Variation in Efficiency Levels. *Journal of Econometrics* (46), 185-200.
- De Grauwe, P., & Ji, Y. (2016). How to reboot the Eurozone and ensure its long-term survival. . Dans R. Baldwin, & F. Giavazzi, *How to fix Europe's monetary union: views of leading economists*. . VoxEU eBook London: CEPR Press.
- Dougherty, C., & Jorgenson, .. (1997). Ther is No Silver Bullet: Investment and Growth in th G7. *National Institute Economic Review*, No162, 57-74.
- Dowrick, S., & Nguyen, D.-.. (1989). OECD Comparative Economic Growth 1950-85: Catch-Up and Convergence. *The American Economic Review*, Vol. 79, No. 5, 1010-1030.
- Dowrick, S., & Rogers, M. (2002). Classical and Technological Convergence: Beyond the Solow-Swan Growth Model. *Oxford Economic Papers*, Vol. 54, No. 3, 369-385.
- Esposito, P (2015). Trade (dis)Integration and Imbalances in the EMU. *LUISS Guido Carli / School of European Political Economy Working paper n. 7*.
- Estrada, A., Gali, J., & Lopez-Salido. (2013). Patterns of Convergence and Divergence in the Euro Area. *IMF Economic Review* vol.61, 602-630.
- European commission. (2008). EMU@10 Successes and Challenges after ten years of Economic and Monetary Union. *Europen Economy* 2.
- European commission. (2010). European Competitiveness Report 2010. *Commission staff working document SEC 1276*.
- European Comission. (2002). European competitiveness report: competitiveness and benchmarking. *European Community*.
- Fagerberg, J., & al., M. (2007). The competitiveness of Nations: Why some countries Propser While Others Fall Behind; *World Development, Elsevier, vol.35 (10)*, P.1595-1620.
- Fecher, F., & Pestieau, P. (1993). Efficiency and Competition in OECD Financial Services. Dans H. Fried, & S. Schmidt, *the Measurement of Productive Efficiency: Techniques and Applications* (pp. 374-385). Oxford UK.
- Filippetti, A., & Peyrache, A. (2013). Is the Convergence Party Over? Labour Productivity and the Technology Gap in Europe. *Journal of Common Market Studies*, 1006–1022.
- Fontana, R., & Vezzulli, A. (2016). Technological leadership and persistence in product innovation in the Local Area Network industry 1990–1999. *Research Policy* 45, 1604-1619.
- Gibson, H., Palivos, T., & Tavlás, G. (2013). The crisis in the euro area: an analytic overview. *Bank of Greece Special Conference Paper 28*.
- Grosskopf. (1993). Efficiency and Productivity. In H. Fried, K. Lovell, & S. Schmidt, *The Measurement of Productive Efficiency, Techniques and Applications* (pp. 160-194). Oxford University Press.
- Grossman, G., & Helpman, E. (1994). Endogenous Innovation in the Theory of Growth. *The Journal of Economic Perspectives*, Vol. 8, No. 1., 23-44.
- Halkos, G., & Tzeremes, N. (2009). Exploring the effect of countries' economic prosperity on their biodiversity performance. *MPRA Paper 32102*.
- Hall, B., & Sena, V. (2014). Appropriability Mechanisms, Innovation and Productivity. *NBER-Working Paper 20514*.
- Harashima, T. (2009). A Theory of Total Factor Productivity and the Convergence Hypothesis: Workers' Innovations as an Essential. *MPRA Paper No. 15508*.
- Havik, K., McMorrow, K., Röger, W., & Turrini. (2008). The EU-US total factor productivity gap: An industry perspective;. *European Economy, Economic Papers 339*/.

- Isaksson, A. (2007). Determinants of Total Factor Productivity: A Literature Review . *Research and Statistics Branch United Nations Industrial Development Organization*.
- Islam, N. (2001). Different Approaches to International Comparison of Total. Dans C. Hulten, & al., *New Developments in Productivity Analysis* (pp. 465 - 508). Chicago: University of Chicago Press.
- Islam, N. (2005). Determinants of Productivity: A Two-Stage Analysis. *International Centre for the Study of East Asian Development Working Paper Series Vol. 2005-13*, 1-53.
- Jerzmanowski, M. (2007). Total factor productivity differences: Appropriate technology vs. efficiency. *European Economic Review* 51, 2080-2110.
- Jorgenson, D. (2001). Information technology and the US Economy. *The American Economic Review*, vol. 91, No. 1.
- Jorgenson, D., & Timmer, M. (2011). Structural Change in Advanced Nations: A new Set of Stylised Facts. *Scand. J. of Economics* 113(1), 1–29.
- Krueger, D., & Kumar, K. (2003). Skill-specific rather than General Education: A Reason for US-Europe Growth Differences? *NBER Working Paper No. 9408*.
- Kutan, A., & Yigit, T. (2009). European integration, productivity growth and real convergence: Evidence from the new member states. *Economic Systems* 33, 127–137.
- Lecat, R. (2004). Labour productivity in the major: the end of the catch-up process with the United States? *Bulletin de la Banque de France*, n°123, , 21-117.
- Lee, K. & Malerba, F. (2017). Theory and empirical evidence of catch-up cycles and changes in. *Research Policy* 46.
- Lucarelli, S., & Romano, R. (2016). The Italian Crisis within the European Crisis. The Relevance of the Technological Foreign Constraint1. *World Economic Review* 6: 1-11,, 12-30.
- Madsen, J., Islam, M., & Ang, J. (2010). Catching Up to the Technology Frontier: The Dichotomy between Innovation and Imitation. *Canadian Journal of Economics*, vol. 43, issue 4,, 1389-1411.
- Mankiw, N., Romer, D., & Weil, D. (1992). A Contribution to the Empirics of Economic Growth. *Quarterly Journal of Economics*, 107, 407–438.
- Marelli, E., & Signorelli, M. (2014). Convergence, crisis and the need for innovative policies in the Eurozone. *paper was presented at the 16th INFER Annual Conference (28-31 May, Pescara, Italy) and at the 13th EACES Biennial Conference (4-6 September, Budapest, Hungary)*.
- Marinas, M.-C., Socol, C., & Socol, A.-G. (2008). Causes of Productivity Slowdown in the European Union. *Annals of the University of Oradea, Economic Science Series*, vol.17, issue 2, 242-247.
- Martino, R. (2015). Convergence and growth. Labour productivity dynamics in the European Union,. *Journal of Macroeconomics* vol.46, 186-200.
- McMorrow, K., Röger, W., & Turrini, A. (2010). Determinants of TFP growth: A close look at industries driving the EU-US TFP gap. *Structural Change and Economic Dynamics* 21, 165–180.
- Meeusen, W., & Van den Broeck, J. (1977). Efficiency Estimation from Cobb-Douglas Production Functions with Composed Error. *International Economic Review* 18:2, 435-444.
- Moutinho, R., & al. (2015). Beyond the “Innovation's Black-Box”: Translating R&D outlays into employment and economic growth. *Socio-Economic Planning Sciences* 50, 45e58.
- OCDE. (2001). Productivity manual: A guide to the measurement of industry-level and aggregate productivity growth. *OCDE Economic Studies*, No 33, 1-149.

- Ortega-Argils, R., Piva, M., & Vivarelli, M. (2011). The Transatlantic Productivity Gap: Is R&D the Main culprit? *Institut de Recerca en Economia Aplicada Regional i Publica, Doument de Treball 2011/03*.
- Otero-Iglesias, M. (2015). Stateless Euro: The Euro Crisis and the Revenge of the Chartalist Theory of Money*. *JCMS Volume 53. Number 2.*, . 349–364.
- Rincon-Aznar, A., Foster-Mcgregor, .., Stehrer, R., Vecchi, M., & Venturini, F. (2014). Reducing Productivity and Efficiency Gaps: the Role of Knowledge Assets, Absorptive Capacity and Institutions. *WIIW Research Report 396*.
- Sawyer, M. (2016). The Economic and Monetary Union: Past and Present Failures and some Future Possibilitie. Dans W. Association, *Europe in Crisis, World Economic Review ,Issue 6* (pp. 31-43). WEA open-access journals:: World_Economics_Association.
- Schmidt, P., & Sickles, R. (1984). Production Frontiers and Panel Data. *Journal of Business&Economic Statistics, Vol.2, No 4*, 367-374.
- Scoppa, V. (2013). Quality of Human and Physical Capital and Technological Gaps across Italian Regions. *Regional Studies 41(5)*, 585-599.
- Solow, R. (1956). A Contribution to the Theory of Economic Growth. *Quarterly Journal of Economics,70(1)*, 65–94.
- Solow, R. M. (1957). Technical Change and the Aggregate Production Function. *The Review of Economics and Statistics, Vol. 39, No. 3* , 312-320.
- Sondermann, D. (2014). Productivity in the euro area: any evidence of convergence? *Empir Econ 47*, 999–1027.
- Springford, J. (2015). Offline? How Europe can catch up with US technology. *CER Policy* .
- Springford, J., & Tilford, S. (2014). Why Germany’s trade surplus is bad for the eurozone. *Center or European reform, Bulletin 4*.
- stokey, M. (2015). Catching up and falling behind. *Journal of Economic Growth, vol.20*, 1–36.
- Temple, J., & Johnson, P. (1998). Social capability and economic growth,. *Quartely Journal of Economics, 113*, 965–990.
- Van Ark, B., & Inklaar. (2005). Catching Up or Getting Stuck? Europe's Trouble to Exploit ICT's Productivity Potential. *Research Memorandum GD-79*.
- Van Ark, B. (1996). Issues in Measurement and International Comparison of Productivity An Overview. Dans OCDE, *Industry Productivity: International Comparison and Measurement Issues*. Paris: OCDE.
- Van Ark, B. (2014). Total factor productivity :Lessons from the past and directions for the future. *National Bank of Belgium, Working Paper N°271*.
- Wolff, E. (1991). Capital formation and productivity convergence over the long term. *American Economic Review 81*, 565–79.
- Wolff, E. N. (2014). *Productivity convergence : theory and evidence*. New York: Cambridge University Press, 2014.
- Zellner, A. (1962). An efficient Method of Estimating Seemingly Unrelated Regressions and Tests for Aggregation Bias. *Journal of th American Statistical Association, Vol.57, no298*, 348-368.