



## **Contribution des technologies de l'information et de la communication (TIC) à la croissance**

**Gilbert Cette**

Banque de France  
Direction générale des Études  
et des Relations internationales

**Christian Clerc et Lea Bresson**

Université d'Aix-Marseille (AMSE)

*Cette lettre présente le résultat de travaux de recherche menés à la Banque de France. Les idées exposées dans ce document reflètent l'opinion personnelle de leurs auteurs et n'expriment pas nécessairement la position de la Banque de France. Les éventuelles erreurs ou omissions sont de la responsabilité des auteurs.*

*La contribution des technologies de l'information et de la communication (TIC) à la croissance s'essouffle depuis le début de la décennie 2000 dans les pays industrialisés. La zone euro en a jusqu'ici moins bénéficié que les États-Unis. Des politiques appropriées permettraient à la zone euro de combler son retard.*

*Ce Rue de la Banque compare les évolutions de la contribution des TIC à la croissance aux États-Unis, dans la zone euro et au Royaume-Uni sur la période 1970-2013. Après une longue période de croissance continue, la diffusion des TIC comme facteur de production s'est stabilisée au début des années 2000, à des niveaux largement supérieurs aux États-Unis que dans la zone euro, le Royaume-Uni connaissant une position intermédiaire.*

Une très large littérature empirique s'est consacrée à l'analyse de la diffusion et de la contribution des technologies de l'information et de la communication (TIC) à la croissance économique (cf. Cette *et al.*, 2015). L'un des enseignements de cette littérature est que la diffusion et la contribution des TIC à la croissance aurait continuellement augmenté jusqu'au milieu des années 2000, et qu'elles seraient plus élevées aux États-Unis que dans les autres pays industrialisés. Cette et Lopez (2012) montrent par ailleurs que la diffusion des TIC comme facteur de production se serait stabilisée au début de la décennie 2000 dans tous les pays industrialisés, avec des écarts entre pays qui ne se réduisent pas, et qui traduisent en particulier une forte avance des États-Unis. Byrne *et al.* (2013) montrent qu'aux États-Unis, la contribution des TIC à la croissance diminue fortement depuis le milieu des années 2000, avant le début de la crise actuelle.

La contribution des TIC à la croissance peut prendre essentiellement trois canaux : i) la mobilisation des

TIC comme facteur de production, ces technologies se caractérisant à la fois par un usage croissant et par des gains de performance forts et continus ; ii) la production même de TIC, dont l'importance a augmenté sur les dernières décennies et dans laquelle les gains de productivité sont très élevés ; iii) les externalités. La présente analyse ne considère que le premier de ces canaux.

La méthodologie adoptée pour évaluer la contribution du capital TIC à la croissance de la productivité du travail est celle utilisée dans les approches comptables de la croissance. Elle est résumée dans l'annexe et détaillée dans Cette *et al.* (2015).

### **La diffusion des TIC**

Le coefficient de capital en TIC, qui rapporte le capital TIC au PIB, est l'indicateur utilisé ici pour caractériser la diffusion des TIC. Il peut être construit en valeur ou en

volume, l'écart entre ces deux mesures étant lié au prix des TIC relativement à celui du PIB.

En sentier de croissance équilibrée, une fois la diffusion des TIC parvenue à maturité, on s'attend à une stabilité du coefficient de capital en valeur, pour les TIC comme pour les autres produits composant le capital. Cette stabilité en valeur peut être associée à une évolution prolongée voire permanente en volume si le prix des TIC relativement à celui du PIB n'est pas constant. Sur les décennies passées, le prix relatif des TIC baisse continûment et contribue fortement à la baisse du prix relatif de la totalité de l'investissement. La baisse du prix relatif des TIC connaît un fort ralentissement à partir du milieu de la décennie 2000, avant le début de la crise actuelle. Ce ralentissement, qui a suscité un important débat encore non conclusif dans la littérature économique, peut recevoir diverses interprétations (cf. Cette, 2014, pour une synthèse). Comme cela a été développé par Gordon (2012, 2013), il peut résulter d'un épuisement progressif de la loi de Moore qui traduit la progression des performances productives des puces électroniques par leur enrichissement continu en transistors, mais aussi en tout ou partie des difficultés de mesure, par les comptes nationaux, de ces gains de performance (voir sur cette dernière interprétation Byrne *et al.*, 2013).

Après une relative stabilité sur la décennie 1970, le coefficient de capital TIC en valeur augmente sur les deux décennies suivantes aux États-Unis, dans la zone euro et au Royaume-Uni (cf. graphique 1). Cette augmentation traduit une diffusion croissante des

TIC liée à l'élargissement de l'utilisation productive de ces technologies. Un maximum est atteint au début des années 2000 et le coefficient de capital TIC en valeur connaît ensuite une stabilisation dans la zone euro ou une baisse, légère aux États-Unis et plus prononcée au Royaume-Uni. Le pic du début des années 2000 peut traduire un effort d'investissement dynamisé sur les années antérieures par les craintes associées au « bug » de l'année 2000.

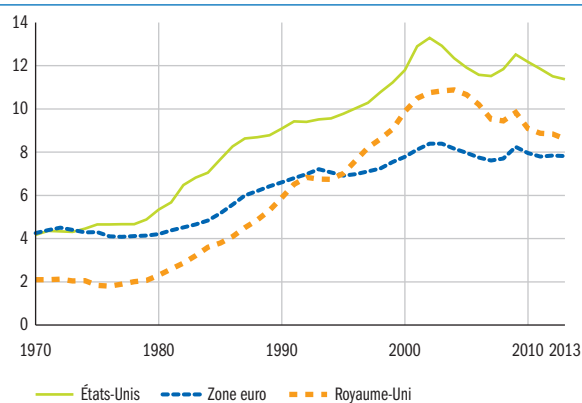
La stabilisation du coefficient de capital TIC en valeur se fait à des niveaux très différents avec une diffusion des TIC plus importante aux États-Unis que dans la zone euro, le Royaume-Uni connaissant une situation intermédiaire. Les écarts de diffusion des TIC semblent importants : en fin de période, le coefficient de capital TIC en valeur aux États-Unis est supérieur de plus de 30 % à celui observé dans la zone euro. Cette hiérarchie dans la diffusion des TIC, et en particulier la plus forte diffusion de ces technologies aux États-Unis, a déjà été soulignée dans la littérature économique, par exemple par van Ark *et al.*, (2008), Timmer *et al.* (2011).

De nombreuses études ont apporté des éléments d'explication de ces écarts de diffusion des TIC. Divers facteurs y sont évoqués, parmi lesquels le niveau d'éducation moyen de la population en âge de travailler et les rigidités sur les marchés des biens et du travail. Une utilisation performante des TIC appelle une qualification moyenne supérieure à celle d'autres technologies, mais aussi des réorganisations qui peuvent être contraintes par de trop fortes régulations sur le marché du travail. Par ailleurs, une moindre pression compétitive induite par certaines régulations sur le marché des biens peut réduire l'incitation à mobiliser les technologies les plus performantes. De nombreuses analyses empiriques comme celles de Aghion *et al.* (2009), Guerrieri, Luciani et Meliciani (2011) ou Cette et Lopez (2012) sur des panels de pays, ou de Cette, Lopez and Mairesse (2013) sur un panel pays-secteurs, confirment par une approche économétrique l'importance de ces facteurs explicatifs. Ainsi, les TIC se diffusent plus largement aux États-Unis qu'en zone euro ou au Royaume-Uni en raison d'un niveau d'éducation moyen de la population en âge de travailler comparativement plus élevé et de moindres rigidités de marché.

Le coefficient de capital TIC en volume connaît une hausse presque continue sur toute la période aux États-Unis, dans la zone euro ou au Royaume-Uni (cf. graphique 2). Cet indicateur signale la même hiérarchie de diffusion des TIC que le précédent indicateur de coefficient de capital

### G1 Coefficient de capital TIC en valeur (ratio du capital TIC en valeur divisé par le PIB en valeur - ensemble de l'économie)

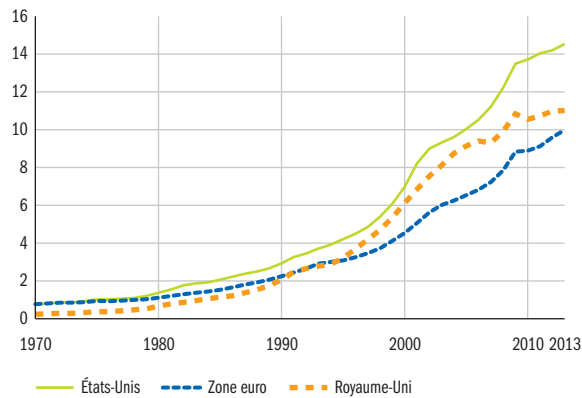
(en %)



Source : Calculs des auteurs.

## G2 Coefficient de capital TIC en volume (ratio du capital TIC en volume divisé par le PIB en volume – ensemble de l'économie)

(en %)



Source : Calculs des auteurs.

TIC en valeur ; en fin de période, cette diffusion est la plus forte aux États-Unis, la plus faible dans la zone euro, le Royaume-Uni occupant une position intermédiaire.

### La contribution du capital TIC à la croissance de la productivité du travail

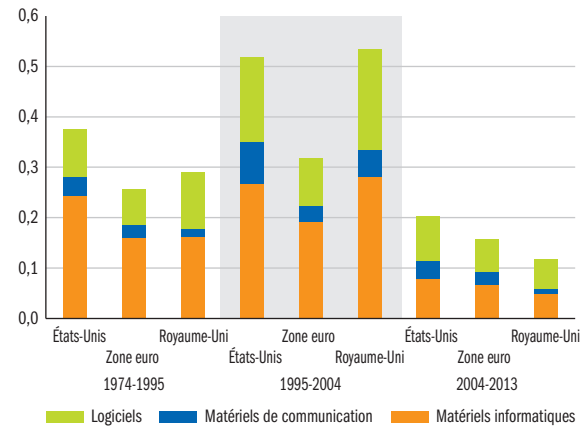
On ne considère ici que le canal correspondant à la mobilisation des TIC comme facteur de production. Cette évaluation de la contribution des TIC à la croissance de la productivité horaire du travail *via* un accroissement de l'intensité capitaliste est proposée sur chacune des trois sous-périodes de l'après-premier choc pétrolier : 1975-1995, 1995-2004 et 2004-2013. Elle distingue les contributions des trois produits TIC : les matériels informatiques, les logiciels et les matériels de communication.

La période 1995-2004 se caractérise par la contribution des TIC à la croissance de la productivité horaire du travail la plus élevée (cf. graphique 3). La forte augmentation de la contribution des TIC à partir de 1995 a déjà été soulignée dans la littérature économique (voir par exemple, pour les États-Unis, Jorgenson, 2001, Jorgenson *et al.*, 2006, Byrne *et al.*, 2013, ou, pour différents pays industrialisés, Cette, Kocoglu et Mairesse, 2009, van Ark *et al.*, 2008, Timmer *et al.*, 2011). Elle est liée à l'accélération du capital TIC en volume, elle-même liée à celle du capital en valeur et à celle du prix relatif du PIB par rapport aux TIC.

À partir de 2004, la baisse de la contribution des TIC s'observe aux États-Unis (cf. par exemple Byrne *et al.* 2013)

## G3 Contribution de l'intensité capitaliste en TIC à la croissance de la productivité horaire du travail

(en points par an)



Source : Calculs des auteurs.

mais aussi dans la zone euro et au Royaume-Uni, où la contribution des TIC devient même inférieure à celle observée au cours des années 1975-1995. Cette forte baisse s'explique par un ralentissement du capital TIC en volume, lui-même lié à celui, déjà évoqué plus haut, du capital en valeur et à celui du prix relatif du PIB par rapport aux TIC. Cette forte baisse de la contribution des TIC peut provenir d'un épuisement progressif des gains de performance des TIC. Une telle lecture, développée notamment par Gordon (2012, 2013), n'est cependant pas consensuelle. On peut enfin noter qu'au cours des trois sous-périodes, la contribution de la composante « matériels de communication » est très nettement plus faible que celle de chacune des deux autres composantes TIC : les « matériels informatiques » et les « logiciels ». Une telle hiérarchie est conforme à celle relevée dans la littérature (cf. les références précédemment mentionnées).

### Remarques conclusives

Ces résultats suscitent deux interrogations. La première est relative à l'épuisement des gains de performance des TIC, qui risque de tarir l'une des sources des gains de productivité sur les dernières décennies et, en conséquence, de se traduire par une baisse des perspectives de croissance à moyen et long terme pour les principaux pays industrialisés. La seconde interrogation est relative au retard de diffusion des TIC comme facteur de production dont pâtissent la zone euro et le Royaume-Uni en comparaison avec les États-Unis. La littérature économique existante

montre que ce retard peut être expliqué, en particulier pour la zone euro, par une moindre éducation moyenne de la population en âge de travailler, mais surtout par des régulations anticoncurrentielles et des rigidités sur les marchés des biens et du travail. Cela signifie que des réformes structurelles ambitieuses sont susceptibles

de contribuer à réduire ce retard, permettant ainsi à la zone euro de bénéficier de forts gains de productivité induits par une plus forte diffusion des TIC. Dans la période actuelle caractérisée par une croissance atone de la zone euro, un tel constat plaide fortement pour l'engagement de telles réformes ambitieuses.

## Bibliographie

**Aghion (P.), Askenazy (P.), Bourlès (R.), Cette (G.) et Dromel (N.) (2009)**

« *Education, market rigidities and growth* », *Economics Letters*, n° 102 (1), janvier, p. 62-65.

**Byrne (D.), Oliner (S.) et Sichel (D.) (2013)**

« *Is the information technology revolution over?* », *International Productivity Monitor*, n° 25 (Spring), p. 20-36.

**Cette (G.) (2014)**

« *Does ICT remain a powerful engine of growth?* », Banque de France, document de travail n° 476, à paraître dans la *Revue d'économie politique*.

**Cette (G.), Clerc (C.) et Bresson (L.) (2015)**

« *Diffusion et contribution à la croissance des TIC aux États-Unis, dans la zone euro et au Royaume-Uni* », *Bulletin de la Banque de France*, n° 200, 2<sup>e</sup> trimestre, p. 83-90.

[Télécharger le document](#)

**Cette (G.), Kocoglu (Y.) et Mairesse (J.) (2009)**

« *Productivity growth and levels in France, Japan, the United Kingdom and the United States in the twentieth Century* », NBER, *Working Paper*, n° 15577, décembre.

**Cette (G.) et Lopez (J.) (2012)**

« *ICT demand behaviour: an international comparison* », *Economics of Innovation and New Technology, Taylor and Francis Journals*, vol. 21 (4), juin, p. 397-410.

**Cette (G.), Lopez (J.) et Mairesse (J.) (2013)**

« *Upstream product market regulations, ICT, R&D and productivity* », NBER, *Working Paper*, n° 19 488, octobre.

**Gordon (R.) (2012)**

« *Is U.S. economic growth over? Faltering innovation confronts the six headwinds* », NBER, *Working Paper*, n° 18 315, août.

**Gordon (R.) (2013)**

« *US productivity growth: the slowdown has returned after a temporary revival* », Centre for the Study of Living Standards, *International Productivity Monitor*, vol. 25 (Spring), p. 13-19.

**Guerrieri (P.), Luciani (M.) et Meliciani (V.) (2011)**

« *The determinants of investment in information and communication technologies* », *Economics of Innovation and New Technology*, vol. 20 (4), avril, p. 387-403.

**Jorgenson (D.) (2001)**

« *Information technology and the U.S. economy* », *The American Economic Review*, vol. 91 (1), mars, p. 1-32.

**Jorgenson (D.), Ho (M.) et Stiroh (K.) (2006)**

« *Potential growth of the US Economy: will the productivity resurgence continue?* », *Business Economy*, vol. 41 (1), janvier, p. 7-16.

**Shreyer (P.) (2000)**

« *The contribution of information and communication technology to output growth: a study on the G7 countries* », OECD, *STI Working Paper*, n° 2000/02, mars.

**Timmer (M.), Inklaar (R.), O'Mahony (M.) et Van Ark (B.) (2011)**

« *Productivity and economic growth in Europe: a comparative industry perspective* », Centre for the Study of Living Standards, *International Productivity Monitor*, vol. 21 (Spring), p. 3-23.

**Van Ark (B.), O'Mahoney (M.) et Timmer (M.) (2008)**

« *The productivity gap between Europe and the United States: trends and causes* », American Economic Association, *Journal of Economic Perspectives*, vol. 22 (1) (Winter), p. 25-44.

## Annexe

### Données et méthodologie

Les évaluations proposées ici portent sur l'ensemble des économies considérées et non sur le seul secteur marchand. Les données d'investissement en TIC en valeur nous ont été communiquées par l'OCDE pour chacun des trois produits usuellement distingués dans la littérature (les matériels informatiques, les logiciels et les matériels de communication), et pour six pays du G7 (États-Unis, Allemagne, France, Royaume-Uni, Italie et Canada) et quatre autres pays européens (Espagne, Pays-Bas, Belgique et Finlande). L'agrégation des données de l'Allemagne, la France, l'Italie, l'Espagne, les Pays-Bas, la Belgique et la Finlande, qui représentent environ 84 % du PIB de la zone euro en 2012, a permis de reconstituer, après corrections et rétroprojections, des séries pour cette zone sur la période allant de 1950 à 2013.

Le stock de capital en volume et en valeur est construit pour chacun des trois produits TIC selon la méthode de l'inventaire permanent <sup>1</sup>, en supposant un taux de déclassement annuel constant de 30 % pour les matériels informatiques et les logiciels et de 15 % pour les matériels de communication. Le stock de capital TIC total est reconstitué, en valeur et en volume, en sommant le stock de capital des trois produits TIC considérés.

Le PIB en valeur et son déflateur proviennent essentiellement d'Eurostat et de l'OCDE. Les indices de prix de l'investissement sont reconstitués, pour chaque pays et chacun des trois produits TIC, à partir des données de la comptabilité nationale des États-Unis (source BEA), où de tels indices intègrent de la façon la plus approfondie les effets de gains de performance en TIC, en particulier via le recours à des méthodes hédoniques. Pour les autres pays, le prix relatif de l'investissement de chacun des trois produits TIC par rapport au déflateur du PIB est supposé identique à celui observé aux États-Unis. Cette méthodologie est celle proposée par Schreyer (2000).

<sup>1</sup> Pour chacun des trois produits TIC ici indicé par j, le stock de capital (en valeur ou en volume) à la fin de l'année t,  $K_{j,t}$ , est ainsi construit à partir de la relation :  $K_{j,t} = I_{j,t} + (1-\delta_j) K_{j,t-1}$  où  $I_{j,t}$  correspond à l'investissement en produit j durant l'année t et  $\delta_j$  au taux de déclassement annuel constant spécifique au produit j.

#### Éditeur

Banque de France

#### Directeur de la publication

Marc-Olivier STRAUSS-KAHN

#### Directeur de la rédaction

Françoise DRUMETZ

#### Réalisation

Direction de la Communication

Avril 2016

[www.banque-france.fr](http://www.banque-france.fr)