

L'effet de la diffusion des technologies de l'information et de la communication (TIC) sur la productivité par employé en France

La diffusion des TIC induit des gains de productivité à la fois par substitution aux autres facteurs de production (dont le facteur travail) et par un impact sur la productivité globale des facteurs. Cet article propose une évaluation de ces effets en France, sur la période 1980-2002, en mobilisant à cette fin la méthode usuelle dite de « décomposition comptable de la croissance ». Les résultats de l'évaluation sont comparés avec ceux d'autres analyses concernant l'économie américaine. De façon habituelle, les TIC regroupent ici les matériels informatiques, les logiciels et les matériels de communication.

Il en ressort que la contribution de la diffusion des TIC à la croissance de la productivité du travail ne serait pas négligeable et qu'elle aurait augmenté durant la décennie quatre-vingt-dix. Pour autant, cette contribution demeure très inférieure en France à celle évaluée pour l'économie américaine. Ces constats paraissent robustes au regard des réelles incertitudes statistiques concernant la mesure des dépenses d'investissement en TIC des entreprises. L'écart constaté entre la France et les États-Unis reflète une moindre diffusion des TIC en France, comme d'ailleurs dans les autres pays européens. De nombreuses raisons sont avancées pour expliquer ce retard : les effets de « spillovers » des secteurs producteurs vers les utilisateurs, une réglementation des marchés des biens et du travail moins souple, une qualité de la main-d'œuvre en moyenne moins élevée et des coûts de connexion à l'internet plus importants.

Gilbert CETTE
Banque de France et Université de la Méditerranée (CEDERS)
Yusuf KOCOGLU
Université de la Méditerranée (CEDERS)
Jacques MAIRESSE
INSEE - CREST

Une abondante littérature a été consacrée, sur les dernières années, à l'analyse de la contribution des technologies de l'information et de la communication (TIC) à la croissance du produit intérieur brut (PIB) et de la productivité du travail¹. L'émergence et la diffusion des TIC se caractérisent, en effet, par une amélioration technologique continue et rapide qui peut induire de forts gains de productivité. À titre d'illustration, on peut évoquer les indices de prix des matériels informatiques (et plus encore ceux des microprocesseurs) censés prendre en compte, *via* le recours à des méthodes « hédoniques », l'amélioration des performances de ces biens, qui connaissent depuis plus de trois décennies une baisse annuelle moyenne d'environ 20 % (40 %). Cette amélioration qualitative peut aussi concerner d'autres formes de TIC, comme les logiciels ou les matériels de communication.

Les nombreux travaux qui ont analysé, sur la base de données de comptabilité nationale et des hypothèses habituelles d'imputation de la « méthode de comptabilité de la croissance », la contribution des TIC à la croissance du PIB et de la productivité du travail aboutissent généralement à des effets favorables des dépenses des entreprises en TIC sur la productivité du travail. Ces effets résultent directement de la diffusion des TIC par substitution du capital en TIC aux autres formes de capital et au travail (*capital deepening*), notamment dans les secteurs utilisateurs des TIC, mais peuvent également se manifester par des gains de productivité globale des facteurs (PGF), notamment dans les secteurs industriels ou de services producteurs des TIC, par exemple.

Le présent article, qui complète et actualise une précédente étude de Cette, Mairesse et Kocoglu (2002), fournit quelques éléments d'évaluation des effets de la diffusion des TIC comme facteur de production sur la croissance de la productivité du travail en France sur la période 1980-2002 et propose ensuite quelques éléments de comparaison avec la situation des États-Unis. Quelques pistes de réflexion sur les causes de l'avance américaine concernant la diffusion des TIC sont enfin évoquées. Les TIC regroupent ici les matériels informatiques, les logiciels et les matériels de communication.

1. Décomposition de la croissance de la productivité en France

Une difficulté majeure dans l'évaluation de la contribution comptable à la croissance des produits TIC est liée au partage volume-prix des dépenses nominales en TIC. Les méthodologies diffèrent largement entre pays, mais aussi pour un même pays entre produits. De façon à ce que la comparaison proposée avec les États-Unis ne soit pas affectée par une différence de méthode sur ce point important et puisqu'il n'y a pas lieu de penser que les évolutions de prix des deux pays, corrigées des variations de change, puissent être très éloignées, nous avons retenu ici les indices de prix américains pour les matériels informatiques et les logiciels, avec un ajustement pour tenir compte des variations de change (et par là-même aussi des

¹ Voir par exemple, parmi les plus récentes, sur l'économie américaine : Council of Economic Advisers (CEA) (2001), Gordon (2000, 2002), Oliner et Sichel (2000, 2002), Jorgenson et Stiroh (2000), Jorgenson (2001, 2003), Jorgenson, Ho et Stiroh (2002) ; sur l'économie française : Cette, Mairesse et Kocoglu (2000, 2002, 2003) ; sur le Royaume-Uni : Oulton (2002) ; pour des comparaisons internationales : Schreyer (2000), Colecchia et Schreyer (2001), Pilat et Lee (2001), Van Ark *et alii* (2002), Stiroh (2001), OCDE (2004). Une large recension de ces études est proposée par OCDE (2003).

différentiels d'inflation)². Pour les matériels de communication, nous avons retenu l'indice de prix national dont l'évolution est très proche de celle de l'indice américain. Pour les équipements (autres que ceux relatifs aux TIC), nous avons simplement utilisé les prix des comptes nationaux français.

Les résultats de la décomposition, réalisée au niveau de l'ensemble de l'économie marchande, de la croissance de la productivité du travail observée en France sur la période 1980-2002, sont résumés dans le tableau 1. Ils ont été obtenus selon la méthode traditionnelle de la « comptabilité de la croissance »³.

Tableau 1
Décomposition de la croissance de la productivité par tête en France
Mesure centrale

	(en %)				
	1980-2002	1980-1990	1990-2002	1990-1995	1995-2002
Volume de la valeur ajoutée	1,94	2,43	1,50	0,41	2,30
Emploi	0,07	- 0,26	0,35	- 1,13	1,42
Productivité par tête	1,87	2,69	1,15	1,54	0,88
Total TIC	0,27	0,23	0,30	0,19	0,37
dont Matériels informatiques	0,12	0,11	0,13	0,08	0,17
Logiciels	0,08	0,07	0,09	0,05	0,11
Matériels de communication	0,07	0,05	0,08	0,06	0,09
Autres équipements	0,52	0,62	0,43	0,69	0,25
Bâtiments et infrastructures	0,41	0,54	0,30	0,80	- 0,05
Durée de travail	- 0,40	- 0,40	- 0,40	- 0,14	- 0,59
PGF	1,07	1,69	0,52	0,01	0,90
dont Composante cyclique	- 0,03	0,21	- 0,20	- 0,35	- 0,10
Composante structurelle	1,10	1,48	0,72	0,36	1,00

NB : Champ : économie marchande française

En les résumant à l'extrême, les enseignements des résultats obtenus sont les suivants :

- la contribution des TIC à la croissance de la productivité par tête, directement liée aux effets de *capital deepening*, bien qu'en accélération sur les années récentes, demeure d'un ordre de grandeur limité (0,27 % par an) sur les vingt-deux dernières années soit près de deux fois moins que les autres équipements (0,52 %) et d'un tiers plus faible que les bâtiments et infrastructures (0,41 %). Sur les années récentes, cette contribution se serait fortement élevée par rapport à celle des autres équipements. Ainsi, la contribution des TIC à la croissance de la productivité était inférieure de moitié à celle des autres équipements sur la décennie quatre-vingt, et même sur la première moitié de la décennie quatre-vingt-dix ; elle lui devient supérieure (0,37 % contre 0,25 %) sur la seconde moitié des années quatre-vingt-dix ;
- la contribution des TIC à la croissance de la productivité du travail est imputable pour près de la moitié aux matériels informatiques et pour un quart chacun aux

² Plus précisément, le taux de croissance du prix des matériels informatiques (des logiciels) est égal au taux de croissance du prix des matériels informatiques (des logiciels) aux États-Unis incrémenté de la moitié de la variation du taux de change dollar/franc puis dollar/euro. Ainsi, lorsque le dollar s'apprécie par rapport à l'euro, la baisse des prix des matériels informatiques et des logiciels est moins forte en France qu'aux États-Unis, et inversement en cas de dépréciation du dollar.

³ Cf. Cette, Mairesse et Kocoglu (2002) pour plus de détails

logiciels et aux matériels de communication. La contribution de ces deux types d'investissement est donc bien plus faible que celle des matériels informatiques, alors qu'en moyenne sur l'ensemble de la période ces derniers ne représentent qu'un quart des dépenses d'investissements en TIC. À cela, une raison principale : les évolutions de prix des matériels informatiques sont mesurées par une approche « hédonique » et elles sont donc fortement corrigées des effets de qualité (liées aux progrès considérables de leurs principales caractéristiques). Ce n'est, en revanche, le cas que pour une faible part pour les logiciels et pas du tout pour les matériels de communication. De ce fait, la croissance estimée du volume du capital est beaucoup plus rapide pour les matériels informatiques (30 % par an en moyenne sur l'ensemble de la période) que pour les logiciels et les matériels de communication (14 % et 7 %) ;

- cette contribution des TIC s'est fortement accélérée sur les dernières années : elle a presque doublé de la première à la seconde moitié de la décennie quatre-vingt-dix. Dans le même temps, la contribution des autres équipements et des bâtiments s'est considérablement ralentie. On peut voir deux effets dans cette hausse de la contribution des TIC : d'une part un effet de *capital deepening*, le prix relatif des produits TIC continuant de s'abaisser fortement par rapport aux autres équipements, mais aussi sans doute l'effet d'une certaine suraccumulation en capital TIC peut être en partie nourrie par les craintes associées au « bug de l'an 2000 ». Un constat inquiétant apparaît quant à la contribution du capital hors TIC. De plus d'un point par an sur la décennie quatre-vingt et la première moitié des années quatre-vingt-dix, cette contribution est tombée à 0,20 % sur la période 1995-2002. Cette baisse est consécutive à un ralentissement des investissements durant les années 1992-1997 (particulièrement pour les bâtiments et infrastructures) ;
- la contribution de la PGF à la croissance de la productivité du travail aurait été de près de 1,05 % sur l'ensemble de la période 1980-2002. La PGF expliquerait ainsi près de 60 % de l'évolution de la productivité du travail sur l'ensemble de la période. Cette contribution de la PGF à la croissance de la productivité connaît un profil en phase avec la conjoncture économique, ce qui suggère un effet des degrés d'utilisation des facteurs. Les composantes cyclique et structurelle de la contribution de la PGF ont donc été distinguées, de façon cependant fruste : la composante cyclique est ici mesurée par la projection économétrique de la contribution de la PGF sur la variation d'un indicateur du taux d'utilisation des capacités de production industrielles, la composante structurelle étant le résidu de cette projection⁴. Il apparaît alors que la composante cyclique de la contribution de la PGF est positive sur la décennie quatre-vingt (l'année 1990 étant le point haut d'un cycle économique) et négative sur les sous-périodes 1990-1995 ou 1995-2002. Sur cette dernière sous-période 1995-2002, la composante cyclique est négative du fait du retournement conjoncturel des années 2001-2002, alors qu'elle était positive sur la sous-période 1995-2000, l'année 2000 étant le point haut du dernier cycle économique. La composante structurelle de la contribution de la PGF à la croissance de la productivité du travail est moins variable que la contribution

⁴ Cette distinction des composantes cyclique et structurelle de la contribution de la PGF est une actualisation de celle proposée dans Cette, Mairesse et Kocoglu (2002). L'indicateur de taux d'utilisation des capacités de production industrielles retenu est celui de la Banque de France. La semi-élasticité de la contribution de la PGF à cette mesure du taux d'utilisation est de 0,4547.

de la PGF globalement considérée ; elle connaît une baisse marquée sur la première moitié de la décennie quatre-vingt-dix.

Concernant l'évaluation des indices de prix des produits TIC, qui influencent de façon déterminante les résultats obtenus, une méthode alternative à la notre est retenue notamment par Colecchia et Shreyer (2001) ou Jorgenson (2003) dans leur comparaison internationale. Ces analyses reprennent pour chaque pays le différentiel d'évolution entre les prix des produits TIC et le prix des équipements non-TIC observé aux États-Unis. Cette méthode a l'avantage de mieux prendre en compte le différentiel d'inflation, mais néglige les effets des évolutions de change. Afin d'apprécier la robustesse de nos résultats au choix retenu à cet égard, nous avons réalisé nos évaluations avec une méthode proche, consistant à retenir pour la croissance du prix des matériels informatiques, des logiciels et des matériels de communication pour la France le même écart avec le taux de croissance du prix du PIB que celui observé aux États-Unis. Le tableau 2 présente les principaux résultats ainsi obtenus. Il ressort de la comparaison des résultats des tableaux 1 et 2 que les contributions des TIC à la croissance de la productivité sont globalement similaires avec les deux évaluations.

Tableau 2

Contributions des TIC à la croissance de la productivité par tête en France
Mesure des prix alternative

	(en %)				
	1980-2002	1980-1990	1990-2002	1990-1995	1995-2002
Productivité par tête	1,85	2,69	1,15	1,54	0,88
Total TIC	0,29	0,23	0,32	0,20	0,41
dont Matériels informatiques	0,13	0,11	0,14	0,08	0,19
Logiciels	0,09	0,07	0,10	0,05	0,14
Matériels de communication	0,07	0,05	0,08	0,07	0,08

NB : Champ : économie marchande française

Hypothèse de calcul : Le différentiel entre, d'une part, les taux de croissance des prix des logiciels, des matériels informatiques et des matériels de communication et, d'autre part, du PIB est identique en France et aux États-Unis.

Par ailleurs, de très nombreuses incertitudes caractérisent la mesure du volume des dépenses d'investissement des entreprises en TIC. Elles sont relatives, d'une part, au partage volume-prix des séries d'investissement en valeur des TIC et, d'autre part, au partage des dépenses en TIC entre investissement et consommations intermédiaires. L'impact sur les évaluations de ces deux types d'incertitudes peut être illustré au moyen de variantes ⁵ dont les résultats sont présentés dans le tableau 3.

La première incertitude concerne le partage entre volume et prix des dépenses d'investissements en valeur des entreprises. On peut encadrer les effets de cette incertitude par deux variantes sans doute extrêmes. Dans la première (dite « variante d'évolution de prix forte »), il est supposé que l'évolution des prix des logiciels et des matériels de communication est identique à celle des matériels informatiques. Cette variante fait donc l'hypothèse très forte que les performances productives des logiciels et des matériels de communication s'améliorent chaque année aussi rapidement que celles des matériels informatiques. Ainsi, sur l'ensemble de la période 1980-2002, elle aboutit à une évolution annuelle moyenne des prix de

⁵ Voir Cette, Mairesse et Kocoglu (2000, 2002a) pour plus de détails sur les variantes

– 14,3 % pour les trois produits TIC, au lieu de 1,1 % pour les logiciels et 0,0 % pour les matériels de communication dans l'évaluation centrale. Cette plus forte baisse des prix des logiciels et des matériels de communication aboutit logiquement à une évolution plus dynamique des volumes de capital en ces produits, et donc à une contribution à la croissance plus forte. La contribution des TIC à la croissance est ainsi doublée par rapport à l'évaluation centrale : elle passe d'un rythme annuel de 0,27 % à un rythme de 0,53 % sur l'ensemble de la période 1980-2002 et d'un rythme de 0,37 % à un rythme de 0,73 % sur la période 1995-2002. La contribution de la PGF à la croissance est en contrepartie abaissée d'autant.

La seconde (dite « variante d'évolution de prix faible ») suppose que l'évolution des prix des matériels informatiques et des logiciels est identique à celle des matériels de communication, ce qui revient à ne prendre que très marginalement en compte l'amélioration des performances dans l'évolution des prix. Compte tenu des écarts réduits d'évolution des prix des logiciels et des matériels de communication, cette variante n'a un impact sensible que sur l'évaluation de la contribution des matériels informatiques. La contribution des TIC à la croissance est abaissée d'un quart à un sixième environ par rapport à l'évaluation centrale : sur l'ensemble de la période 1980-2002, elle passe d'un rythme annuel de 0,27 % dans l'évaluation centrale à un rythme de 0,20 % dans la variante et, sur la sous-période 1995-2002, d'un rythme de 0,37 % à un rythme de 0,34 %. La contribution de la PGF à la croissance est en contrepartie augmentée d'autant.

La troisième variante de calcul concerne la fiabilité des évaluations en valeur (à prix courants) des investissements en TIC. Elle porte précisément sur le point d'incertitude qui paraît le plus grave dans la comparaison des évaluations des comptes nationaux en France (et plus généralement les pays européens) et aux États-Unis. Il s'agit de la répartition des dépenses en produits TIC entre investissements et consommations intermédiaires (cf. Lequiller, 2000). Ainsi, dans les équilibres ressources-emplois, la part des investissements en matériels informatiques et logiciels est beaucoup plus faible en France qu'aux États-Unis (respectivement, 31 % et 20 % contre 55 % et 50 %). Un groupe d'experts réuni par l'OCDE travaille actuellement sur une harmonisation des conventions comptables internationales sur cet aspect. Pour apprécier l'impact possible (et sans doute maximal) d'une telle incertitude sur nos résultats, notamment dans la comparaison faite avec les États-Unis, la variante réalisée majore les dépenses d'investissement en matériels informatiques et logiciels pour la France de façon à ce que le partage des dépenses totales en TIC entre investissements et consommations intermédiaires soit le même qu'aux États-Unis. De façon plus précise, cette variante est définie en fonction du partage observé pour 1995 et 1996 en France et aux États-Unis. En pratique, elle amène à multiplier simplement les séries de matériels informatiques et des logiciels par un facteur 2.

Les évaluations de la contribution des TIC à la croissance sont celles auxquelles on pouvait s'attendre compte tenu des facteurs de majoration utilisés sur les séries d'investissement : les contributions des matériels informatiques et des logiciels sont doublées. La contribution des matériels de communication restant inchangée, la variante conduit ainsi à une contribution totale des TIC de près du double par rapport à l'évaluation centrale (cf. tableau 3). Sur l'ensemble de la période 1980-2002, elle passe d'un rythme annuel de 0,27 % dans l'évaluation centrale à

un rythme de 0,47 % dans la variante et d'un rythme de 0,36 % à un rythme de 0,64 % sur les années 1995-2002. La contribution de la PGF à la croissance est en contrepartie abaissée d'autant.

Tableau 3
Contributions à la croissance annuelle moyenne
de la productivité de travail : trois variantes

	(en %)					
	Variante d'évolution de prix forte		Variante d'évolution de prix faible		Variante sur le partage entre consommations intermédiaires et investissements	
	1980-2002	1995-2002	1980-2002	1995-2002	1980-2002	1995-2002
Productivité par tête	1,85	0,88	1,85	0,88	1,85	0,88
Total TIC	0,53	0,73	0,20	0,34	0,46	0,64
dont Matériels informatiques	0,12	0,17	0,04	0,08	0,24	0,33
Logiciels	0,20	0,32	0,09	0,17	0,16	0,22
Matériels de communication	0,21	0,24	0,07	0,09	0,06	0,09
Autre capital	0,95	0,20	0,94	0,20	0,90	0,20
Durée de travail	- 0,40	- 0,59	- 0,40	- 0,59	- 0,40	- 0,59
PGF	0,77	0,54	1,11	0,93	0,89	0,63

NB : Champ : économie marchande française

Ces différentes variantes illustrent l'importance des incertitudes rencontrées dans l'évaluation de la contribution des TIC à la croissance de la productivité du travail. Il est utile de souligner que les incertitudes liées tant à la mesure des prix qu'à celles du partage des ressources en TIC entre utilisations finales et intermédiaires vont plutôt dans le sens d'une sous-évaluation de la contribution des TIC à la croissance française. Cependant, les évaluations proposées permettent d'encadrer les contributions des TIC à la croissance. Ainsi, la contribution du capital TIC à la croissance de la productivité du travail aurait été, au minimum, de 0,20 % par an et, au maximum, de 0,47 % par an sur la période 1980-2002. Elle aurait été comprise entre 0,34 % et 0,74 % par an sur les sept dernières années.

2. Éléments de comparaison avec les États-Unis

L'accélération du rythme de croissance (d'un point environ) de la productivité du travail aux États-Unis sur les cinq dernières années de la décennie 1990 serait principalement le résultat d'une contribution plus forte des produits TIC (+ 0,5 à + 0,6 point de croissance) et à de forts gains apparents de PGF (tableau 4). L'accélération des gains de PGF apparents au niveau de l'économie américaine considérée globalement sont très récents et quelques économistes, par exemple Gordon (2000), considèrent qu'une part importante de cette accélération serait de nature cyclique et liée à l'accélération de la croissance américaine. Une telle lecture n'est pas partagée par une majorité des autres analyses⁶. Ces dernières montrent que la diffusion des TIC n'a, sur les quatre dernière décennies, pas cessé de contribuer à accélérer la productivité du travail, *via* une augmentation continue des effets de *capital deepening* en équipements TIC et des gains de PGF dans les activités productrices de TIC.

⁶ Par exemple les autres analyses sur l'économie américaine ou les comparaisons internationales signalées dans l'introduction

La comparaison entre les évolutions françaises et américaines est ici faite en mobilisant pour ces dernières les évaluations de Oliner et Sichel (2002) et Jorgenson, Ho et Stiroh (2002). Cette comparaison amène à constater des différences importantes entre les deux pays (tableau 4) :

- du premier choc pétrolier jusqu'au début de la décennie quatre-vingt-dix, la contribution à la croissance de la productivité du travail de l'effet de substitution entre produits TIC et travail aurait été sensiblement plus forte aux États-Unis qu'en France. Sur la première moitié des années quatre-vingt-dix, elle se serait amplifiée aux États-Unis alors qu'elle reculait légèrement en France. Enfin, sur la seconde moitié des années quatre-vingt-dix, elle aurait doublé aux États-Unis (pour s'élever à près d'un point par an) ainsi qu'en France (pour s'élever à environ 0,37 %). Au total, sur la seconde moitié des années quatre-vingt-dix, la contribution à la croissance de la productivité du travail de la diffusion des TIC aurait été deux à trois fois plus forte aux États-Unis qu'en France. Cet écart peut s'expliquer par le retard dans la diffusion des TIC en France par rapport aux États-Unis ;
- dans les deux pays, la contribution de l'effet de substitution en produits TIC serait même devenue plus importante, sur la seconde moitié des années quatre-vingt-dix, que celle correspondant aux autres composantes du capital productif fixe ;
- dans les deux pays, la PGF se serait accélérée sur la seconde moitié des années quatre-vingt-dix, plus en France cependant qu'aux États-Unis. Cette accélération serait à peu près la même dans les branches TIC et les branches hors TIC ;
- alors même que l'importance des activités productrices de TIC est nettement plus faible en France qu'aux États-Unis, la contribution de ces activités aux gains de PGF est équivalente dans les deux pays. Ce résultat, qui rejoint d'ailleurs celui de Jorgenson (2003), reste cependant à considérer avec précaution pour deux raisons. Tout d'abord, la PGF est ici un solde calculé à partir de composantes non exactement identiques : par exemple, les effets qualité du travail ne sont pas pris en compte pour la France alors qu'ils le sont pour les États-Unis. Ensuite, les travaux de comparaison internationale de l'OCDE (2003) soulignent que, au niveau global, les gains de PGF sont plus élevés dans les pays où la production de TIC est plus importante ;
- le ralentissement de la productivité du travail en France sur la seconde moitié de la décennie quatre-vingt-dix s'explique, dans la décomposition comptable des analyses ici reprises, principalement par un ralentissement de la substitution du capital non-TIC au travail, sans doute en bonne partie induit par la mise en œuvre de politiques d'enrichissement de la croissance en emploi. Aux États-Unis, un tel ralentissement de la substitution du capital non-TIC au travail ne s'est pas produit et l'accélération de la PGF et de la substitution du capital TIC au travail s'y est traduit en conséquence par une accélération de la productivité.

Tableau 4

Contributions à la croissance annuelle moyenne de la productivité du travail

(taux de croissance en pourcentage)

	États-Unis			France				
	Oliner et Sichel (2002)			Jorgenson, Ho et Stiroh (2002)		Cette, Mairesse et Kocoglu		
	1974-1990	1990-1995	1995-2001	1973-1995	1995-2000	1980-1990	1990-1995	1995-2002
Productivité (a)	1,36	1,54	2,43	1,44	2,36	2,69	1,54	0,88
<i>Capital deepening</i>	0,77	0,52	1,19	0,88	1,40	1,39	1,68	0,57
<i>dont Total TIC</i>	0,41	0,46	1,02	0,32	0,76	0,23	0,19	0,37
Matériels informatiques	0,23	0,19	0,54	.	.	0,11	0,08	0,17
Logiciels	0,09	0,21	0,35	.	.	0,07	0,05	0,11
Matériels de communication	0,09	0,05	0,13	.	.	0,05	0,06	0,09
<i>Autres capital</i>	0,37	0,06	0,17	0,56	0,64	1,16	1,49	0,20
Qualité du travail (b)	0,22	0,45	0,25	0,23	0,17			
PGF	0,37	0,58	0,99	0,33	0,80	1,69	0,01	0,90

NB : Champ : économie marchande

(a) Productivité horaire dans Oliner et Sichel (2002) et Jorgenson Ho et Stiroh (2002), productivité par employé dans notre évaluation.

(b) Non calculé dans notre évaluation. Cet effet se retrouve en conséquence dans la PGF.

Les résultats des multiples analyses-pays sur le sujet (synthétisées par exemple dans OCDE, 2003, p. 39) comme ceux de la comparaison internationale proposée par Colecchia et Schreyer (2001) ou Jorgenson (2003) sont moins détaillés mais aboutissent aux enseignements suivants :

- concernant la contribution des effets de substitution entre capital TIC et travail aux gains de productivité, les résultats obtenus pour la France sont très comparables à ceux de l'Italie et du Japon. Ce premier groupe de pays se distingue ainsi clairement des États-Unis où la contribution des TIC à la croissance serait nettement supérieure. L'Australie, la Finlande, le Royaume-Uni et le Canada forment un deuxième groupe qui se situerait en position intermédiaire. Le positionnement de l'Allemagne, enfin, varie entre le premier groupe et le groupe intermédiaire de pays, selon les analyses ;
- ces évaluations montrent de façon frappante que le renforcement très notable, observé pour la France, de la contribution des TIC à la croissance au cours des années 1995-2002, est un phénomène presque général (à l'exception de quelques rares pays, comme la Finlande ou la Corée). Mais les États-Unis paraissent se détacher nettement des autres pays, le renforcement y étant nettement plus important ;
- les activités productrices de TIC apportent une contribution particulièrement forte aux gains de productivité observés au niveau macroéconomique dans certains pays comme la Corée, l'Irlande, le Japon, la Suède et bien entendu les États-Unis. Ces pays sont ceux où le poids de ces activités dans l'activité économique globale (en termes de valeur ajoutée ou d'emploi) est la plus importante.

Il ressort de ces analyses que, globalement, la contribution des TIC aux gains de productivité dépend de l'importance à la fois du poids des activités productrices de TIC et de la diffusion des TIC. Il convient donc de s'interroger sur les raisons du retard européen et français vis-à-vis des États-Unis à cet égard.

3. Quelques pistes pour expliquer l'écart Europe/États-Unis

Les analyses visant à apporter des éléments d'explication de l'avance américaine se sont essentiellement portées sur la diffusion des TIC, leur place dans la production n'étant que marginalement abordée. Sur ce second aspect, seule l'analyse proposée par l'OCDE (2003) avance comme élément d'explication de l'avance américaine et du retard européen l'environnement réglementaire sur le marché des biens et du travail. Les entreprises produisant des TIC sont souvent en mutation rapide et les adaptations correspondantes appellent des marges de flexibilité qui peuvent être bridées par l'environnement réglementaire européen.

La diffusion rapide des TIC dans les pays industrialisés s'explique assez logiquement par la baisse continue et importante du prix relatif de ces biens et services, autrement dit par leurs gains de performances productives également rapides et importants. Pour autant, il reste à expliquer le retard, vis-à-vis des États-Unis, des pays européens et de la France dans cette diffusion. La modélisation très simplifiée du comportement d'investissement en TIC proposée par Cette, Lopez et Noual (2004) montre que l'élasticité-prix des dépenses d'investissement en TIC ne différerait pas aux États-Unis et en Europe. Le retard européen ne pourrait donc s'expliquer par une différence de cette élasticité-prix, qui d'ailleurs, si elle existait, serait difficile à justifier.

Pour autant, soulignons que compte tenu des positions respectivement importatrice des pays européens et exportatrice des États-Unis en ce qui concerne les micro-processeurs, c'est à dire la composante des TIC dont les performances (et les prix) augmentent (baissent) le plus rapidement, l'appréciation du dollar par rapport aux monnaies européennes du début de la décennie quatre-vingt-dix jusqu'à la fin 2001 a pu, sans expliquer totalement l'avance américaine, contribuer à freiner en Europe les effets de substitution entre facteurs favorables à la diffusion des TIC. Néanmoins, ce phénomène ne peut contribuer que très marginalement à expliquer le retard européen de diffusion des TIC pour au moins deux raisons. Tout d'abord, on a rappelé ci-dessus que le retard européen s'observe sur l'ensemble des trois dernières décennies sur lesquelles des données permettent des comparaisons. Autrement dit, le retard européen est avéré et ne se réduit pas dans les périodes où, sur ces trois dernières décennies, la parité du dollar est basse vis-à-vis des monnaies européennes. Ensuite, malgré son importance, l'ampleur des mouvements de change demeure faible au regard de celle de la baisse continue des prix des TIC et particulièrement des matériels informatiques (environ 20 % en moyenne par an sur les deux dernières décennies).

L'écart de diffusion initial vient sans doute en partie de l'importance relativement plus grande du secteur producteur de TIC aux États-Unis qui a pu contribuer à une diffusion plus précoce. Se pose alors la question des interactions bénéfiques, *via* des effets de *spillover* associés par exemple à une certaine mobilité du capital humain, entre activités productrices et utilisatrices de TIC. Si ces interactions sont importantes, le retard européen pourrait être durable. Cependant, Pilat et Lee (2001, p. 21-22) avancent plusieurs raisons pour lesquelles disposer d'un important secteur producteur de TIC ne serait pas une condition nécessaire pour en tirer un plein bénéfice en termes de croissance pour l'utilisateur. Ainsi, la proximité avec les

producteurs de logiciels pourrait être plus importante que celle avec les producteurs de matériels. Or, les écarts entre pays concernant l'importance des activités productrices de logiciels sont sensiblement plus faibles que les écarts concernant les matériels. Par ailleurs, plusieurs pays (l'Australie par exemple) semblent tirer un grand bénéfice de l'utilisation des TIC sans disposer d'un important secteur producteur de ces mêmes TIC.

Gust et Marquez (2000) avancent que le retard européen ne peut être que temporaire, lié à une initialisation favorable aux États-Unis en tant que pays *leader* dans ces technologies et bénéficiant d'un grand marché intérieur. Cet écart devrait, selon cette analyse, très progressivement disparaître. Les TIC apporteraient ainsi une contribution à la croissance du PIB et de la productivité qui devrait s'amplifier à moyen terme en Europe. Cependant, à l'échelle de plusieurs décennies, la stabilité voire l'élargissement de l'écart de diffusion des TIC entre l'Europe et les États-Unis relativise cette approche. Des travaux récents (une synthèse en est proposée dans OCDE, 2003), parmi lesquels celui de Gust et Marquez (2002), apportent trois autres éléments d'explications au retard européen de diffusion des TIC, à partir de travaux économétriques cependant assez fragiles :

- comme indiqué plus haut, l'utilisation des TIC appelle, avec parfois une certaine complémentarité, une main-d'œuvre en moyenne plus qualifiée que l'utilisation d'autres formes d'investissements. La qualification moyenne de la main-d'œuvre reste en moyenne moins élevée en Europe qu'aux États-Unis et cet écart pourrait alors contribuer à expliquer celui de la diffusion des TIC. Pour autant, la contraction progressive, observée sur les dernières décennies, de l'écart Europe-États-Unis de qualification moyenne de la main-d'œuvre aurait dû contribuer à réduire celui de la diffusion des TIC, ce qui n'a pas été observé ;
- comme indiqué plus haut également, le meilleur bénéfice des performances productives des TIC nécessite souvent des réorganisations du travail et certaines formes de flexibilité que peut brider une réglementation trop importante et parfois instable sur les marchés des biens et du travail. Une moindre réglementation, par ailleurs plus stable sur le marché des biens et du travail aux États-Unis, y expliquerait ainsi en partie une avance dans la diffusion des TIC. Pour autant, soulignons que les indicateurs mobilisés pour mesurer l'importance et la stabilité de la réglementation sont inévitablement fragiles et que les relations statistiques dégagées restent, en ce domaine, assez faibles et peu robustes ;
- enfin, l'utilisation de l'internet est fortement corrélée à son coût d'accès. Or, une forte utilisation de l'internet induit généralement une forte diffusion des TIC. Un coût d'accès très bas aux États-Unis pourrait ainsi contribuer à expliquer une diffusion des TIC plus avancée qu'ailleurs.

Si elles paraissent souvent assez réalistes, les diverses raisons avancées au retard européen en matière de diffusion des TIC ne reposent pas encore sur des analyses approfondies et totalement convaincantes. Ce retard demeure donc sans doute à expliquer.

La production et la diffusion de TIC sont, à divers titres, favorables aux gains de productivité et à la croissance. À cet égard, le retard européen, et particulièrement français, sur ces deux volets (production et diffusion) est très pénalisant. Les facteurs explicatifs de ce retard sont multiples et devraient pour certains (par exemple le niveau moyen de qualification de la main-d'œuvre) se résorber progressivement. Pour autant, une part de ce retard pourrait aussi, sans doute, être réduit par une réduction des coûts d'accès à l'internet ainsi que par une réglementation sur le marché des biens et du travail à la fois plus stable et plus propice aux ajustements, organisationnels entre autres, favorables à la réalisation la plus grande des gains de performances que les TIC peuvent apporter.

Bibliographie

Cette (G.), Lopez (J.) et Noual (P.-A.) (2003) : « Prix des TIC et investissement : quelles relations empiriques ? », *mimeo* ; cette étude prolonge l'étude antérieure de Cette (G.) et Noual (P.-A.) : « L'investissement en TIC aux États-Unis et dans quelques pays européens », CEPII, Document de Travail, n° 2003-03, mars

Cette (G.), Mairesse (J.) et Kocoglu (Y.) (2000) : « La mesure de l'investissement en technologies de l'information et de la communication : quelques considérations méthodologiques », *Économie et Statistique*, n° 339-340, 2000 - 9/10

Cette (G.), Mairesse (J.) et Kocoglu (Y.) (2002) : « Croissance économique et diffusion des TIC : le cas de la France sur longue période (1980-2000) », *Revue française d'Économie*, Vol. XVI, n° 3, janvier

Cette (G.), Mairesse (J.) et Kocoglu (Y.) (2004) : « Diffusion des TIC et croissance potentielle », *Revue d'Économie Politique*, vol. 114, n° 1, janvier-février

Colecchia (A.) et Schreyer (P.) (2001) : « *The Impact of information and communication technologies to output growth: Issues and preliminary findings* », OCDE, Draft DSTI/EAS/INS/SWP(2001)/11, février

Council of Economic Advisers (2001) : « *Economic report of the President - 2001* », février

Gordon (R.) (2002) : « *Technology and economic performance in the American economy* », CEPR, Discussion Paper Series, n° 3213, février

Gordon (R.) (2000) : « *Does the 'New Economy' measure up to the great inventions of the past?* », *Journal of Economic Perspectives*, vol. 14, n° 4

Gust (C.) et Marquez (J.) (2002) : « *International comparisons of productivity growth: The role of information technology and regulation practices* », *mimeo*, Board of Governors of the Federal Reserve System, International Finance Discussion Papers, n° 727, mai

Gust (C.) et Marquez (J.) (2000) : « *Productivity developments abroad* », *Federal Reserve Bulletin*, octobre

Jorgenson (D.) (2001) : « *Information technology and the US Economy* », *The American Economic Review*, vol. 91, n° 1, mars

Jorgenson (D.) (2003) : « *Information technology and the G 7 economies* », *mimeo*, <http://post.economics.harvard.edu/faculty/jorgenson/papers/papers.html>, décembre

Jorgenson (D.), Ho (M. S.) et Stiroh (K.) (2002) : « *Projecting productivity growth : Lessons from the US growth resurgence* », *Federal Reserve Bank of Atlanta Economic Review*, Third Quarter

Jorgenson (D.) et Stiroh (K.) (2000) : « *Raising the speed limit : U.S. economic growth in the information age* », Brookings Papers on Economic Activity, 1

Lequiller (F.) (2000) : « La nouvelle économie et la mesure de la croissance », Économie et Statistique, n° 339-340, 2000 - 9/10

OCDE (2003) : « ICT and economic growth »

Oliner (S.) et Sichel (D.) (2000) : « *The Resurgence of growth in the late 1990s: Is information technology the story?* », Journal of Economic Perspectives, vol. 14, n° 4

Oliner (S.) et Sichel (D.) (2002) : « *Information technology and productivity: Where are we now and where are we going?* », Federal Reserve Bank of Atlanta Economic Review, Third Quarter

Oulton (N.) (2002) : « *ICT and productivity growth in the United Kingdom* », Oxford Review of Economic Policy, Vol. 18, n° 3

Pilat (D.) et Lee (F. C.) (2001) : « *Productivity growth in ICT-producing and ICT-using industries: A source of growth differentials in the OECD?* », mimeo, DSTI/DOC (2001) 4

Schreyer (P.) (2000) : « *The contribution of information and communication technology to output growth: A study of the G 7 countries* », OCDE, STI Working Paper, 2000/2, March

Stiroh (K.) (2001) : « *What drives productivity growth?* », Federal Reserve Bank of New York Economic Policy Review, March.

Van Ark (B.), Melka (J.), Mulder (N.), Timmer (M.) et Ypma (G.) (2002) : « *ICT investment and growth accounts for the European Union, 1980-2000* », mimeo, juin