

UN POINT SUR LA RELATION ENTRE TECHNOLOGIES DE L'INFORMATION ET DE LA COMMUNICATION ET PRODUCTIVITÉ

Marc Bourreau,
Maître de conférence en Sciences Economiques
marc.bourreau@enst.fr, +33 1 45 81 72 46

Chiraz Karamti,
Etudiante Doctorante en Sciences Economiques
karamti@enst.fr, +33 1 45 81 77 76

Adresse professionnelle
Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications de Paris
46, rue Barrault 75634 Paris Cedex 13 France

Résumé : La mesure de l'impact des technologies de l'information et de la communication (TIC) sur la productivité a donné lieu à un débat en 2000, entre les tenants d'une vision pessimiste (Gordon, 2000) et ceux d'une vision optimiste (Oliner et Sichel, 2000 ; Jorgenson et Stiroh, 2000). Pour Gordon (2000), le regain de productivité à la fin des années 90 n'est dû qu'à un phénomène d'intensification capitaliste passager. Pour Oliner et Sichel et Jorgenson et Stiroh, au contraire, ce regain s'expliquerait par l'impact profond des TIC sur l'économie. Dans ce papier, nous faisons le point sur ce débat, en nous appuyant sur les dernières études publiées. Nous montrons que la thèse d'un impact important des TIC sur l'économie semble l'emporter aujourd'hui sur celle de Gordon. Nous avançons également qu'avec la généralisation des méthodes de prix hédoniques pour la mesure de l'évolution des prix des services, l'impact estimé des TIC sur la productivité pourrait être plus important.

Mots-clés : technologies de l'information et de la communication ; productivité ; prix hédoniques.

Abstract : The measurement of the impact of information and communication technologies (ITC) on the productivity gave place to a debate in 2000, between researchers holding of a pessimistic vision (Gordon, 2000) and those of an optimistic one (Oliner et Sichel, 2000 ; Jorgenson et Stiroh, 2000). For Gordon (2000), the renewal of productivity at the end of the Nineties is due only to one momentary phenomenon of capital intensification. For Oliner and Sichel and Jorgenson and Stiroh, on the contrary, this renewal would be explained by the major impact of the ITC on the economy. In this paper, we give a progress report on this debate, by relying on the last studies published. We show that the thesis of an important impact of the (ITC) on the economy seems to carry it today on that of Gordon. We also advance that with the generalization of the hedonic methods for the measurement of the trend of services prices, the impact estimated of the ITC on the productivity could be more important.

Key-words : communication and information technologies; productivity ; hedonic prices.

Un point sur la relation entre technologies de l'information et de la communication et productivité

1. INTRODUCTION

Dans les années 1995-2000, la croissance de la productivité aux Etats-Unis s'est accélérée de façon marquée, atteignant presque le double du taux de croissance annuel modeste obtenu pendant les années de stagnation, soit 1,4% de 1973 à 1995 (Triplett, 2001). Dans le même temps, les Etats-Unis ont connu un taux de chômage et un taux d'inflation très faibles.¹ Différents auteurs ont cherché à comprendre les raisons de cette accélération de la croissance de la productivité. Deux thèses se sont affrontées. Pour la plupart des auteurs, et en particulier pour Oliner et Sichel (2000) et Jorgenson et Stiroh (2000), les technologies de l'information et de la communication (TIC) étaient responsables de ce sursaut de la productivité, même si leurs mesures de l'impact des TIC sur la productivité différaient. Pour Gordon (2000), au contraire, ce rebond de la productivité s'expliquait essentiellement par des effets cycliques.

Alors que leurs travaux cités ci-dessus s'appuyaient sur les données de la période 1995-1999, ces auteurs ont pu récemment intégrer l'année 2000 dans leurs mesures. L'actualisation en 2002 de leurs travaux permet de faire le point sur le débat qui les a opposés surtout après l'éclatement de la bulle financière et la crise de mars 2000. L'objet de cette contribution est de discuter, vu la variété des points de vue et la diversité des outils de vérification, les résultats contrastés de ces travaux pour évaluer l'impact probable des TIC sur la productivité.

Nous montrons que les dernières études publiées renforcent la thèse qui soutient que les TIC ont un impact déterminant sur la croissance. En particulier, dans ses derniers travaux, Gordon semble se ranger au moins partiellement à cet avis. Si les TIC ont un impact important sur la croissance, nous pensons que celui-ci est vraisemblablement encore sous-évalué, dans la mesure où les indices de prix utilisés pour certains biens ou services TIC ne sont pas encore satisfaisants.

Le reste du papier est structuré de la façon suivante. Dans un premier temps, nous analysons le regain de croissance de la productivité aux Etats-Unis dans les années 1995-2000, en nous appuyant sur l'actualisation des travaux de Gordon, Oliner et Sichel et Jorgenson et

Stiroh. Dans un second temps, nous discutons de l'importance des indices de prix pour une meilleure mesure de la croissance de la productivité. Enfin, dans un troisième temps, nous apportons quelques éléments de conclusion.

2. TIC ET PRODUCTIVITÉ

L'augmentation des investissements dans les TIC dans les années 90 s'est accompagnée d'une augmentation de la croissance de la productivité. Ceci a poussé les chercheurs à analyser l'effet des TIC sur l'accélération de la productivité aux Etats-Unis à partir de 1995. Avant de discuter si l'émergence du secteur des TIC peut accroître durablement le rythme de la croissance de la productivité, nous commençons par définir le concept de productivité. Nous identifions alors les canaux par lesquels les TIC peuvent influencer la productivité.

2.1. Définition et mesure de la productivité

Généralement, l'étude de la dynamique de croissance passe d'abord par celle de la productivité. En effet, la croissance de la productivité permet d'abaisser les coûts de production, et d'augmenter le salaire réel grâce à une économie de partage². De ce fait, la vigueur de la croissance permet le retour au quasi-plein emploi, d'autant plus que le redressement marqué de la productivité, s'il s'avère permanent, permet de modérer considérablement l'inflation.

Deux mesures de la productivité sont employées. La productivité moyenne du travail ou PMT (Average Labor Productivity - ALP) mesure la croissance de l'output par rapport à l'input travail. L'idée est que le facteur travail est le moteur du progrès technique et donc, que les variations de la productivité des facteurs doivent être mesurées en termes de travail incorporé. Cependant, le processus de production emploie de moins en moins de main d'œuvre et substitue au facteur travail d'autres formes de capital. Le concept de productivité totale des facteurs permet de prendre en compte la contribution des autres facteurs.

La productivité totale des facteurs ou PTF (Total Factor Productivity -TFP- ou multifactor productivity) appelée parfois résidu de Solow ou progrès technique non incorporé (dans les facteurs de production) mesure la croissance de l'output par

¹ En 1999-2000, le taux de chômage aux Etats-Unis est tombé à 4%, sans que cela s'accompagne d'une accélération de l'inflation.

² Il s'agit d'une indexation d'une fraction croissante du revenu des salariés sur des indicateurs de performance financière de la firme.

rapport à une moyenne pondérée de plusieurs inputs (en particulier, travail, capital, parfois d'autres – comme matériels, énergie, importations). Cette mesure peut être restreinte aux seuls facteurs physiques de production (travail, capital et inputs intermédiaires) ou bien être étendue à d'autres facteurs (les effets d'échelle, la qualité du travail, les progrès d'organisation, les facteurs cycliques, les erreurs de mesure, etc.).

Afin de mieux comprendre la contribution des différents facteurs à la croissance, nous introduisons la forme néo-classique de la production. Soit Y_t l'output agrégé produit à partir des inputs capital K_t et travail L_t . Nous ajoutons un autre facteur de production, le niveau de technologie, A_t . Dans cette modélisation, le progrès technologique est exogène (Solow, 1956). En considérant que le progrès technique est neutre au sens de Hicks, on peut écrire :

$$Y_t = A_t \cdot X(K_t, L_t) \quad (1)$$

Sous l'hypothèse de rendements d'échelle constants, la croissance de l'output est égale à la somme pondérée de la croissance de chacun des inputs, auquel s'ajoute un résidu :

$$\Delta \log Y_t = \alpha \Delta \log K_t + \beta \Delta \log L_t + \Delta \log A_t \quad (2)$$

où α est la part du facteur capital, β la part du facteur travail, $\alpha + \beta = 1$, et Δ représente une différence.

L'équation (2) nous permet d'identifier les contributions de chacun des inputs à la croissance économique. Pour présenter les résultats en termes de croissance de la productivité moyenne du travail, nous introduisons les notations suivantes. En posant : H_t les heures travaillées, $y_t = Y_t / H_t$ représente la productivité moyenne du travail et $k_t = K_t / H_t$ le capital par heure travaillée. L'équation (2) devient :

$$\Delta \log y_t = \alpha \Delta \log k_t + \beta (\Delta \log L_t - \Delta \log H_t) + \Delta \log A_t \quad (3)$$

Cette fonction de production s'apparente à celle proposée par Gordon (2000). La croissance de la productivité moyenne du travail ($\Delta \log y_t$) s'explique par trois facteurs :

1. Le premier terme à droite ($\Delta \log k_t$) représente l'accumulation du capital ou intensification capitaliste (capital deepening) ; il s'agit de la croissance du capital par heure travaillée. Du fait de l'accumulation du capital, les travailleurs deviennent plus productifs, parce qu'ils utilisent plus de capital pour chaque heure travaillée. Par conséquent, une

augmentation du capital disponible par travailleur accroît la productivité de travail en proportion de la part α du capital.

2. Le deuxième terme ($\Delta \log L_t - \Delta \log H_t$) représente l'amélioration de la qualité du travail, c'est-à-dire la différence entre la croissance de l'input travail et la croissance des heures effectivement travaillées. L'accroissement de la qualité du travail reflète l'augmentation du poids relatif des travailleurs qui produisent des biens et services à forte marge. Ce terme peut être positif si, par exemple, la qualification de la main d'œuvre s'améliore. L'amélioration de la qualité du travail augmente la productivité du travail en proportion de la part β du travail dans l'équation (3).
3. Enfin, la variation de la productivité moyenne du travail qui n'est pas expliquée par les deux premiers facteurs est attribuée à la productivité totale des facteurs incorporée dans la variable A. La contribution de la PTF à la croissance de la productivité s'obtient donc de façon résiduelle, en retranchant à la croissance de la productivité les contributions des facteurs travail et capital. Normalement, une hausse de la PTF permet d'augmenter la production sans accroître la quantité des facteurs. Il s'agit simplement de déduire la croissance expliquée de la croissance observée.

2.2. L'accélération de la croissance de la productivité dans les années 1995-2000

Gordon (2000, 2002) identifie trois périodes dans l'histoire économique récente des Etats-Unis. Dans la période qu'il qualifie d'âge d'or (golden age) et qui s'étend de 1950 à 1972, la croissance annuelle de la productivité était de 2,66% par an. Dans la période de ralentissement qui a suivi (dismal slowdown), de 1972 à 1995, la croissance de la productivité est tombée à 1,42% par an. Enfin, les années 1995 à 2000 correspondent à un renouveau de l'économie américaine, avec une croissance annuelle de la productivité de 2,86% par an.

Les études macroéconomiques de Oliner-Sichel, de Jorgenson-Stiroh et de Gordon s'accordent au moins sur deux points quant au mécanisme qui aurait conduit à la nette contribution des TIC à l'accélération de la croissance de la productivité dans les années 1995-2000 (aux Etats-Unis 1,1 point de pourcentage par année contre 0,6 point de pourcentage par année durant la période 1991-1995). Une accélération du progrès technique dans les microprocesseurs, et donc une augmentation massive de la puissance de calcul, a engendré une forte chute des prix des produits TIC (à performance constante),

notamment des ordinateurs³. On a pu distinguer deux effets sur la croissance.

Premièrement, la prise en compte de l'amélioration des performances des produits des TIC dans le secteur producteur, se traduit généralement par une baisse des prix et une augmentation du capital, appelé aussi "capital deepening" ou "progrès technique incorporé". Si les prix n'intègrent pas l'effet qualité, ceci se traduit par une augmentation de la PTF (ou aussi le "progrès technique non incorporé").

Les producteurs de TIC deviennent, dès lors, plus efficaces grâce à l'amélioration des performances des machines au sein du processus de production et produisent beaucoup plus de matériels informatiques et de logiciels à partir des mêmes inputs. La productivité des industries productrices des TIC augmente et elle contribue sensiblement à la croissance de la productivité totale des facteurs en global. De ce fait, la productivité du travail s'en trouve pareillement accrue dans l'industrie et au niveau de l'économie dans son ensemble (Jorgenson, 2002).

Deuxièmement, la loi de Moore s'exporte vers les autres secteurs par le biais d'une baisse continue des prix des biens informatiques. Les entreprises auraient ainsi augmenté leurs volumes d'investissement en TIC. Les TIC peuvent à ce titre influencer la **productivité** des secteurs utilisateurs est la croissance de leur PTF de plusieurs façons. D'abord, les secteurs intensifs en TIC sont devenus plus efficaces parce que le coût d'acquisition et de gestion de l'information a beaucoup baissé, permettant aux firmes d'améliorer l'allocation de leurs ressources. Ensuite, l'équipement de main d'œuvre en TIC s'améliore, ce qui permet de stimuler la croissance de la capacité de production des industries utilisatrices des TIC⁴. Les TIC constituent donc une composante du stock du capital et influencent sensiblement la croissance économique en tant que facteur de production. De ce fait, l'accélération de la croissance de productivité aux Etats-Unis est largement imputable à la croissance importante des investissements dans les TIC (OCDE, 2001). Cet éventuel effet, prêté toujours à controverse.

Pour arriver à ce résultat, les chercheurs ont séparé la croissance des prestations du capital TIC de celle relative à d'autres prestations du capital. On a pu alors constater que la contribution de tout autre élément constitutif du stock de capital -autre que les TIC- à la croissance, bien que positive, est restée constante avant et après 1995 ; la croissance du capital TIC des entreprises aurait alors eu des effets directs et peut-être indirects sur leur productivité.

³ La contribution importante des ordinateurs montre que la loi de Moore est un moteur essentiel de la croissance de la PTF.

⁴ Voir "Digital Economy 2000". Le tableau 3.1, en p. 23, établit la liste des industries productrices des TIC.

2.2.1. L'accélération du progrès technique

L'accélération du changement technique dans les ordinateurs, les périphériques et les semi-conducteurs, expliquerait en grande partie l'accélération de la croissance de la productivité depuis 1995. Selon les mesures du Bureau of Economic Analysis (BEA), la baisse de l'indice des prix des équipements informatiques (ordinateurs et périphériques) s'est accélérée à partir de 1995⁵. Alors que cet indice a baissé de 12% par an en moyenne entre 1987 et 1995, la baisse de l'indice des prix a atteint -29%/an entre 1996 et 1998. L'accélération de la baisse des prix des matériels informatiques serait due, essentiellement, à une accélération de la baisse des prix des semi-conducteurs qui a atteint plus de 40% par an depuis plus de trois décennies (Jorgenson, 2001, 2002).

La chute de l'indice des prix des équipements informatiques a conduit les entreprises à augmenter leurs investissements dans ce type d'équipements et de substituer des facteurs de production en faveur du capital informatique. Mairesse, Cette et Kocoglu (2000) indiquent que dans le cas de la France, le taux de croissance annuel moyen en volume de l'investissement en matériel informatique est de 30% pour les trente dernières années. Par comparaison, le taux de croissance annuel moyen des matériels non informatiques est de 3,6%.

La question est alors de savoir quel impact ces investissements ont pu avoir sur la croissance de la productivité.

2.2.2. Effets direct et indirect des TIC

La littérature économique identifie deux types d'effets des TIC sur la productivité : des effets directs et des effets indirects.

Pendant la période 1995-2000, les TIC ont eu un effet direct sur la productivité. Du fait de la chute des prix des équipements informatiques, dans la plupart des secteurs, les firmes ont investi massivement, ce qui a produit un effet d'intensification capitaliste (capital deepening), c'est-à-dire une croissance du capital par heure travaillée. L'intensification capitaliste augmente la productivité car une augmentation du capital des entreprises rend les travailleurs plus productifs en proportion de leur part de capital.

A ce premier effet direct s'ajoute un second effet direct, dans le secteur producteur des TIC : la baisse des prix des équipements informatiques et la croissance de la demande pour ces équipements ont

⁵ Les méthodes utilisées par le BEA pour déflater les prix des équipements informatiques sont des méthodes hédoniques.

généralisé une augmentation de la production dans le secteur des TIC.

Si les investissements en TIC ont un taux de retour plus élevé que les autres types d'investissement, ils peuvent aussi engendrer des effets de spillover ou effets indirects, c'est-à-dire un progrès technique autonome. Pour Gordon (2002), pour prouver que ces effets indirects existent, il faut montrer que l'accélération de la croissance de la PTF s'observe en dehors des secteurs informatiques (c'est-à-dire dans le reste de l'économie).

Si l'existence d'effets directs n'est presque jamais mise en cause, l'existence d'effets indirects a fait débat. Dans la partie suivante, nous présentons différentes mesures de ces effets directs et indirects.

2.3. La mesure de l'impact des TIC sur la productivité

Afin d'analyser l'impact des TIC sur la productivité, nous redressons la croissance de la productivité du travail de différents facteurs en nous basant sur les travaux de Gordon (2002), d'une part, et d'Oliner et Sichel (2002) et Jorgenson et Stiroh (2002), d'autre part.

Gordon (2000), comme d'autres économistes, n'est pas convaincu que les TIC ont un impact structurel sur la productivité moyenne du travail. Pour soutenir sa thèse, il décompose la PMT de façon à neutraliser dans la croissance de la productivité les effets cycliques, les effets de mesure et les effets d'amélioration de la qualité de la main d'œuvre. Il montre que le résidu, qui représente une mesure de l'accélération structurelle de la PMT, est négligeable.

2.3.1. Les effets cycliques dans la croissance de la productivité

Gordon plaide que la productivité du travail varie de façon pro-cyclique. Son argumentation est que le facteur travail est un facteur "quasi-fixe" qui ne s'ajuste que partiellement lors des oscillations cycliques de l'output autour de la tendance. Par conséquent, une croissance de l'output au-dessus de la tendance s'accompagne d'une augmentation de la productivité ; cependant, cette augmentation n'est que temporaire. Sur une croissance de la PMT de 2,86% pour le secteur privé non agricole (nonfarm private business), Gordon (2002) estime que 0,40% peuvent être attribués à cet effet cyclique. La croissance tendancielle de la productivité du travail serait donc de 2,46%, c'est-à-dire toujours fortement supérieure à la croissance tendancielle de la PMT entre 1972 et 1995 (1,42%).

Cependant, les effets cycliques ne peuvent expliquer que la croissance soutenue de la productivité aux Etats-Unis se soit maintenue sur une période aussi longue.

D'ordinaire, ce processus -effet cyclique- rend compte de l'accélération de la productivité seulement lors des périodes de reprise (d'Arvisenet, 2001). Or, sur la période 1991-2001, la croissance de la productivité reste très forte et elle est caractérisée par un caractère "a-cyclique", à l'encontre de ce qu'affirme Gordon. Lors du cycle des années 1980, les gains de productivité ont suivi un schéma traditionnel : les gains de productivité se concentrent sur les premières années du cycle et diminuent au-delà. La période 1991-2001 n'obéit pas à cette logique. On n'observe pas de tendance au ralentissement, mais plutôt un mouvement irrégulier (cf. figure 1 ci-dessous).

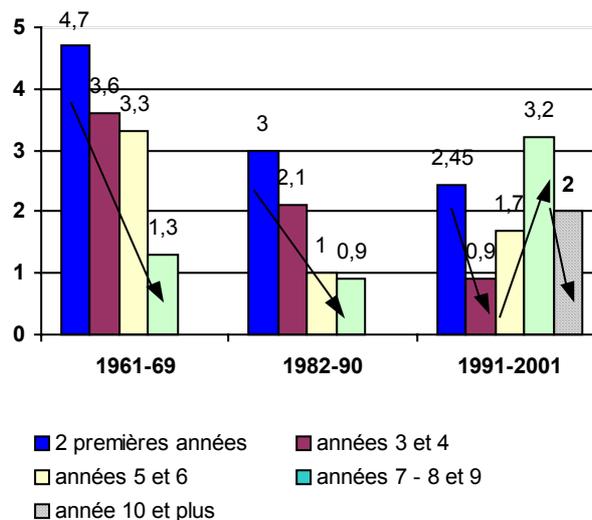


Figure 1 : Croissance de l'output par heure dans le secteur non-agricole durant les périodes d'expansion (croissance annuelle moyenne en %).

Source : Calcul des auteurs, d'après les données du US Bureau of Labor Statistics (BLS)

Des récentes analyses indiquent que les effets structurels observés à la fin des années 90 se maintiennent, malgré le repli économique depuis 2000⁶ comme le montre la figure 1 (McGuckin et Van Ark, 2003).

2.3.2. Les effets de mesure et les effets de qualité de la main d'œuvre

Une partie de l'accélération de la croissance entre 1995 et 2000 par rapport à la période 1972-1995 (+1,04%) s'explique selon Gordon par des biais sur la mesure des prix (0,14%) et sur la composition de la main d'œuvre (0,01%).

Les biais sur la mesure des prix sont dus à l'amélioration des méthodes de mesure de l'indice de prix à la consommation (IPC) entreprises depuis 1995

⁶ La croissance de la productivité aux Etats-Unis a chuté à 0,4%, mais tout de suite suivie d'une forte reprise 2,8% en 2002.

dans le NIPA (National Income and Product Accounts), notamment, l'utilisation des "méthodes hédoniques"; il est nécessaire alors de procéder d'abord à des corrections pour que les données d'avant 1995 soient comparables à celles d'après 1995. Le second point est lié à l'amélioration de la qualité de la main d'œuvre, c'est-à-dire de l'input travail par heure travaillée (une main d'œuvre composée de travailleurs plus qualifiés aura une meilleure productivité).

2.3.3. L'intensification capitaliste et la croissance de la PTF

Gordon (2000) montrait que l'impact des équipements informatiques (plus généralement, des TIC) sur la croissance était important dans les secteurs des TIC mais quasiment nul en dehors des secteurs de biens durables. En effet, Gordon calculait que l'accélération structurelle de la productivité du travail sur la période 1995-1999 (+0,64%) se décomposait en 0,33% d'intensification capitaliste, 0,29% de croissance de la PTF dans les secteurs TIC et de 0,02% seulement de croissance de la PTF dans les autres secteurs. Il en concluait que l'accélération de la croissance de la productivité était due non pas à des effets structurels mais plutôt à des effets transitoires.

Gordon (2002) revient sur cette première analyse. Dans ce travail plus récent qui inclut l'année 2000 dans les mesures, Gordon conclut que le sursaut de la productivité observé est réel et important et qu'une grande partie s'explique par des effets structurels plutôt que cycliques. On l'observe dans la production d'ordinateurs, mais aussi dans l'usage des ordinateurs. En effet, d'après ses calculs, l'accélération structurelle de la productivité du travail de 0,89% se décompose en un effet d'intensification capitaliste pour 0,37%, une croissance de la PTF dans la production d'équipements informatiques de 0,30% et une accélération structurelle de la PTF de 0,22%.

Cependant, pour Gordon, il n'y a toujours pas trace d'une accélération de la croissance de la PTF en dehors de la production d'équipements informatiques et du reste des secteurs manufacturiers de biens durables. Il estime que l'accélération structurelle de la PTF dans le secteur privé hors production de biens durables n'est que de +0,07%⁷. La conclusion de Gordon (2002) est que, du fait de l'accélération de la chute des prix des équipements informatiques, l'économie américaine a vécu une explosion de l'investissement dans ces équipements. Ceci a produit un effet d'intensification capitaliste mais le capital informatique a le même taux de retour sur investissement que les autres types de capital. Le tableau ci-dessous (tableau 1) résume l'évolution des mesures de Gordon.

Etude	Gordon (2000) 1995:4 – 1999:4		Gordon (2002) 1995:4 – 2000:4	
	NFPB (1)	NFPB moins biens durables	NFPB	NFPB moins biens durables
Accélération structurelle de la productivité	0,64	0,04	0,89	0,44
Contribution intensification capitaliste	0,33	0,33	0,37 (dont TIC 0,60)	0,37 (dont TIC 0,60)
Contribution de la croissance de la PTF dans les TIC	0,29	-	0,30	-
Accélération structurelle de la PTF	0,02	-0,29	0,22	0,07

(1) Non farm private business (secteur privé non agricole).

Tableau 1 : Comparaison des mesures de la productivité dans Gordon (2000) et Gordon (2002).

Etude	Gordon (2002)	Gordon (2002)	Jorgenson et al. (2002)	Oliner et Sichel (2002)
Période	1995:4 – 2000:4	Période	1995-2000	1996-2001
Accélération par rapport à	1972:2 – 1995:4	1972:2 – 1995:4	1973-1995	1991-1995
Secteurs inclus	NFPB (1)	NFPB - durables	(2)	NFPB
Accélération structurelle de la productivité	0,89	0,44	0,92	0,89
Contribution intensification capitaliste	0,37 (dont 0,60 TIC ³)	0,37 (dont 0,60 TIC ³)	0,52 (dont 0,44 TIC ³)	0,67 (dont 0,56 TIC ³)
Contribution de la croissance de la PTF dans les TIC	0,30	-	0,27	0,35
Accélération structurelle de la PTF	0,22	0,07	0,20	0,06

(1) Non farm private business (secteur privé non agricole) mesuré comme point de % par an.

(2) La définition de l'output est plus large que celle de Gordon ; Jorgenson et al. (2002) incluent le secteur à but non lucratif (nonprofit) et prennent en compte le logement résidentiel dans le capital.

(3) Pour Jorgenson et Stiroh, les TIC recouvrent les ordinateurs, les logiciels et les équipements de communications. Pour Oliner et Sichel, elles recouvrent les ordinateurs et les semi-conducteurs intégrés aux ordinateurs.

Tableau 2 : Mesures récentes de l'impact des TIC sur la productivité

⁷ Remarquons cependant que Gordon (2000) trouvait un ralentissement de la croissance de la PTF (-0,29%) dans les secteurs de biens non durables.

Les mesures récentes faites par Jorgenson et al. (2002) et Oliner et Sichel (2002) sont comparables aux résultats de Gordon (2002), comme le montre le tableau 2 ci-dessus. Même s'il admet l'existence d'une accélération structurelle de la productivité, Gordon (2002) estime que l'impact des TIC dans le reste de l'économie reste faible. Au contraire, l'évaluation de Jorgenson et al., (2002) montre que l'élévation de la PTF est aussi importante dans les secteurs producteurs des TIC que dans les secteurs utilisateurs entre les deux moitiés des années quatre-vingt-dix. Ce résultat suggère que le progrès technique dans les TIC se diffuse à l'ensemble de l'économie.

Ces différents travaux montrent que l'accélération structurelle de la productivité sur la période 1995-2000 est très importante (environ +0,9 point de pourcentage). Elle s'explique pour moitié par un effet d'intensification capitaliste concentré dans les équipements TIC (effet direct). L'autre moitié de l'accélération de la productivité est due à une accélération structurelle de la PTF (effet indirect). Les travaux récents suggèrent que les TIC ont à la fois un effet direct et un effet indirect responsables des trois quarts de l'accélération de la croissance de la productivité du travail dans la deuxième moitié des années quatre-vingt-dix aux Etats-Unis (Duval, 2000).

Une analyse sectorielle de ces évolutions⁸ nous fournit un autre enseignement essentiel : plus une industrie est intensive en capital TIC, plus la croissance de la productivité dans cette industrie est forte. D'après les estimations de l'Economic and Statistics Administration (ESA) basées sur les données du Bureau of Economic Analysis (BEA), la croissance de la productivité dans les industries les plus intensives en capital TIC (téléphonie, services de transport, assurances, équipements électriques et électroniques...) est de 2,95% par an sur la période 1989-2000, alors qu'elle n'est que de 0,58% dans les industries moins intensives en capital TIC (santé, textile, hôtellerie, construction...). Une grande étude sectorielle effectuée par *McKinsey Global Institute* (2001) a identifié six gros secteurs responsables de l'accélération de la productivité américaine après 1995 où l'utilisation effective des TIC a été importante à savoir : le commerce de gros, le commerce de détail, la fabrication d'équipements informatiques, la fabrication de semi-conducteurs, le courtage de valeurs immobilières et les communications.

La figure 2 montre également que, contrairement à la thèse défendue par Gordon (2000), la croissance de la productivité n'est pas circonscrite aux secteurs producteurs de TIC. Cette figure présente la contribution des industries du secteur non agricole, y compris les industries productrices de TIC, à l'accélération de la croissance de la productivité entre la période 1995-2000 (2,48%) et la période 1989-1995

⁸ Deux études sectorielles majeures ont été effectuées, celle de Stiroh (2001a) et celle de McKinsey Global Institute (2001).

(1,02%) à savoir 1,46% d'accélération⁹. La contribution à la croissance au PIB la plus importante est celle du secteur des assurances et de la finance (37%) suivi du commerce de détail (28,3%), du commerce de gros (20,8%) et des services (15,8%). La Figure 2 représente la contribution de ces différents secteurs à la croissance de productivité.

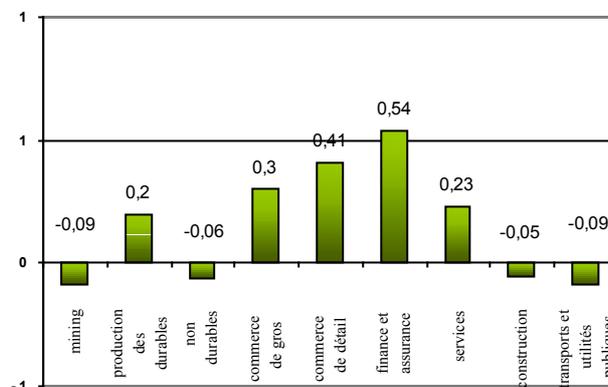


Figure 2 : Contribution à l'accélération de la productivité du secteur non-agricole des différentes industries pour la période 1995-2000 par rapport à la période 1989-1995 (en points de pourcentage).

Source : d'après les estimations de l'ESA (Digital Economy, 2002)

Le secteur des biens durables doit évidemment sa performance à l'industrie informatique. Pour le commerce, la co-évolution de plusieurs facteurs a permis l'essor de ce secteur : l'utilisation de la **Toile**, en premier lieu pour en faire la vitrine de l'entreprise et lui donner une image de modernité, ensuite avec les différentes fonctions (achats, comptabilité, etc.) et outils comme les échanges de données informatisés (EDI) ou les réseaux Intranet, les entreprises, à partir d'une base de données unique, ont accru leurs échanges informatisés avec leurs partenaires extérieurs (avec les sous-traitants, fournisseurs via les logiciels B2B, avec les clients via la publicité et la vente électronique, et avec les organismes et administrations publiques grâce au développement de l'administration électronique) ; la standardisation des codes des produits, la généralisation des lecteurs des codes-barres, la diffusion du juste-à-temps, etc., sont tous des facteurs qui ont permis le développement de ce secteur.

Les TIC ont joué un rôle primordial dans l'évolution du secteur financier (Boyer, 2002). Pour les services, qui utilisent plus de 70% des équipements en TIC (Baily et Lawrence, 2001, p.311), les résultats restent modestes. Ceci s'explique au moins en partie par des problèmes de mesure. Ce secteur s'inscrit d'ailleurs parmi un certain nombre de branches du tertiaire où

⁹ La contribution du secteur des secteurs de biens durables à la croissance de productivité était de 0,56 points de pourcentage sur la période 1989-1995 et de 0,83 points de pourcentage sur la période 1995-2000.

la mesure de la production s'avère être particulièrement délicate¹⁰.

Toutefois, l'adoption des TIC ne suffit pas pour que la productivité des entreprises s'améliore. Une réorganisation des circuits d'informations et de décision des entreprises est nécessaire. En effet, mis à part le secteur producteur des infrastructures matérielles des réseaux, des ordinateurs et des logiciels, c'est la gestion des entreprises que les TIC affectent d'abord et non pas directement la production ou la distribution. Ce n'est qu'ensuite que s'expliquent les mécanismes qui ont procréé l'accroissement de la productivité, notamment aux Etats-Unis (Boyer, 2002).

En effet, l'informatisation des processus de production et de gestion entraîne des effets d'apprentissage et des coûts d'adaptation des organisations au nouveau mode de communication qui peuvent relativement freiner l'accélération de productivité. Mais ces coûts disparaissent sous l'effet de diffusion des TIC qui implique des économies d'échelle due à ces processus de réorganisation des systèmes de production.

Les pays nordiques, notamment, la Finlande et l'Irlande donnent le meilleur exemple de petites économies ouvertes, qui ont pu enregistrer des gains de productivité nettement plus élevés (respectivement 4% et 3,1% à la deuxième moitié des années 1990) par rapport aux autres pays de l'OCDE, essentiellement grâce à leur maîtrise de l'usage et/ou de la production des TIC. Ainsi, il s'avère nécessaire de noter que, les transformations intervenues en matière de management et de concurrence¹¹ sont aussi des facteurs clés qui expliquent l'évolution de la productivité plutôt que les investissements en TIC à eux seuls (Triplett, 2001 ; Boyer, 2002).

Enfin, les TIC permettent incontestablement l'accélération de la croissance de la productivité dans les autres secteurs de l'économie. Prenons l'exemple de la biotechnologie, notamment le problème du décodage du génome humain résolu uniquement grâce à la puissance de calcul des ordinateurs ouvrant ainsi la voie à de nombreuses découvertes. De ce fait, nous pouvons affirmer que les TIC représentent réellement des biens génériques différents des innovations passées et dont l'apport à l'accélération de la productivité ne peut être restreint au seul secteur producteur.

¹⁰ McGuckin et Stiroh (2001a) estiment l'erreur dans la mesure du produit américain d'un demi pourcent de la croissance économique.

¹¹ Le marché extrêmement compétitif et la déréglementation économique et financière ont facilité l'apparition de nouveaux secteurs d'activité ainsi que le financement des jeunes pousses. Ceci est plus visible aux Etats-Unis qu'en Europe, ce qui constitue l'une des raisons qui explique l'écart de performance entre les deux régions. Une étude de l'OCDE a montré l'existence d'une liaison significative, notamment un impact négatif, entre le poids de la réglementation et les performances en matière d'accélération de la productivité totale des facteurs (OCDE, 2000).

3. L'IMPACT DES TIC SUR LA CROISSANCE ÉCONOMIQUE EST-IL TOUJOURS SOUS-ESTIMÉ ?

Pour mieux cerner la contribution des TIC à la croissance de la productivité, il est nécessaire de bien évaluer les investissements TIC réalisés par les entreprises. Ceci n'est possible que par application d'un système de déflateurs spécifique aux équipements TIC permettant de prendre en compte les progrès technologiques fréquents et très rapides de ces produits. Le problème posé est celui du partage prix/volume des dépenses d'investissement et de la prise en compte de l'effet qualité. Pour réaliser ce partage, la meilleure méthode étant celle des indices de prix hédoniques considérée comme la nouveauté la plus importante des années 80 en matière de comptabilité nationale à l'échelle mondiale. Nous commençons par en rappeler le principe et nous analysons l'impact de cette méthode sur la mesure de la productivité.

L'utilisation des indices de prix hédoniques et son impact sur la mesure des dépenses réelles d'informatique, est au cœur du débat sur le processus de diffusion des TIC : dans quelle mesure ces indices de prix sont-ils capables d'expliquer l'accélération de la croissance de la productivité ainsi que de la modération de l'inflation depuis la deuxième moitié des années quatre-vingt-dix ?

Les indices de prix hédoniques ne sont pas encore généralisés pour la mesure de l'évolution des prix. Nous suggérons que leur prise en compte pour mesurer l'évolution des prix de certains services – comme la téléphonie mobile – pourrait conduire à réévaluer la mesure de l'impact des TIC sur la productivité.

3.1. Définition et rôle des indices de prix hédoniques

Le principe de la méthode des prix hédoniques est simple : il s'agit d'expliquer les fluctuations du prix d'un produit ou d'un service en les reliant aux variations des caractéristiques de ce produit ou service¹². Dans le cas des ordinateurs pour lequel la méthode hédonique a été utilisée avec succès¹³, le prix des ordinateurs est relié à différentes caractéristiques quantifiables comme la mémoire, la vitesse, la taille du disque dur, etc., ainsi qu'à des variables qualitatives comme le modèle, la marque, la présence d'un lecteur de disque compact, etc. On procède à des régressions successives du prix du produit i à la période t (P_{ti}) par rapport aux

¹² Afin de mieux comprendre les ajustements qualitatifs par les méthodes hédoniques, voir Berndt (1991).

¹³ Voir Berndt, Dulberger et Rappaport (2000).

caractéristiques du bien notées z_{tki} , de la façon suivante :

$$\ln p_{it} = \beta_0 + \sum_{t=2}^T \delta_t D_t + \sum_{k=1}^K \beta_k z_{tki} + \varepsilon_{it}$$

où D_t est une variable temporelle (dummy), ε_{it} est un terme d'erreur et les β_k et les δ_t sont les coefficients à estimer.

La méthode hédonique permet de produire des séries chronologiques corrigées des variables qualitatives ou des séries d'indices de prix dans lesquelles les corrections qualitatives sont prises en compte de façon implicite. Par exemple, si on considère que le prix d'un ordinateur est à peu près constant dans le temps, mais que la performance des ordinateurs augmente fortement chaque année, la méthode des prix hédoniques capture l'effet qualité en faisant apparaître une baisse de l'indice.

Mal saisir cette baisse des prix, déclenchée essentiellement par une accélération du progrès technique et donc de la qualité des produits, revient à mal estimer la PTF. Comme le note Shreyer (2001), la prise en compte des changements de qualité dans la mesure des prix des produits TIC est essentielle pour bien mesurer la productivité. L'importance des TIC comme facteur de croissance de la productivité aux Etats-Unis résulte justement de l'application dans ce pays des indices de prix hédoniques. Cette méthode est utilisée également dans les comptes nationaux par l'agence statistique canadienne (Statistics of Canada).

Cette baisse des prix du matériel informatique a considérablement augmenté la demande des TIC. En volume, les firmes investissent relativement plus, tout en y consacrant relativement moins d'argent. Il en résulte une augmentation de la productivité du travail. Néanmoins, cet accroissement de productivité n'est permanent que si les prix des TIC poursuivent leur baisse conditionnée elle-même par l'apparition de nouvelles innovations.

La question cruciale qui se pose dès lors aujourd'hui est de savoir si les prix des équipements TIC ajustés sur la qualité vont continuer à baisser à la même vitesse que pendant la deuxième moitié des années 90. D'un point de vue purement technologique, il semble que dans les cinq à sept prochaines années, le rythme des améliorations technologiques dans les circuits intégrés, les microprocesseurs et les circuits de mémoire ne va pas être moins rapide que ce qu'il a été dans les trente dernières années. Cependant, ceci ne sera vrai que si l'offre de technologie rencontre une demande, en développant de nouveaux usages.

Une étude récente du Congressional Budget Office (CBO, 2002) avance néanmoins que la baisse des prix des équipements TIC, si elle va se poursuivre, sera dans l'avenir plus faible qu'elle ne l'a été sur la période

1996-2000, même si elle reste plus rapide que pendant la période 1975-1995. Le caractère exceptionnel des années 1996-2000 s'expliquerait par certains facteurs transitoires : essentiellement par la baisse rapide et continue des prix des ordinateurs elle-même due à la chute des prix des semi-conducteurs résultant du passage en 1995 du cycle de 3 à 2 ans (Jorgenson, 2001); la croissance rapide d'Internet, le problème du bug de l'an 2000 et le besoin des firmes d'établir une présence sur Internet à travers le commerce électronique. Le CBO affirme dans ses projections de juin 2002 que les améliorations de qualité dans les ordinateurs vont ajouter 0,10 points de pourcentage à la croissance de la PTF pour la période 2002-2012.

L'étude du CBO réalise aussi une étude de sensibilité qui montre comment l'intensité de la baisse des prix des ordinateurs (ajustés sur la qualité) influence la croissance de la PTF. Le CBO a imaginé trois scénarios (voir aussi le tableau 3) :

- Dans le scénario médian, l'amélioration de la qualité des ordinateurs sur la période 2002-2012 va être plus faible que sur la période 1996-2000 et plus forte que sur la période 1975-1995. L'amélioration de la qualité des ordinateurs contribuerait à augmenter de 0,10% la croissance de la PTF sur la période 2002-2012.
- Dans le deuxième scénario (scénario bas), la baisse annuelle des prix des ordinateurs revient à son niveau de la période 1973-1994 (-14,4% par an). La croissance annuelle de la PTF baisserait alors pour atteindre 1,22% (contre 1,28% dans le scénario médian).
- Dans le troisième scénario (scénario haut), la baisse annuelle des prix des ordinateurs reste la même que sur la période 1995-2001 (-24,2% par an). L'amélioration de la qualité des ordinateurs contribuerait alors à ajouter 0,18% à la croissance de la PTF pour la période 2002-2012 (qui est alors de 1,36%/an).

La méthode de calcul utilisée par le CBO dans ce tableau pour ajuster les prix des ordinateurs à la qualité est une méthode hédonique. Il ressort logiquement que, plus la baisse des prix est forte, du fait des améliorations de la qualité, plus la croissance de la productivité est élevée. Jorgenson et Stiroh (2000) proposent une étude de sensibilité comparable. Ils montrent que la contribution directe des TIC à la croissance est d'autant plus élevée que la baisse des prix des produits TIC est forte.

Contrairement à la plupart des pays de la zone Euro, comme la France, les méthodes hédoniques sont très utilisées aux Etats-Unis (Lequiller, 2001)¹⁴.

¹⁴ Aux Etats-Unis, les méthodes hédoniques sont utilisées pour développer des indices de prix pour les ordinateurs,

L'utilisation des indices hédoniques aux Etats-Unis pourrait expliquer, au moins pour partie, les évolutions divergentes des économies de la zone Euro et des Etats-Unis. Cecchetti (2000) estime ainsi que l'application dans la zone Euro des méthodes hédoniques utilisées aux Etats-Unis permettrait d'accroître la croissance de la productivité mesurée dans la zone au cours des cinq dernières années d'environ 0,25 points de pourcentage. L'écart entre les économies européennes et américaines serait ainsi réduit.

Cependant, même aux Etats-Unis, les méthodes hédoniques ne sont pas généralisées. Il est donc possible que les estimations actuelles ne donnent qu'une borne inférieure de la contribution des TIC à la croissance.

<i>Projections du COB de juin 2002 : scénario médian</i>	
Taux de croissance tendanciel	1,07
Ajustement sur la qualité des ordinateurs	0,10
Autres ajustements	0,09
Total	1,28
<i>Scénario bas incorporant une baisse plus faible des prix des ordinateurs</i>	
Taux de croissance tendanciel	1.07
Ajustement sur la qualité des ordinateurs	
Utilisant la baisse moyenne des prix des ordinateurs de 1973-1994	0.04
Autres ajustements	0,09
Total	1,22
<i>Scénario haut incorporant une baisse plus rapide des prix des ordinateurs</i>	
Taux de croissance tendanciel	1.07
Ajustement sur la qualité des ordinateurs	
Utilisant la baisse moyenne des prix des ordinateurs de 1995-2001	0.18
Autres ajustements	0,09
Total	1,36

Tableau 3 : l'effet de différents sentiers de prix des ordinateurs sur la productivité totale des facteurs sur la période 2002-2012 (en % par an)

Source : Congressional Budget Office.

3.2. Réévaluer la productivité dans les secteurs tiers de l'économie

Alors qu'on attribue aux TIC l'accélération de la croissance de la productivité, dans certains secteurs de services, gros utilisateurs des TIC (notamment, les services financiers, la distribution, les assurances), on observe peu ou pas de gains de productivité. Ceci conduit Gordon à conclure que l'effet des TIC dans les secteurs de biens non durables reste limité. Une

les périphériques, les logiciels prêts à l'emploi et les composants électroniques. En France, les indices hédoniques ne sont utilisés que pour les ordinateurs et les imprimantes légères. Dans plusieurs pays de la zone Euro, comme la Belgique, les méthodes hédoniques ne sont pas du tout appliquées.

explication alternative à celle de Gordon serait que, dans certaines industries de services, les TIC créent de nouvelles formes d'output, très difficiles à capturer par les statistiques.

Dans le cas des services financiers, par exemple, l'introduction des opérations bancaires électroniques et des guichets électroniques a contribué à une baisse sensible du nombre de chèques émis. Dans la mesure où le nombre de chèques émis entre dans la composition de l'output et que les opérations électroniques ne sont, elles, pas encore comptabilisées, la baisse du nombre de chèques émis se traduit dans les statistiques par une baisse de la productivité du secteur financier. De plus, alors que leur volume n'est pas mesuré, le coût de ces nouveaux services l'est. Par conséquent, cette amélioration qualitative due à l'automatisation des produits bancaire se traduit dans les statistiques par une baisse de productivité.

Si le paradoxe de productivité de Solow a été résolu mais n'a pas disparu complètement, des paradoxes de productivité sectoriels subsistent donc. Ils s'expliquent vraisemblablement par les mêmes raisons qui ont été avancées pour expliquer le paradoxe de Solow. Tout d'abord, les gains de productivité des investissements TIC n'apparaissent pas immédiatement, mais à l'issue de processus d'apprentissage et de réorganisation au sein des entreprises. Par ailleurs, les nouvelles formes d'output issues de ces investissements sont mal mesurées au départ. Comme l'indique Caron (1997), leur mesure constitue un défi statistique majeur.

3.3. L'emploi des méthodes hédoniques pour la téléphonie mobile !

La téléphonie mobile dont l'essor a été spectaculaire représente le produit emblématique des NTIC (Magnien, 2003) et pose ainsi le même problème de mesure. En France, ce secteur n'a été représenté dans l'indice du prix à la consommation des ménages que très récemment¹⁵, alors que 64% des français sont équipés d'un téléphone mobile¹⁶. En effet, la construction d'un indice de prix pour la téléphonie mobile est très délicate, du fait de la complexité des offres tarifaires (forfaits, prix de l'appareil compris ou non) et de l'évolution rapide des offres.

L'utilisation d'un indice classique consisterait à décomposer la consommation globale en micro-consommations (abonnement, appel de type 1, ...

¹⁵ L'indice " sans friction " pour la téléphonie mobile a été introduit dans l'indice des prix à la consommation en janvier 2003.

¹⁶ Taux de pénétration au 31 décembre 2002 (source : ART).

appel de type n) dont les prix et les poids seraient agrégés par un indice de Laspeyres. Cet indice est incapable de saisir certains aspects complexes de la tarification ou de la consommation dans les mobiles : tarification plus élevée pour les minutes hors forfait, effets de substitution suite à des changements tarifaires, introduction de nouveaux produits, etc. De plus que l'apparition même de la téléphonie mobile en tant que nouveau produit à côté de la téléphonie fixe accroît le bien-être des consommateurs par l'élargissement des choix de consommation qui leurs sont offerts. Evaluer cette augmentation du bien-être due à l'arrivée de la téléphonie mobile sur le marché est une tâche extrêmement délicate et compliquée dans les calculs des indices des prix.

Une contribution importante dans ce cadre est celle d'Hausman (1999b). Il propose d'introduire la téléphonie mobile dans l'indice de prix à la consommation (IPC) aux Etats-Unis, en tant que nouveau produit ceci contribuerait à baisser fortement l'IPC. Autre aspect important de ce travail est que Hausman utilise dans ses estimations un indice qui renvoie à la notion d'utilité constante ce qu'on appelle "*l'indice à utilité constante*" (IUC) ou aussi "*l'indice de coût de la vie*" (COLI)¹⁷ que le BLS considère aujourd'hui comme cadre théorique pour l'IPC (BLS, 1997).

Le COLI représente le ratio ou l'évolution minimale des dépenses des consommateurs entre une période de base et une période courante, nécessaire pour maintenir à la période courante le niveau d'utilité de la période de base face à la variation différenciée des prix des produits offerts. Il permet aussi de mesurer l'augmentation du bien-être des consommateurs, consécutive à l'introduction d'un nouveau produit comme la téléphonie mobile. Hausman montre qu'en omettant la téléphonie mobile, l'indice des prix des services de télécommunications est biaisé de l'ordre de 0,8% à 1,9% par an sur la période 1983-1998 (période entre l'apparition des mobiles sur le marché américain et leur introduction dans le CPI). Toutefois, le COLI a un aspect plus conceptuel que pratique et pose, par conséquent, des problèmes importants lorsqu'il doit être mis en place au niveau opérationnel (Lacroix et Magnien, 2001).

Lacroix et Magnien (2001) proposent une approche différente pour la construction d'un indice de prix pour la téléphonie mobile qui renvoie plutôt à la notion d'*"usage constant"* beaucoup plus facile à mettre en œuvre. La méthode consiste, dans un premier temps, à réduire la liste des produits en définissant des classes de produits substituables permettant de satisfaire des

modes de consommations voisins (par exemple : "petits" consommateurs, "gros" consommateurs, etc.). Dans un second temps, pour chaque classe de produit, on procède à une classification des consommateurs en fonction de leur profil de consommation en utilisant des valeurs moyennes de certaines variables "*comportementales*" : nombre et durée mensuelle des appels, répartition entre plages horaires, nombre de SMS envoyés, etc. (Magnien, 2003). On retient alors le produit le moins cher parmi l'ensemble de produits offerts par les opérateurs et satisfaisant ce besoin spécifique. Enfin un indice de valeur unitaire est calculé pour chaque profil de consommation. La dernière étape consiste à affecter des pondérations aux différents profils de consommations et à calculer un indice de Laspeyres à partir des indices de valeur unitaire de chacun des profils¹⁸.

L'avantage principal de cette méthode est qu'elle permet grâce à la segmentation des consommateurs en profils, la prise en compte de la mobilité des consommateurs entre produits et donc d'éviter les biais de l'indice dû aux effets de substitutions. Cependant, il s'avère nécessaire de noter que les indices de valeur unitaire retracent l'évolution de la valeur moyenne des biens ; il ne s'agit donc pas de véritables indices de prix. Le problème est qu'un indice de valeur unitaire peut varier sans que les prix et les quantités totales aient bougé. Or, la finalité d'un indice de prix est de suivre le mouvement des prix dans le temps pour construire un déflateur comptable.

Alors qu'on reproche aux indices traditionnels de ne pas prendre en compte les effets de substitution, c'est le contraire avec la méthode d'indice de prix moyen ou de valeur unitaire : les effets de substitution ont trop d'impact. Une autre limite de cette méthode est que, pour deux modes de consommation différents – par exemple, une distribution différente des appels entre jour d'une part et soir et week-end d'autre part – peuvent procurer le même degré de satisfaction, avec des coûts différents ! (Magnien, 2003).

La construction d'un indice de prix pour la téléphonie mobile reste donc un problème d'actualité. Une piste intéressante à explorer serait de construire un indice de prix hédonique, pour prendre en compte de façon satisfaisante les améliorations de qualité des services de la téléphonie mobile jusqu'ici ignorées dans le calcul de l'IPC par toutes les méthodes proposées. Procéder de la sorte pour un produit TIC aujourd'hui mal mesuré (la téléphonie mobile) pourrait conduire, dans un second temps, à réévaluer à la hausse l'impact des TIC sur la productivité.

¹⁷ Le terme "indice de coût de la vie" est utilisée de manières différentes en France et aux Etats-Unis. Dans ce pays, ce terme fait référence à la théorie économique du consommateur et a un aspect plus conceptuel que pratique. Alors qu'en France, l'indice de coût de la vie renvoie à la notion de "budget type minimum".

¹⁸ L'étude repose sur la statistique des minutes consommées, et donc, sur le prix moyen de la minute consommée, qui est égal au chiffre d'affaires divisé par le nombre total de minutes.

4. CONCLUSION GÉNÉRALE

Dans cet article, nous avons montré qu'au regard des dernières études disponibles et malgré la crise que traverse l'industrie des TIC, les TIC ont toujours un impact profond sur l'économie. La contribution des TIC à la croissance de la productivité reste importante. Nous avons suggéré que cet impact pourrait être non pas sur-estimé mais sous-estimé. Car, contrairement à ce qu'affirment beaucoup de chercheurs, l'informatisation de la production dans l'industrie manufacturière n'est pas un phénomène nouveau puisqu'elle a commencé, il y a 40 ans déjà. La nouveauté est assignée donc principalement aux services et aux entreprises opérant dans les secteurs de haute technologie (Boyer, 2002). C'est justement le problème, car, dans certaines industries, en particulier les industries de services, les TIC semblent ne pas avoir d'effet sur la productivité ; Cette constatation pourrait s'expliquer essentiellement par des problèmes de mesure. Rares encore sont les recherches qui ont étudié l'éventuelle accélération de la PTF dans les branches du tertiaire grandes utilisatrices de TIC.

La généralisation des indices hédoniques – par exemple, pour la construction d'un indice de prix pour la téléphonie mobile– pourrait conduire à réévaluer l'impact des TIC sur la productivité.

Par ailleurs, nous nous sommes concentrés sur le cas américain. Si les TIC contribuent fortement à la croissance économique, leur impact n'est pas le même dans les différents pays industrialisés. Mairesse, Cette et Kocoglu (2000) montrent ainsi que la contribution des TIC à la croissance à la fin des années 90 serait de l'ordre du simple au triple entre les Etats-Unis et la France.¹⁹ Comme le note ces auteurs, cet écart est préoccupant, car il influera sur les performances à moyen-long terme des économies de ces deux pays.

BIBLIOGRAPHIE

- Arvisenet, P.d'. (2001), " Que reste-il de la nouvelle économie? ", *Conjoncture*, PNB Paribas, 5, mai, p.2-11.
- Baily, M.N and Lawrence, R.Z. (2001), "Do We Have a New Economy? ", *American Economic Review*, Papers and Proceedings, 91 (2), may, p.308-312.
- Baker, D. (1998), "The Computer Driven Productivity Boom, Challenge, November-December.
- Baudchon, H. et O. Brossard (2001), " Définitions et mesures des technologies de l'information et de la communication : enjeux et paradoxes ", 9^{ème} colloque de comptabilité nationale.

- Berndt, E. (1991), " The Practice of Econometrics: Classic and Contemporary ", Addison-Wesley Longman.
- Berndt, E., Dulberger, E. and Rappaport, N. (2000), " Price and Quality of Desktop and Mobile Personal Computers: A Quarter Century of History ", National Bureau of Economic Research.
- Caron, F. (1997), "Les deux Révolutions industrielles du XXème siècle ", Albin Michel.
- Cecchetti, S.G. (2000), " Early warning signs of the US productivity pickup: implications for Europe ", unpublished working paper, Ohio State University and NBER, 14 August.
- Duval, R. (2000), " Quel crédit faut-il accorder à la Nouvelle Economie" américaine ? ", Mimeograph Direction de la Prévision, Paris.
- Gordon, R.J. (2000), " Does the "New Economy" Measure up to the Great Inventions of the Past ? ", May 1, 2000 draft of a paper for the *Journal of Economic Perspectives* , vol. 14, pp. 49-74.
- Gordon, R.J. (2002), " Chapter 3: The United States", *Technological Innovation and Economic Performance*, in Richard Nelson, Benn Steil et David Victor (éd.), Princeton: Princeton University Press, pp. 49-73.
- Gorko, J. et Bordé, F. (1999), "Wired Telecommunication Carriers Price Indexes
- Hausman, J. (1999), " Cellular Telephone, New Products and the CPI", *Journal of Business & Economic Statistics*, April 1999, vol. 17, n°2 pp. 188-194.
- Jorgenson, D.W. (2001), " Information Technology and the U.S. Economy", *American Economic Review*, vol.91, n°1, pp.1-32
- Jorgenson, D.W. (2002), " La croissance économique américaine à l'ère de l'informatisation ", *isuma*, vol.3, n°1.
- http://www.isuma.net/v03n01/jorgenson/jorgenson_f.pdf
- Jorgenson, D.W. and K.J. Stiroh (2000), " Raising the Speed Limit: US economic growth in the Information Age ", *Brookings Papers on Economic Activity*, n°1, 125-211.
- Jorgenson, D.W., Ho, M.S. and K.J. Stiroh (2003), " Projecting Productivity: Lessons from the U.S. Growth Resurgence".
- Lacroix, T. et Magnien, F. (2001), " Methodology for constructing a price index for mobile-telephony services", INSEE, paper presented at the Sixth Meeting of the International Working Group on Price Indices Canberra, Australia 2-6 April.

¹⁹ Ceci est dû en particulier à un écart important dans la diffusion des TIC entre les deux pays.

- Lequiller, F. (2001), “ La nouvelle économie et la mesure de la croissance du PIB”, *INSEE*, Série des documents de travail de la Direction des Etudes et Synthèses Economiques
- Mairesse, J., Cette, G. et Y. Kocoglu (2000), “ Les technologies de l’information et de la communication en France : diffusion et contribution à la croissance ”, *Economie et Statistique*, N°339-340, pp. 117-146.
- Magnien, F. (2003), “ Mesurer l’évolution des prix des services de la téléphonie mobile : une entreprise difficile”, *Economie et Statistiques* n°362.
- McKinsey Global Institute United States (2001), “Productivity Growth 1995-2000”. October.
- McGuckin, R. and Stiroh, K. (2001), “Do Computers Make Output Harder to Measure ? ”, *Journal of Technology Transfer*, 26, pp.295-321.
- McGuckin, R.H. et Ark, V.B. (2003), “ Performance 2002, Productivity, Employment, and Income in the World’s Economies ”, *The Confence Board*.
- <http://www.ai2.as/docs/CEDE/Performance%202002.pdf>
- OCDE, Nicoletti, G., Scarpetta, S. et Boylaud, O. (2000), “ Summary indicators of product market regulation with an extension to employment protection legislation”, Economic Department, Working Paper, n°226, OCDE, avril.
- [http://www.oilis.oecd.org/olis/1999doc.nsf/63c71d2d4054d0fd0125685d0053aee4/5ef586bbe13dd52ac125684a003a8da0/\\$FILE/00075836.PDF](http://www.oilis.oecd.org/olis/1999doc.nsf/63c71d2d4054d0fd0125685d0053aee4/5ef586bbe13dd52ac125684a003a8da0/$FILE/00075836.PDF)
- OCDE : “ La nouvelle économie: mythe ou réalité? ”, Rapport de l’OCDE sur la croissance, Paris (2001).
- Oliner, S.D. et D.E. Sichel (2000), “ The resurgence of growth in the late 1990s: is information technology the story?”, *Journal of Economic Perspectives*, 14, pp. 3-22.
- Oliner, S.D. et D.E. Sichel (2002), “ Information Technology and Productivity: Where Are We Now and Where Are We Going? ”, mimeo.
- Schreyer, P (2001), “ Computer price indices and international growth comparisons”, Growth Project Background papers, OCDE, Paris. www.oecd.org/subject/growth/products/index.htm.
- Solow, R.M. (1956), “ A Contribution to the Theory of Economic Growth ”, *Quarterly Journal of Economics*, 70, pp. 65-94.
- Triplett, J.e. (2001), “ Les Etats-Unis ont-ils connu une Nouvelle Economie ”, Intervention lors de la 9^{ème} Conférence sur la comptabilité nationale de l’Association de Comptabilité Nationale ‘Comment mesurer la nouvelle économie ?’. Paris novembre.
- The Congress of the United States Congressional Budget Office (CBO) (2002), “ The Role of Computer Technology in the Growth of Productivity ”.
- Economics and Statistics Administration (2000), “ *Digital Economy 2000* ”, Washington, DC, U.S. Department of Commerce, juin.
- Economics and Statistics Administration: (2002), “ *Digital Economy 2002* ”, Washington, DC, U.S. Department of Commerce. February.