
Le 2 novembre 2001

Gilbert Cette*, Jacques Mairesse** et Yusuf Kocoglu***

**Diffusion des technologies de l'information et de la communication et croissance économique :
le cas de la France sur longue période (1980-2000)**

Résumé

La contribution des technologies de l'information et de la communication (TIC) à la croissance du PIB et de la productivité du travail n'est pas négligeable en France : elle serait de l'ordre de 0,2 à 0,3 % par an sur l'ensemble de la période 1980-2000. Elle aurait connu une forte augmentation sur la seconde moitié des années 1990, en même temps que la contribution de la productivité globale des facteurs. Cette contribution des TIC serait deux fois plus forte dans les activités de services que dans l'industrie. Il apparaît par ailleurs que la productivité globale des facteurs (PGF) a quant à elle été beaucoup plus importante dans les activités productrices de TIC que dans les activités utilisatrices. Au total nos évaluations aboutissent à des enseignements qualitativement proches de ceux concernant les Etats-Unis où la contribution des TIC paraît cependant quantitativement beaucoup plus forte.

Au-delà des très grandes incertitudes statistiques, l'importance de la contribution des TIC à la croissance semble indiscutable. Deux questions importantes restent ouvertes : combien de temps vont se prolonger les effets favorables liés à la diffusion et à la production des TIC ? Dans quelle mesure les pays européens dont la France bénéficieront-ils à leur tour d'effets d'une ampleur comparable à celle observée aux Etats-Unis ?

* : Banque de France et Université d'Aix-Marseille II (CEDERS)

** : INSEE - CREST

***: Université d'Aix-Marseille II (CEDERS)

Ces analyses n'engagent que leurs auteurs et non les institutions qui les emploient.

I. - Introduction

A l'heure d'un fort ralentissement de la croissance tant du PIB que de la productivité du travail aux Etats-Unis et en Europe depuis la fin de l'année 2000, et alors même que ce ralentissement suit une phase d'accumulation forte des entreprises en technologies de l'information et de la communication (TIC), il peut, au premier regard, paraître paradoxal de continuer à porter une attention particulière à la question des relations entre les investissements en TIC et la croissance du produit intérieur brut (PIB) et de la productivité. Le paradoxe, pourtant, n'est qu'apparent. En effet, il apparaît clairement que l'une des origines de ce retournement (sinon la principale pour les Etats-Unis) vient d'un brutal ralentissement de la demande des entreprises, tout particulièrement en produits TIC et non, du côté de l'offre, d'un épuisement des gains de productivité. Ce ralentissement de la demande des entreprises en produits TIC fait suite à un période d'accélération continue de cette même demande, amplifiée encore sur la seconde moitié des années 1990, peut-être en partie du fait des craintes associées au «bug» informatique de l'an 2000. Mais ces évolutions récentes ne doivent pas faire oublier qu'aux Etats-Unis, la diffusion de plus en plus importante des TIC a été observée simultanément à l'accélération de la productivité sur la période antérieure. Des travaux nombreux et récents ont analysé, sur la base des données de comptabilité nationale et des hypothèses habituelles d'imputation de la méthode dite de "comptabilité de la croissance", la question de la contribution des TIC à la croissance du PIB et de la productivité du travail. Ils concluent tous, avec des nuances diverses, 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 TIC aux autres formes de capital et au travail de diverses qualifications (*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.¹

Pour autant, les évolutions récentes suggèrent, au moins pour les Etats-Unis, la possibilité d'une "suraccumulation" des entreprises en produits TIC sur la seconde moitié des années 1990. Les investissements en TIC réalisés sur cette période pourraient ne pas avoir des effets aussi favorables que ceux que leur attribuent les analyses standard de comptabilité de la croissance². Bien entendu, ici comme pour de nombreux autres phénomènes économiques, seul un certain recul (et une amélioration de l'information statistique) pourra dans quelques années permettre le test d'une telle hypothèse. Il convient néanmoins de souligner que, compte tenu de la durée de vie très courte des produits TIC, les effets d'une probable suraccumulation devraient être qu'à très transitoires, et qu'il est possible d'en faire abstraction sans dommage dans des analyses de moyenne et longue périodes.

Dans la continuité des travaux de comptabilité de la croissance, la présente étude vise à fournir un ensemble d'éléments d'évaluation des effets de la diffusion des TIC comme facteur de production sur la croissance de PIB et la croissance de la productivité du travail en France sur les années 1980 et 1990.³ Ecartant par hypothèse les effets la possibilité d'une suraccumulation récente des

¹ Voir par exemple, parmi les plus récentes, sur l'économie américaine : Gordon (2000-a et -b), Oliner et Sichel (2000), Jorgenson et Stiroh (2000) et Jorgenson (2001) ; sur le Royaume-Uni N. Oulton (2001), sur la France : Cette, Mairesse et Kocoglu (2000 et 2001) et Mairesse, Cette et Kocoglu (2000) et pour une première comparaison internationale : Schreyer (2000) et Colechia et Schreyer (2001).

² Signalons cependant que la prise en compte (si elle était possible) de ce phénomène de suraccumulation n'affecterait pas l'évaluation de la croissance du PIB, ni par conséquent de la productivité du travail. Elle pourrait modifier (à la baisse) l'évaluation de la croissance des services du capital en TIC, du fait en notamment de déclassements anticipés des investissements en TIC ou d'une moindre productivité marginale de ces investissements, et en conséquence des effets de *capital deepening* en TIC sur la productivité du travail. Cette modification se reporterait alors comptablement (à la hausse) sur le facteur résiduel, autrement dit sur les gains de productivité globale des facteurs; mais il serait bien sûr incorrect d'attribuer ces gains aux TIC !

³ Ces évaluations viennent compléter celles déjà présentées en détail dans Mairesse, Cette et Kocoglu (2000), en présentant des résultats relatifs à la PGF (et non seulement aux effets directs de diffusion des TIC) ainsi que par grands secteurs.

investissements en TIC, nos évaluations relatives à la seconde moitié des années 1990, par comparaison à celles relatives aux périodes antérieures, n'échappent pas à une possible surestimation. Nous commencerons par rappeler les grandes lignes de la comptabilité de la croissance et les difficultés que son application aux TIC soulèvent tout particulièrement (II), avant de fournir et commenter nos évaluations (III) et de les comparer avec celles comparables obtenues pour d'autres économies développées (IV).

II. – Investissements en TIC et croissance économique : quelles relations ?

L'influence des dépenses d'investissement en TIC sur la croissance peut, en terme d'offre productive⁴, se manifester dans les évaluations de comptabilité de la croissance par deux types d'effets:

- Les effets de substitution (*capital deepening*) associés à l'accumulation du capital en TIC. Celle-ci résulte elle-même surtout de l'amélioration continue très rapide des performances productives des investissements en TIC dont rend compte la baisse de leur prix relatif par rapport aux autres biens d'investissement. Les indices de prix des matériels informatiques (et plus encore ceux des microprocesseurs) prenant en compte cette amélioration, via le recours à des méthodes hédoniques notamment aux Etats-Unis, connaissent ainsi depuis plus de trois décennies une baisse annuelle moyenne de l'ordre de 20 % (40 %) ;
- Les gains de PGF liés notamment aux progrès réalisés dans les secteurs producteurs des TIC, ces progrès traduisant eux-mêmes l'amélioration très rapide de leurs performances.

Le partage entre le rôle attribué à ces deux types d'effets dans la décomposition comptable de la croissance dépend crucialement des choix de méthode adoptés pour réaliser le partage volume-prix des séries d'investissement en valeur. Un tel constat est rappelé dans de nombreuses analyses.⁵ Il amène à relativiser la signification économique d'éventuelles inflexions du rythme estimé de la PGF. Deux cas polaires sont envisageables :

- Si le partage volume-prix répond complètement à une logique aux « coûts des facteurs », alors l'amélioration des performances productives des TIC n'affecte pas la croissance de leur prix. Les gains de croissance induits par la diffusion des TIC se traduiront alors entièrement par des gains de PGF ;
- Si le partage volume-prix répond complètement à une logique « services producteurs », les gains de performances des TIC se traduiront par une baisse de leur prix : d'une année sur l'autre, une même dépense en valeur aura un contenu en volume croissant. Dans ce cas, les gains en termes de PGF seront nuls et la croissance sera parfaitement expliquée par l'évolution du volume des facteurs, prenant en compte l'amélioration de leur qualité.⁶

Les approches comptables actuellement retenues par les comptes nationaux pour opérer le partage volume-prix des dépenses d'investissement relèvent des deux logiques : via la mobilisation de méthodes hédoniques et par appariements, elles se rapprochent d'une logique aux « services producteurs » pour les matériels informatiques tant en France qu'aux Etats-Unis, et pour les logiciels

⁴ On n'évoque pas ici l'influence que la demande en biens et services TIC peut avoir sur la croissance, et qui est, comme rappelé en introduction, l'une des causes du ralentissement de l'économie américaine depuis la fin de l'année 2000.

⁵ Voir notamment Cette, Mairesse et Kocoglu (2000)

⁶ Dans cet esprit, Gordon (2000-b) rappelle que : « Indeed, the faster the assumed decline in prices for software and communication equipment, the slower is TFP growth in the aggregate economy... », ou encore Jorgenson et Stiroh (2000) soulignent que: « ... the rapid accumulation of computers leads to input growth of computing power in computer using industries. Since labor is working with more and better computer equipment, this investment increases labor productivity. If the contributions to output are captured by the effect of capital deepening, aggregate TFP growth is unaffected ».

prepackaged et les centraux téléphoniques aux seuls Etats-Unis, et d'une approche «aux coûts des facteurs » pour les autres biens d'investissement dans les deux pays⁷. Pour autant, des changements méthodologiques sont à attendre dans les années prochaines, pour prendre en compte de façon plus généralisée les effets qualités sur les autres biens et services TIC. Il en va de même pour d'autres biens et services en TIC dont l'importance est croissante, comme par exemple la téléphonie mobile (Cf. Lequiller (2000)).

Pour autant, l'impact de tels changements méthodologiques est plus complexe qu'il n'y paraît (Cf. Lequiller (2000)). Prenons l'exemple d'une modification du partage volume-prix, favorable au volume, des services informatiques. Si ces services informatiques sont considérés comme des consommations intermédiaires des entreprises, ce changement comptable n'affectera pas la mesure du PIB en valeur ou en volume. Il affectera la mesure de la croissance et du PIB que via les utilisations finales qu'en font les ménages (consommation) et l'extérieur (les exportations). Si ces services informatiques sont considérés comme des investissements des entreprises (par exemple en logiciels), alors le changement comptable affectera la mesure du PIB en valeur et en volume.⁸ Par ailleurs, un partage volume-prix plus favorable au volume pour certains biens et services en TIC pourra élever le volume du PIB via les utilisations finales que font de la production intérieure les agents résidents (ménages, entreprises et Administrations Publiques) mais abaissera le volume du PIB via les utilisations intermédiaires que font des importations les mêmes agents résidents (sur cet aspect, voir également Lequiller (2000)).⁹

Les effets de la diffusion des TIC sur la productivité de chacun des deux facteurs de production (travail et capital) sont contrastés¹⁰. La productivité du travail est améliorée à la fois par la substitution capital-travail consécutive à la baisse du prix relatif du facteur de production TIC et à l'augmentation de la PGF. L'évolution de la productivité du capital est plus incertaine : elle est logiquement détériorée par la substitution capital-travail mais améliorée par l'augmentation de la PGF.

Une incertitude forte apparaît dans la littérature économique concernant l'allocation sectorielle des gains de PGF associés à la diffusion des TIC et la diffusion de ces gains des secteurs producteurs aux secteurs utilisateurs. Cette localisation des gains de PGF dépend essentiellement des conventions de partage volume-prix retenues pour ces mêmes TIC. Dans une représentation très simplifiée où l'économie se compose de deux secteurs productifs, le premier producteur de TIC et le second producteur de biens de consommation (le second utilisant comme biens d'investissement la production du premier), plus le partage volume-prix de la production du premier secteur est favorable au volume et défavorable au prix (par exemple du fait de l'utilisation de méthodes hédoniques), plus les gains de PGF de l'économie sont comptablement imputés au premier secteur. Cette difficulté, bien montrée par

⁷ Pour une présentation plus détaillée des méthodes utilisées, Cf. Jorgenson (2001) pour les Etats-Unis et Cette, Mairesse et Kocoglu (2000) pour une comparaison des deux pays.

⁸ Comme le remarque Lequiller (2000), il affecte cependant moins la mesure du PIN (Produit Intérieur Net), cette mesure n'étant pas sensible aux conventions comptables de partage volume-prix des TIC pour la part de ces dernières affectées en consommation de capital fixe.

⁹ Signalons également que la part des TIC dans la production et dans les dépenses des agents a considérablement augmenté sur les dernières décennies (Cf. Mairesse, Cette et Kocoglu (2000)). En conséquence, à méthodologie de partage volume-prix stabilisée pour chaque type de biens, la « structure » des méthodologies adoptées se déforme en faveur de celles (hédoniques par exemple) cherchant à prendre plus finement en compte les effets qualité. Ce changement de structure peut donc affecter la « méthodologie moyenne » de partage volume-prix aboutissant à une dérive favorable au volume et défavorable au prix, et dont l'ampleur est incertaine.

¹⁰ Cet aspect est développé dans Cette, Mairesse et Kocoglu (2001).

Brynjolfsson et Hitt (2000)¹¹, incite à une certaine prudence dans la discussion de l'allocation de gains de PGF aux secteurs producteurs ou utilisateurs de TIC. Cela relativise les analyses (par exemple Gordon (2000-a et 2000-b), Jorgenson (2001)) menées sur des données américaines, où le partage volume-prix des matériels informatiques repose beaucoup sur la mobilisation de méthodes hédoniques, montrant que les gains de PGF liés à la diffusion des TIC sont principalement situés dans les secteurs producteurs¹². Pour autant, si la prise en compte des performances productives de TIC était réalisée de façon tout à fait satisfaisante, l'utilisation des TIC ne pourrait amener en elle-même des gains de PGF.¹³

Une autre incertitude ressort de nombreuses études réalisées sur données individuelles concernant les conditions de réalisation des gains de productivité via la diffusion des TIC¹⁴. Greenan et Mairesse (2000), par exemple, montrent que les effets de la diffusion des matériels informatiques n'auraient des effets favorables que dans une relation de complémentarité avec une qualification plus élevée de la main-d'œuvre. D'autres travaux montrent que la mise en œuvre des TIC s'accompagne souvent de réorganisations importantes dans les entreprises et que ces réorganisations contribuent fortement (voire sont indispensables) aux gains de productivité associés à la diffusion des TIC¹⁵. En d'autres termes, la diffusion des TIC n'aboutit pas nécessairement à des gains d'efficacité productive : l'existence et l'ampleur de ces gains dépendent fortement d'autres aspects qui ressortent aussi de la gestion des ressources humaines.

Il faut également souligner que, dans le domaine de la « nouvelle économie » (NE) et des TIC, certaines incertitudes comptables viennent rendre plus difficile l'évaluation du PIB et de sa croissance. Ainsi, une récente comparaison comptable entre la France, les Etats-Unis et d'autres pays européens proposée par Lequiller (2000) montre que le partage entre utilisations finales et utilisations intermédiaires de certains éléments des TIC ne serait pas identique aux Etats-Unis et dans les pays européens. La part des utilisations intermédiaires serait plus importante dans les pays européens qu'aux Etats-Unis (tout particulièrement pour les logiciels) ce qui aurait un impact relatif significatif sur l'évaluation du PIB et de sa croissance favorable aux Etats-Unis.

Dans l'évaluation qui suit de l'impact de la diffusion des TIC sur la croissance, les incertitudes qui viennent d'être évoquées sont pour une bonne part ignorées. Il est supposé, de façon habituelle, que les techniques de production adoptées par les entreprises résultent d'une optimisation parfaite tenant compte des prix relatifs des facteurs, et que l'utilisation de ces techniques est rationnelle. Entre autres aspects, des phénomènes de suraccumulation transitoire sont exclus par hypothèse (Cf. l'introduction de cette étude).

¹¹ Ces auteurs concluent ainsi (p. 39) : « Since it is difficult to compute accurate deflators for complex, rapidly changing intermediate goods like computers, one must be careful in interpreting the allocation of productivity across producers and users ».

¹² Par exemple, Gordon (2000-b) indique que : « Nothing is left for a structural acceleration in MPF outside of the computer producing sector ». Hors secteurs producteurs de biens durables (dont les TIC), Gordon aboutit même à une baisse de la croissance de la PGF depuis la fin 1995 d'environ 0,3 % par an (Gordon (2000-b, p. 55-56).

¹³ Des gains de PGF peuvent néanmoins provenir de phénomènes non pris en compte dans les hypothèses de comptabilité de la croissance. Stiroh (2001) souligne ainsi : « Note that the neoclassical framework predicts no TFP growth use since all output contributions are due to capital accumulation. Computers increase measured TFP only if there are non traditional effects like increasing returns, production spillovers, or network externalities, or if input are measured incorrectly », Stiroh (2001, p. 47).

¹⁴ Pour une recension de nombreux travaux de ce type, Cf. Brynjolfsson et Hitt (2000)

¹⁵ Cf. par exemple pour une recension de ces travaux, Askénazy et Gianella (2000)

Encadré : Décomposition comptable de la croissance et de la productivité : méthodologie

La méthodologie comptable ici retenue pour décomposer la croissance de l'output (ici la valeur ajoutée) et de la productivité du travail est standard. Dans cette approche, la contribution à la croissance d'un facteur de production s'exprime comme le produit du taux de croissance du volume de ce facteur par la part de sa rémunération dans la valeur ajoutée. Cette évaluation repose sur les hypothèses d'une représentation satisfaisante de la combinaison productive par une fonction de production de type Cobb-Douglas à rendements d'échelle unitaires, de concurrence parfaite sur le marché des facteurs ainsi que sur le marché des produits, et de technique de production toujours optimale permettant d'égaliser les rapports de productivité marginale de tout couple de facteurs de production avec le rapport de leur coût marginal. La part de rémunération d'un facteur dans la valeur ajoutée est alors calculée de façon standard comme le produit du coût d'usage de ce facteur par le ratio entre la valeur de ce facteur et la valeur l'output.

Le principe de la décomposition

Ces calculs sont basés sur l'hypothèse d'une relation de Cobb-Douglas, dont la notation en logarithme et en différence première de logarithme est la suivante :

$$y = pgf + \sum_j \alpha_j \cdot k_j + \alpha_l l \quad \text{et} \quad \Delta y = \Delta pgf + \sum_j \alpha_j \Delta k_j + \alpha_l \Delta l \quad (1)$$

où Δ indique une différence première, y , k_j et l correspondent au logarithme du volume de l'output du capital de type j et du travail, α_i à l'élasticité de l'output par rapport au facteur de production i , avec la contrainte de rendements unitaires ($\sum_j \alpha_j + \alpha_l = 1$), et pgf au logarithme de la productivité globale des facteurs (PGF) calculé par solde. La relation (1) est celle mobilisée pour la construction du Tableau 1.

La relation (1) s'écrit également :

$$(y - l) = pgf + \sum_j \alpha_j \cdot (k_j - l) \quad \text{et} \quad \Delta(y - l) = \Delta pgf + \sum_j \alpha_j \Delta(k_j - l) \quad (2)$$

où $(y - l)$ correspond au logarithme à la productivité du travail et $\Delta(y - l)$ au taux de croissance de la productivité du travail. Cette relation permet la décomposition de l'évolution de la productivité du travail proposée dans le Tableau 2. Le taux de croissance de la productivité du travail se décompose donc en deux effets : effets liés aux gains de PGF et ceux liés au *capital deepening* (second terme à droite de la relation 2).

Dans cette décomposition et pour le calcul de par solde de la contribution de la PGF, six facteurs de production sont distingués : le volume du travail correspondant ici au nombre d'heures travaillées, les matériels informatiques, les logiciels, les matériels de communication (ces trois produits correspondants aux TIC), les équipements autres que les TIC et les bâtiments et infrastructures.

La détermination des élasticités (α_j) de l'output par rapport à chaque facteur

Pour chaque facteur j , cette élasticité est traditionnellement la part de la rémunération de ce facteur dans la valeur ajoutée (en valeur) :

- Concernant le facteur travail, cette part est à la part du coût salarial dans la valeur ajoutée. Le facteur travail (L) correspond ici au nombre d'heures travaillées, soit le produit des effectifs moyens (N) par la durée moyenne du travail (DT). Il est supposé une parfaite substituabilité des effectifs et de la durée du travail, et une même élasticité de l'output par rapport aux effectifs moyens et à la durée du travail ;
- Concernant chacune des composantes K_j de capital, la rémunération de ce capital est le produit du volume de ce capital par le coût d'usage de ce même capital. Le coût d'usage de ce capital est le produit du prix de l'investissement correspondant par la somme du taux d'intérêt réel et du taux de déclassement. On a donc : $\alpha_j = (c_j \cdot K_j) / (p \cdot Y)$, où c_j correspond au coût d'usage du capital en produit j , K_j au volume du capital en produit j , p au prix de la valeur ajoutée et Y au volume de cette même valeur ajoutée. Le calcul du coût d'usage c_j du capital en produit j obéit à la relation habituelle : $c_j = p_j \cdot (\delta_j + i - (\Delta p_j / p_j))$, où p_j correspond au prix de l'investissement en produit j , δ_j au taux de déclassement du capital en produit j et i au taux d'intérêt nominal à long terme ;

- La contrainte de rendements d'échelle unitaires est assurée, au niveau de l'ensemble de l'économie, en ajustant le taux d'intérêt i . Le taux d'intérêt ainsi calculé est repris pour chaque secteur, la contrainte de rendements unitaires étant, à ce niveau plus détaillé, assurée en modifiant en conséquence par un même coefficient la part des salaires et celle de la rémunération de chaque produit de capital dans la valeur ajoutée. Les élasticités ainsi calculées sont assez stables sur les deux dernières décennies.

L'évaluation des volumes des facteurs (k_j et l)

Les séries concernant le volume et le prix de la valeur ajoutée, les effectifs moyens, le volume et le prix des séries d'investissement en équipements hors TIC et en bâtiments et infrastructures sont directement issues des comptes nationaux (base 1995). Les séries concernant la durée du travail sont reprises des comptes nationaux jusqu'en 1998 et des données publiées par la DARES en 1999 et 2000. Pour les produits TIC, les séries d'investissement en valeur sont issues des comptes nationaux depuis 1978 et, pour la période antérieure où de telles données ne sont pas disponibles, ont été rétopolées comme décrit dans Mairesse, Cette et Kocoglu (2000-Annexe 2). Concernant les prix des investissements en TIC, les indices de la comptabilité nationale base 1995 ont été repris pour les matériels de communication, les indices américains corrigés d'un effet change étant repris pour les matériels informatiques et les logiciels (Cf. Mairesse, Cette et Kocoglu (2000-Annexe2)).

Les séries de capital sont calculées en additionnant les générations d'investissement modulo un taux de déclasserment annuel égal à 30 % pour les matériels informatiques et les logiciels, 20 % pour les matériels de transport, 15 % pour les matériels de communication et les matériels hors TIC et hors matériels de transport, 5 % pour les bâtiments et 2,5 % pour les infrastructures.

La décomposition sectorielle

La distinction entre les branches productrices de TIC et les autres devrait être effectuée au niveau 100 de la nomenclature d'activité française (NAF). Ces données ne sont disponibles que sur les années récentes. Par conséquent, dans cette étude, la distinction a été réalisée au niveau 40 de la NAF. Les activités TIC correspondent ainsi dans la présente étude à un champ plus large que les activités productrices des trois produits TIC (matériels informatiques, logiciels et matériels de communication). Plus précisément les activités de l'industrie TIC correspondent aux Industries des Equipements Electriques et Electroniques (FE3 dans la NAF) et Industries des Composants Electriques et Electroniques (FF6 dans la NAF). Cette sélection surestime, en moyenne sur les cinq dernières années, d'un tiers la VAB des « véritables » industries TIC. Les activités de Services TIC comprennent les activités de Postes et Télécommunications et ceux de Conseils et Assistance (FN1 et FN2 dans la NAF). Les activités de conseils informatiques (logiciels) sont regroupées avec les activités de services et de conseils aux entreprises sous le code FN2. En moyenne sur les cinq dernières années, la VAB des activités de conseils informatiques représente un quart de la VAB des activités regroupées sous le code FN2. Les activités de services de télécommunication sont associées, sous le code FN1 de la NAF, aux activités de poste et de courrier. Les données ne nous permettent pas d'évaluer l'importance relative des activités TIC dans cet ensemble.

- L'industrie correspond aux industries manufacturières (biens de consommation, automobiles, biens intermédiaires et biens d'équipement), et elle représente environ 21 % de la valeur ajoutée marchande en moyenne sur la période 1995-2000. Au sein de ces activités, les industries TIC et hors TIC représentent respectivement environ 3 % et 18 % de la valeur ajoutée marchande ;
- Les services correspondent à l'ensemble des services marchands (transports, activités financières et immobilières, services marchands aux entreprises et aux particuliers), et représentent environ 60 % de la valeur ajoutée marchande, dont 10 % et 50 % pour les activités respectivement TIC et hors TIC ;
- Les autres branches marchandes regroupent les autres activités du secteur marchand (agriculture, industries agricoles et alimentaires, énergie et le bâtiment) et représentent environ 19 % de la valeur ajoutée marchande.

III. – Une décomposition comptable de la croissance de l'économie française

Les évaluations de la contribution de chaque facteur de production à la croissance observée de la valeur ajoutée ont été réalisées avec la méthodologie présentée dans l'Encadré. Les évaluations sont d'abord réalisées sur l'ensemble de l'économie marchande, puis au niveau sectoriel.

III.1 – Evaluations réalisées sur l'ensemble de l'économie marchande

Les résultats de la décomposition, réalisée au niveau global de l'ensemble de l'économie marchande, de la croissance de la valeur ajoutée et de la productivité du travail observée en France sur la période 1980-2000, sont résumés dans les Tableaux 1 ci dessous. Une partie de ces résultats a déjà été commentée dans Mairesse, Cette et Kocoglu (2000). Aussi, la présentation qui en est faite est assez rapide. En résumant à l'extrême leurs enseignements, ces deux tableaux amènent les constats suivants :

- La contribution des TIC à la croissance de l'output et de la productivité par tête, directement liée aux effets de *capital deepening*, bien qu'en accélération sur les années récentes, demeurent d'un ordre de grandeur limité (0,3 % à 0,35 % par an depuis 1995). Cependant, 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 était inférieure à la moitié de celle des autres équipements sur la décennie 1980, et même sur la première moitié de la décennie 1990 ; elle devient presque équivalente (0,35 % contre 0,40 %) sur la seconde moitié des années 1990 ;
- 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 1990. Dans le même temps, la contribution des autres équipements et des bâtiments s'est considérablement ralentie. On peut voir là deux effets : 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 » (Cf. introduction) ;
- La contribution de la productivité globale des facteurs à la croissance de l'output et de la productivité du travail connaît un profil en phase avec la conjoncture économique, ce qui suggère un effet des degrés d'utilisation des facteurs qui sera confirmé plus loin. Elle se serait fortement accélérée depuis 1995, de façon presque équivalente pour celle venant des branches TIC et des branches hors TIC. Sur l'ensemble de la période, on constate que les fluctuations de la contribution de la PGF sont particulièrement fortes pour celle venant des branches hors TIC et plus modérées pour celle venant des branches TIC.

Comme indiqué plus haut, de très nombreuses incertitudes caractérisent la mesure du volume des dépenses d'investissement des entreprises en TIC. L'impact sur les évaluations de deux types d'incertitudes peut être illustré au moyen de variantes. La nature de ces variantes ayant déjà fait l'objet d'une présentation détaillée dans Mairesse, Cette et Kocoglu (2000) est ici rappelée succinctement, les résultats de ces évaluations correspondantes étant fournis dans le Tableau 2.

La première incertitude concerne le partage entre volume et prix des dépenses d'investissements en valeur des entreprises (Cf. supra). On peut encadrer les effets de cette incertitudes par deux variantes sans doute extrêmes :

Tableau 1-A **Contributions à la croissance annuelle moyenne de la valeur ajoutée brute.**
En %. Champ : Economie marchande française

	1980-2000	1980-1990	1990-2000	1990-1995	1995-2000
Volume de la valeur ajoutée	1,88	2,42	1,35	0,50	2,20
Total TIC, dont	0,25	0,24	0,27	0,17	0,36
Matériels informatiques	0,11	0,11	0,11	0,08	0,15
Logiciels	0,08	0,07	0,08	0,05	0,12
Matériels de communication	0,06	0,05	0,07	0,05	0,09
Autres équipements	0,56	0,63	0,49	0,57	0,40
Bâtiments et infrastructures	0,36	0,43	0,29	0,44	0,14
Travail, dont	-0,47	-0,60	-0,34	-0,83	0,15
Effectifs	-0,11	-0,20	-0,02	-0,69	0,67
Durée du travail	-0,36	-0,40	-0,32	-0,14	-0,50
Productivité globale des facteurs	1,19	1,74	0,64	0,15	1,13

Source : évaluations des auteurs.

Tableau 1-B **Contributions à la croissance annuelle moyenne de la productivité par tête.**
En %. Champ : Economie marchande française

	1980-2000	1980-1990	1990-2000	1990-1995	1995-2000
Volume de la valeur ajoutée	1,88	2,42	1,35	0,50	2,20
Emploi	-0,14	-0,26	-0,01	-1,13	1,11
Productivité par tête	2,02	2,69	1,36	1,63	1,09
Total TIC, dont	0,25	0,24	0,26	0,20	0,33
Matériels informatiques	0,11	0,11	0,11	0,08	0,15
Logiciels	0,08	0,07	0,08	0,05	0,11
Matériels de communication	0,06	0,05	0,07	0,06	0,08
Autres équipements	0,57	0,66	0,49	0,77	0,21
Bâtiments et infrastructures	0,37	0,45	0,29	0,66	-0,08
Durée du travail	-0,36	-0,40	-0,32	-0,14	-0,54
PGF, dont	1,19	1,74	0,64	0,15	1,13
Branches TIC	0,35	0,31	0,39	0,14	0,65
Branches hors TIC	0,66	1,21	0,11	-0,17	0,39
Effets de structure	0,18	0,22	0,14	0,18	0,09

Source : évaluations des auteurs.

Tableau 2 **Contributions à la croissance annuelle moyenne de la valeur ajoutée brute.**
Variantes de mesure des prix des TIC et de partage des dépenses en produits TIC
entre consommations intermédiaires et investissements
En %. Champ : Economie marchande française

	Variante d'évolution de prix forte		Variante d'évolution de prix faible		Variante sur le partage entre consommation intermédiaire et investissement	
	1980-2000	1995-2000	1980-2000	1995-2000	1980-2000	1995-2000
Volume de la valeur ajoutée	1,88	2,20	1,88	2,20	1,88	2,20
Total TIC, dont	0,50	0,71	0,17	0,31	0,48	0,68
Matériels informatiques	0,11	0,15	0,04	0,06	0,23	0,31
Logiciels	0,18	0,31	0,08	0,16	0,19	0,28
Matériels de communication	0,20	0,25	0,06	0,09	0,06	0,09
Autres capital	0,92	0,54	0,92	0,54	0,92	0,54
Travail	-0,47	0,15	-0,47	0,15	-0,47	0,15
Productivité globale des facteurs	0,93	0,80	1,26	1,20	0,95	0,83

Source : évaluations des auteurs.

- 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 1980-2000 (et sur la seconde moitié des années 1990) elle aboutit à une évolution annuelle moyenne des prix de -14,2 % (-18,8 %) pour les trois produits TIC, au lieu de 1,2 % (2,8 %) pour les logiciels et 1,0 % (-4,1 %) pour les matériels de communication dans l'évaluation centrale. Cette orientation nettement plus à la baisse des prix des logiciels et des matériels de communication aboutit logiquement à une évolution des volumes de capital en ces produits plus dynamique, 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 0,25 % à un rythme de 0,50 % sur l'ensemble de la période 1980-2000, et d'un rythme de 0,36 % à un rythme de 0,71 % sur la seconde moitié de la décennie 1990. La contribution de la PGF à la croissance est en contrepartie abaissée d'autant ;
- Dans la seconde, (dite « variante d'évolution de prix faible »), il est supposé 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 (1,2 % en moyenne sur la période 1980-2000) et des matériels de communication (1,0 %), 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 1980-2000, elle passe d'un rythme annuel de 0,25 % dans l'évaluation centrale à un rythme de 0,17 % dans la variante, et d'un rythme de 0,36 % à un rythme de 0,31 % sur la seconde moitié des années 1990. La contribution de la PGF à la croissance est en contrepartie augmentée d'autant.

La seconde incertitude traitée concerne le partage des dépenses relatives aux TIC en dépenses finales ou dépenses intermédiaires. Lequiller (2000) montre par exemple que, en 1995, la part de l'investissement dans les ressources de services informatiques dépasserait 50 % dans la comptabilité nationale américaine contre environ 20 % dans la comptabilité nationale française, cet écart important s'expliquant sans doute principalement par des différences de méthodologies statistiques. Il est donc intéressant d'évaluer la contribution qu'apporteraient les TIC à la croissance française sous l'hypothèse d'une même part de l'investissement dans les ressources en produits informatiques et logiciels en France qu'aux Etats-Unis. Une telle évaluation variantielle a peu d'intérêt pour les matériels de communication pour lesquels le partage entre utilisations finales et intermédiaires est très proche dans les deux pays. La correction des séries d'investissement aboutit à des stocks de capital et à des contributions à la croissance plus importants pour les produits informatiques et les logiciels. La contribution des TIC à la croissance est ainsi doublée par rapport à l'évaluation centrale : sur l'ensemble de la période 1980-2000, elle passe d'un rythme annuel de 0,25 % dans l'évaluation centrale à un rythme de 0,48 % dans la variante, et d'un rythme de 0,36 % à un rythme de 0,68 % sur la seconde moitié des années 1990. La contribution de la PGF à la croissance est en contrepartie abaissée d'autant.

Ces différentes variantes illustrent l'importance des incertitudes rencontrées dans l'évaluation de la contribution des TIC à la croissance. Il est utile de souligner que les incertitudes liées tant à la mesure des prix qu'à celle 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. L'évaluation centrale minore sans doute sensiblement la contribution apportée par l'investissement des entreprises à la croissance de l'économie française.

Il a été signalé plus haut que la contribution de la productivité globale des facteurs à la croissance de la valeur ajoutée a un profil en phase avec la conjoncture économique. Ce constat n'a rien d'étonnant : telle qu'elle est évaluée, cette contribution est un solde qui intègre les effets des modifications conjoncturelles des degrés d'utilisation des facteurs de production non explicitement pris en compte

ici dans la décomposition comptable de la croissance. Si la durée du travail est explicitement prise en compte dans les évaluations, deux autres indicateurs des degrés d'utilisation ne le sont pas : le taux d'utilisation des capacités de production des facteurs en place, et la durée d'utilisation des équipements. Afin de distinguer, au sein de la contribution de la PGF à la croissance, la composante conjoncturelle de celle qui serait plus structurelle, il convient d'évaluer l'élasticité de cette contribution aux diverses mesures des modifications des degrés d'utilisation des facteurs de production. A cette fin, de nombreuses estimations économétriques ont été réalisées, tant au niveau sectoriel que sur l'ensemble de l'économie marchande, expliquant la contribution de la PGF à la croissance de la valeur ajoutée par les variations du taux d'utilisation des capacités de production ou de la durée d'utilisation des équipements, la croissance du capital en TIC ou l'évolution de la part du capital en TIC dans le capital total, avec de multiples structures de retards possibles pour ces différentes variables explicatives¹⁶. Ces estimations aboutissent à des résultats aberrants ou des coefficients non significatifs au niveau sectoriel et pour toutes les autres variables explicatives que la variation du taux d'utilisation des capacités de production. En conséquence, seuls les estimations réalisées sur l'ensemble de l'économie marchande et retenant les variations du taux d'utilisation des capacités de production comme variable explicative sont retenues.

Les résultats de ces estimations sont présentés dans le Tableau 3. Il ressort des estimations que l'élasticité apparente de la contribution de la PGF par rapport à la croissance du taux d'utilisation des capacités de production serait significative et d'environ 1/3.

Tableau 3 : **Elasticité de la contribution de la PGF à la croissance par rapport au taux d'utilisation des capacités de production**
 Résultats d'estimation - Champ : Economie marchande française
 Variable expliquée : contribution de la PGF à la croissance de la valeur ajoutée
 Période d'estimation : 1981-2000 ; données annuelles

Variables explicatives			Caractéristiques des estimations		
$\Delta \text{Log (TU)}$	AR1	Constante	R ²	DW	SEE
0,314 (3,61)		1,012 (506,47)	0,406	1,25	0,0091
0,327 (3,95)	0,362 (1,60)	1,011 (323,93)	0,498	2,08	0,0088

TU : Taux d'utilisation des capacités de production ; AR1 : Variable expliquée retardée d'une période.
 Les nombres entre parenthèses sous les coefficients estimés correspondent à la valeur du t de Student.

Sur la base de ce résultat, il est possible de distinguer les composantes conjoncturelle et structurelle dans la contribution de la PGF à la croissance dont l'évaluation d'ensemble a été proposée dans le précédent Tableau 1-A. Le résultat de cette décomposition est présenté dans le Tableau 4. Il apparaît que la composante conjoncturelle de la contribution de la PGF a été en moyenne positive et assez forte (0,17 % par an) sur la décennie 1980, principalement du fait de la très forte conjoncture des dernières années, et négative mais de très faible ampleur (-0,06 %) sur la décennie 1990, la bonne conjoncture des dernières années ne suffisant pas à compenser les évolutions conjoncturelles très défavorables de la première moitié de la décennie. Si l'on distingue les deux moitiés de la décennie 1990, on constate d'ailleurs que la composante conjoncturelle de la contribution de la PGF est négative et d'une ampleur moyenne assez forte (-0,28 %) sur la première moitié, et positive et d'une ampleur plus faible (0,15 %)

¹⁶ Les indicateurs disponibles concernant le taux d'utilisation des capacités de production et la durée d'utilisation des équipements proviennent d'enquêtes auprès d'entreprises industrielles. Ce champ plus restreint que l'ensemble du secteur marchand étudié et l'amplitude plus importante des fluctuations conjoncturelles dans l'industrie que dans l'ensemble de l'économie marchande expliquent que l'élasticité estimée de la PGF par rapport au taux d'utilisation soit très inférieure à l'unité. L'indicateur de taux d'utilisation des capacités de production ici retenu est celui (annualisé) fourni par l'enquête mensuelle de conjoncture de la Banque de France. La construction de l'indicateur de durée d'utilisation des équipements, en partie à partir d'une enquête annuelle spécifique de la Banque de France, est détaillée dans Cette (1999).

sur la seconde moitié. Enfin, on constate que la composante structurelle de la contribution de la PGF à la croissance fluctue fortement, l'ampleur de ces fluctuations étant cependant plus réduite que celle des fluctuations de la contribution globale de la PGF, ce qui confirme l'intérêt de la décomposition réalisée.

Tableau 4 : **Contributions de la PGF à la croissance annuelle moyenne de la valeur ajoutée brute**
En %. Champ : Economie marchande française

	1981-1990	1991-2000	1991-1995	1996-2000
Productivité globale des facteurs, dont	1,72	0,64	0,14	1,15
Composante conjoncturelle	0,17	-0,06	-0,28	0,15
Composante structurelle	1,55	0,70	0,42	1,00

Source : évaluations des auteurs.

III.2 – Evaluations sectorielles

Les évaluations qui viennent d'être présentées sur l'ensemble de l'économie marchande ont été également réalisées au niveau sectoriel, en distinguant les activités industrielles des activités de services et, au sein de chacun de ces deux ensembles, les activités relevant de la production de TIC des activités n'en relevant pas, et enfin les autres branches marchandes (principalement l'agriculture). Un résumé des résultats de ces évaluations sectorielles est présenté dans le Tableau 5 (une présentation plus détaillée étant fournie dans Cette, Mairesse et Kocoglu (2001b)).

Les principaux constats qui peuvent être faits sont les suivants :

- Dans toutes les activités, la contribution à la croissance de la valeur ajoutée de l'accumulation en TIC s'affaiblit sur la première moitié des années 1990 par rapport à la décennie précédente, pour s'accélérer ensuite très fortement sur la seconde moitié des années 1990. Sauf dans les autres branches marchandes, cette contribution est supérieure dans la seconde moitié des années 1990 à celle de la décennie 1980 ;
- Dans toutes les activités également, la contribution de l'accumulation de capital en biens et services hors TIC s'affaiblit au contraire sur la période, cet affaiblissement se produisant dès la première moitié des années 1990 dans les activités industrielles et les autres branches marchandes, et plutôt à partir de la seconde moitié des années 1990 dans les activités de services. L'affaiblissement est très marqué (il dépasse ½ point de contribution annuelle) dans les activités produisant des TIC ;
- En conséquence des deux évolutions qui viennent d'être constatées, et comme cela a également été observé sur l'ensemble de l'économie marchande, la contribution de l'accumulation en TIC augmente dans toutes les activités relativement à la contribution de l'accumulation en capital hors TIC. Dans les activités industrielles et de services produisant des TIC, ainsi que dans les autres branches marchandes, cette évolution est particulièrement marquée et la contribution des TIC y devient même nettement supérieure à celle du capital hors TIC sur la seconde moitié des années 1990 ;
- Dans toutes les activités, la contribution du travail se réduit sensiblement sur la première moitié des années 1990 par rapport à la décennie précédente, pour augmenter nettement sur la seconde moitié de la décennie 1990. Cette contribution, qui reflète principalement l'évolution des effectifs employés jusqu'à la première moitié années 1990 et également l'effet de la réduction du temps de travail sur la période la plus récente, est toujours négative dans les activités industrielles hors TIC et les autres branches marchandes, toujours positives dans les activités de services, et se retourne dans les activités industrielles TIC pour devenir positive sur la seconde moitié des années 1990 après avoir été toujours négatives ;

Tableau 5 : **Décomposition de la croissance française – Résumé des résultats sectoriels**
Contributions à la croissance annuelle moyenne de la valeur ajoutée brute – En %

	1980-2000	1980-1990	1990-2000	1990-1995	1995-2000
--	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

A - Champ : Ensemble de l'industrie

Volume de la valeur ajoutée	2,21	2,20	2,21	1,15	3,29
Total TIC	0,12	0,11	0,13	0,05	0,21
Autres capital fixe	0,71	0,92	0,50	0,65	0,35
Travail	-1,62	-1,78	-1,45	-1,97	-0,92
Productivité globale des facteurs	2,99	2,95	3,03	2,41	3,66

B - Champ : Industrie TIC

Volume de la valeur ajoutée	6,63	5,55	7,72	6,02	9,44
Total TIC	0,14	0,17	0,11	0,03	0,20
Autres capital fixe	0,93	1,68	0,18	0,33	0,03
Travail	-0,68	-0,70	-0,67	-1,56	0,23
Productivité globale des facteurs	6,24	4,39	8,09	7,22	8,98

C - Champ : Industrie hors TIC

Volume de la valeur ajoutée	1,55	1,68	1,43	0,46	2,42
Total TIC	0,12	0,11	0,13	0,05	0,21
Autres capital fixe	0,68	0,81	0,55	0,70	0,39
Travail	-1,72	-1,91	-1,54	-2,02	-1,06
Productivité globale des facteurs	2,48	2,66	2,29	1,72	2,87

D - Champ : Ensemble des services

Volume de la valeur ajoutée	2,53	3,46	1,60	0,47	2,75
Total TIC	0,35	0,34	0,36	0,26	0,47
Autres capital fixe	1,11	1,13	1,09	1,37	0,81
Travail	0,57	0,63	0,51	0,11	0,91
Productivité globale des facteurs	0,50	1,36	-0,36	-1,27	0,57

E - Champ : Services TIC

Volume de la valeur ajoutée	4,39	4,79	4,00	1,49	6,57
Total TIC	0,43	0,41	0,45	0,32	0,59
Autres capital fixe	0,73	0,83	0,63	1,07	0,28
Travail	1,36	1,52	1,20	0,69	1,71
Productivité globale des facteurs	1,88	2,03	1,73	-0,48	3,99

F - Champ : Services hors TIC

Volume de la valeur ajoutée	2,18	3,25	1,13	0,29	1,98
Total TIC	0,34	0,32	0,35	0,25	0,45
Autres capital fixe	1,18	1,18	1,18	1,45	0,91
Travail	0,45	0,51	0,40	0,02	0,78
Productivité globale des facteurs	0,21	1,24	-0,80	-1,43	-0,16

G - Champ : Autres branches marchandes

Volume de la valeur ajoutée	-0,22	-0,01	-0,43	0,01	-0,87
Total TIC	0,08	0,10	0,06	0,04	0,08
Autres capital fixe	0,55	0,97	0,13	0,35	-0,09
Travail	-1,72	-1,88	-1,55	-2,06	-1,02
Productivité globale des facteurs	0,86	0,80	0,92	1,69	0,16

Source : évaluations des auteurs.

Le détail de ces évaluations sectorielles est fourni dans Cette, Mairesse et Kocoglu (2001b).

- Sauf dans les activités industrielles produisant des TIC et les autres branches marchandes, la contribution de la PGF s'affaiblit fortement sur la première moitié des années 1990 pour augmenter sur la seconde moitié, cette augmentation étant particulièrement marquée dans les activités de services produisant des TIC. Dans les activités industrielles TIC, la contribution de la PGF est très élevée et a augmenté continûment. Dans les autres branches marchandes, les évolutions de cette contribution sont de sens contraire à celles observées sur l'ensemble des activités, puisque la contribution de la PGF augmente sur la première moitié des années 1990 et diminue sur la seconde moitié ;
- Enfin, il apparaît que la contribution à la croissance de l'accumulation en TIC est toujours beaucoup plus élevée dans les activités de services que dans les activités industrielles et les autres branches marchandes. Cet écart vient sans doute en partie du fait que les dépenses en TIC ne sont considérées comme de l'investissement en TIC que lorsque les produits correspondants sont physiquement isolés. Aussi, les composantes en TIC intégrés à des équipements productifs comme par exemple les machines-outils ou les robots ne sont pas comptabilisés comme des investissements en TIC en tant que tels, mais comme des consommations intermédiaires des entreprises produisant ces biens d'équipement. Ceci explique sans doute en partie pourquoi les investissements en TIC apparaissent, dans les comptes nationaux, bien plus concentrés dans les activités de services, où ils prennent largement la forme de biens spécifiques (par exemple gros systèmes ou PC) que dans les activités industrielles. Ainsi, la part relative des TIC dans le total des investissements (hors bâtiment et infrastructures) est nettement plus élevée dans les services (environ 30 % en 1999) que dans l'industrie (6 %). Cet aspect, souligné dans de nombreuses études étrangères (par exemple Stiroh (1998) ou Diewert et Fox (1999)) est plus longuement développé dans Mairesse, Cette et Kocoglu (2000, p. 129-130)¹⁷. Soulignons cependant que cette incertitude n'affecte pas la comptabilisation des dépenses globale d'investissement en valeur, mais uniquement la décomposition par produit de cette dépense.

IV. Eléments de comparaison internationale

Pour l'instant, les analyses empiriques comparables menées sur d'autres pays industrialisés sont assez rares. Les plus nombreuses concernant l'économie américaine, parmi lesquelles les travaux de Jorgenson (2001) et Jorgenson et Stiroh (2000)), Oliner et Sichel (2000) et du CEA (2001). Une évaluation comparable a été réalisée sur le Royaume-Uni par Oulton (2001). Concernant la France, outre la présente évaluation et nos précédents travaux (Cf. Cette, Mairesse et Kocoglu (2000) et Mairesse, Cette et Kocoglu (2000)) il faut signaler l'analyse de Crépon et Heckel (2000)¹⁸. Enfin, quelques premières comparaisons internationales ont été proposées par Schreyer (2000) et Colecchia et Schreyer (2001).

Un résumé des évaluations réalisées sur l'économie américaine est présenté dans le Tableau 6. Il ressort de la comparaison avec les évaluations que nous avons menée concernant la France les principaux aspects suivants¹⁹ :

¹⁷ On montre ainsi dans cette dernière étude que si l'on comptabilise les consommations intermédiaires en produits matériels informatiques et logiciels dans l'industrie comme investissement, la valeur de ce dernier serait, pour ces deux mêmes produits, multiplié par un facteur 6 !

¹⁸ Une comparaison entre nos résultats d'évaluations et ceux de Crépon et Heckel (2000) est proposé dans Mairesse, Cette et Kocoglu (2000).

¹⁹ Rappelons que cette comparaison ne souffre pas d'écart méthodologique dans le partage volume-prix des dépenses d'investissement en TIC, les évaluations Cette-Mairesse-Kocoglu reprenant les indices de prix des Etats-Unis (corrigés d'un effet change) pour les matériels informatiques et les logiciels, les indices français ne différant pas sensiblement des indices américains pour les matériels de communication.

Tableau 6 **Contributions à la croissance annuelle moyenne de la productivité horaire**
En %. Champ : Economie marchande américaine

A - Evaluations de Source : Jorgenson (2001) (à partir du Tableau 8 p. 25).

	1948-1999	1948-1973	1973-1990	1990-1995	1995-1999
Productivité horaire	2,09	2,82	1,26	1,19	2,11
Total TIC	0,30	0,15	0,35	0,43	0,89
Capital hors TIC	0,83	1,30	0,44	0,21	0,35
« Qualité » du travail	0,34	0,46	0,22	0,32	0,12
PGF, dont	0,61	0,92	0,25	0,24	0,75
Branches TIC	0,16	0,06	0,19	0,25	0,50
Branches hors TIC	0,45	0,86	0,06	-0,01	0,22

Rappelons que les évaluations proposées par Jorgenson (2001) et Jorgenson et Stiroh (2000) intègrent dans la mesure de l'output l'amortissement économique des biens de consommation durables acquis par les ménages.

B - Evaluations de Oliner et Sichel (2000) (à partir du Tableau 2 p. 13).

	1974-1990	1991-1995	1996-1999
Productivité horaire	1,37	1,53	2,57
Total TIC	0,44	0,51	0,96
Capital hors TIC	0,37	0,11	0,14
« Qualité » du travail	0,22	0,44	0,31
PGF	0,33	0,48	1,16

C - Evaluations du CEA (2001) (à partir du Tableau 1.1, p. 28).

	1973-1995	1995-2000
Productivité horaire	1,39	3,01
Composante cyclique	0,00	0,04
Composante structurelle	1,39	2,97
Total TIC	0,41	1,03
Capital hors TIC	0,30	0,06
« Qualité » du travail	0,27	0,27
PGF, dont	0,40	1,59
Branche informatique	0,18	0,36
Autres branches	0,22	1,22

Une présentation plus détaillée de ces évaluations est proposée dans Cette, Mairesse et Kocoglu (2001b).

- Du premier choc pétrolier jusqu'au début de la décennie 1990, la contribution à la croissance de la productivité du travail de l'effet de *capital deepening* lié aux TIC aurait été plus de deux fois plus forte aux Etats-Unis qu'en France (environ 0,4 %-0,5 % par an contre 0,25%). Sur la première moitié des années 1990, elle se serait amplifiée d'environ ¼ aux Etats-Unis alors qu'elle restait à peu près stabilisée en France. Enfin, sur la seconde moitié des années 1990, elle aurait doublé aux Etats-Unis (pour s'élever à environ 1 %) ainsi qu'en France (pour s'élever à environ 0,35 %). Au total, sur cette seconde moitié des années 1990, cette contribution à la croissance de la productivité du travail de l'effet de *capital deepening* lié aux TIC aurait été plus de trois fois plus forte aux Etats-Unis qu'en France. Ces écarts s'expliquent par un retard français (par rapport aux Etats-Unis) dans la diffusion des TIC, qui s'est davantage accélérée aux Etats-Unis qu'en France, peut-être en partie parce que la baisse de prix des TIC a été atténué en France par l'appréciation du dollar. Il convient cependant de rappeler qu'une part de cet écart peut trouver son origine dans des différences signalées plus haut de conventions des comptes nationaux, sans nécessairement refléter la réalité économique ;
- Dans les deux pays, la contribution de l'effet de *capital deepening* en TIC serait même devenue plus importante, sur la seconde moitié des années 1990, que celle correspondant aux autres composantes du capital productif fixe ;
- Dans les deux pays, la contribution de la PGF se serait accélérée sur la seconde moitié des années 1990, plus en France cependant qu'aux Etats-Unis. L'accélération récente de la PGF serait à peu près la même dans les branches TIC et les branches hors TIC. Cela n'exclut pas pour autant

qu'une part de cette accélération soit liée à la diffusion des TIC : une « bonne » prise en compte des effets des TIC sur les performances productives (effets qualité) via les indices de prix aboutit à des gains de PGF localisés plutôt dans les branches TIC (du fait d'un partage volume-prix de l'output plus favorable au volume), et une moins bonne prise en compte de ces effets aboutit à des gains de PGF plutôt dans les branches utilisatrices (et à moins d'effets de *capital deepening* dans ces mêmes branches)²⁰.

Par ailleurs, il apparaît (Cf. Tableau 7-A) que, selon ces évaluations, l'accélération des gains de PGF apparents dans l'économie américaine considérée globalement serait très récente : elle s'amorcerait aux Etats-Unis au milieu des années 1990. En conséquence, certains économistes, par exemple Gordon (2000-a et -b), considèrent qu'une part importante de cette accélération serait de nature cyclique et liée à l'accélération de la croissance américaine sur la décennie 1990. En reprenant les résultats des évaluations de Oliner et Sichel (2000), Gordon (2000-b) évalue que, si l'on compare la courte période récente 1995 :4-1999 :4 à la période 1972 :2-1995-4, l'accélération de la productivité horaire (en rythme annuel) serait d'environ 1,33 %, auxquels contribueraient pour 0,33 % les effets de *capital deepening*, 0,50 % un effet de cycle, 0,31 % l'augmentation des gains de PGF, 0,14 % les effets de changements comptables dans la mesure des prix et 0,05 % l'amélioration de la qualité du travail (structure par sexes et qualifications)²¹. Une telle lecture de la contribution de la composante cyclique n'est pas partagée par une majorité des autres analyses, dont Jorgenson et Stiroh (2000), Jorgenson (2001), Oliner et Sichel (2000) ou CEA (2001). Par exemple, Jorgenson (2001) évalue 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. Cependant, le ralentissement continu des effets de *capital deepening* en équipements hors TIC et de la PGF dans les branches non productrices de TIC aurait masqué cette évolution favorable jusqu'en 1995. Depuis 1995, ce ralentissement serait terminé, et l'accélération dans les secteurs producteurs de TIC apparaîtrait dans les évaluations au niveau de l'ensemble de l'économie²².

Les évaluations ici réalisées pour la France permettent de proposer une décomposition de l'évolution de la productivité du travail sur la période 1995-2000 par rapport à la période antérieure (Cf. Tableau 7-B). Il en ressort des différences importantes avec les évolutions qui viennent d'être commentées concernant les Etats-Unis. Tout d'abord, c'est un ralentissement de la productivité d'environ ½ point en moyenne qui est à expliquer concernant la France, et non une accélération. Ensuite, l'accélération de la croissance moyenne aurait permis des gains de productivité de nature cyclique d'environ 0,4 point en moyenne par an, si bien qu'au total le ralentissement structurel serait proche de 1 point en moyenne annuelle. Les effets de *capital deepening* auraient légèrement accéléré sur cette période concernant les immobilisations en TIC, mais auraient très fortement décéléré concernant les autres immobilisations. Ce ralentissement et, pour une plus faible part, les effets de la réduction du temps de travail, expliqueraient le ralentissement structurel de la productivité, alors même que les gains de PGF se seraient accélérés, tout particulièrement dans les branches productrices de TIC.

²⁰ Cet aspect est souligné dans de nombreuses évaluations dont les nôtres, ou également par exemple Brynjolfsson et Hitt (2000), « ... the allocation of productivity depends on the quality-adjusted transfer prices used. If a high deflator is applied, the upstream sectors get credited with more output and productivity in the national accounts, but the downstream firms get charged with using more inputs and thus have less productivity. Conversely, a low deflator allocates more of the gains to the downstream sector. In both cases, the increases in the total productivity of the economy are, by definition, identical. [...] one must be careful in interpreting the allocation of productivity across producers and users ».

²¹ Ces chiffres sont repris de Gordon (2000-b, Tableau 2, p. 55).

²² Cf. Jorgenson (2001, Tableaux 6 and 7).-

Tableau 7 : **Explications de l'accélération de la productivité du travail à partir de 1995**
 Champ : économie marchande ; Taux de croissance annuels moyens, en %

A - Economie américaine

	Jorgenson et Stiroh (2000)	Oliner et Sichel (2000)	CEA (2001)	Gordon (2000-a, -b)
Productivité du travail (accélération), dont :	0,9	1,2	1,5	1,4
. Composante cyclique	Ns	ns	ns	0,7
. Composante structurelle, dont	0,9	1,2	1,5	0,7
. Effet de substitution capital-travail	0,3	0,3	0,5	0,3
. En capital TIC	0,3	0,5	nd	nd
. Autres	0,0	-0,2	nd	nd
. Qualité du facteur travail	0,0	0,0	0,1	0,1
. Gains de PGF, localisés dans les secteurs	0,7	0,8	0,9	0,3
. Producteurs de TIC	0,3	0,3	0,2	0,3
. Utilisateurs	0,4	0,5	0,7	0,0

ns : non significatifs ; nd : non disponible.

Source : Bosworth et Triplett (2001, p. 23).

B - Economie française

Productivité du travail, par tête (ralentissement), dont :	-0,5
. Composante cyclique de la PGF	0,4
. Composantes structurelles, dont	-0,9
. Effet de substitution capital-travail	-1,2
. En capital TIC	0,1
. Autres	-1,3
. Durée du travail	-0,3
. Gains de PGF, localisés dans les secteurs	0,6
. Producteurs de TIC	0,4
. Utilisateurs	0,2

Source : Cette, Mairesse et Kocoglu (2001a)

Les évaluations proposées pour le Royaume-Uni par Oulton (2001) corrigent très fortement les données de comptabilité nationale concernant l'investissement en matériels informatiques et en logiciels pour tenter de réduire les effets des différences de conventions comptables. Ainsi, les données concernant les logiciels sont corrigées de façon à ce que les investissements correspondent à la même part des ressources qu'aux Etats-Unis. Les données concernant les matériels informatiques sont elles-mêmes corrigées de façon à ce que le rapport entre investissements en ce produit et investissements en logiciels soit le même qu'aux Etats-Unis. Comme dans nos évaluations, les indices de prix américains corrigés d'un effet de change sont retenus concernant les TIC. Les résultats obtenus par Oulton (2001) sont que la contribution des TIC à la croissance de la productivité du travail serait globalement presque constamment d'un tiers environ plus faible au Royaume-Uni qu'aux Etats-Unis, et moitié plus forte que celle que nous avons évalué pour la France, la même accélération s'observant sur la seconde moitié des années 1990, durant laquelle cette contribution des TIC est largement supérieure à celle des autres composantes du capital fixe. Compte tenu des redressements effectués par l'auteur, les résultats obtenus pour la Royaume Uni seraient comparables à ceux concernant la variante « partage entre CI et FBCF » présentés pour la France dans le Tableau 2. Il apparaît alors que la contribution des TIC est comparable dans les deux pays. L'évolution très spécifique au Royaume-Uni serait un fort ralentissement de la contribution de la PGF sur la seconde moitié des années 1990, contrairement à ce qui vient d'être commenté pour les Etats-Unis et la France.

Les résultats de la récente comparaison internationale proposée par Colecchia et Schreyer (2001) sont résumés dans Cette, Mairesse et Kocoglu (2001b)²³. Ils ne concernent que la contribution à la croissance de l'accumulation en IC. Les résultats obtenus sur la France dans cette comparaison sont moins détaillés mais complètement cohérents avec ceux de la présente évaluation. Les enseignements de la comparaisons ont déjà été fournis dans Mairesse, Cette et Kocoglu (2000) et en seront donc ici que très succinctement rappelés. Ils sont principalement les suivants :

- Les résultats obtenus pour la France sont très comparables à ceux de l'Allemagne, de l'Italie et du Japon. La contribution des TIC à la croissance dans ce premier groupe de pays est de l'ordre de 0,20% à 0,35% au plus par an sur les quatre périodes considérées de 1980 à 1999, et représente de l'ordre du quart à la moitié de la contribution des autres formes de capital en équipements et bâtiments. Ce premier groupe de pays se distingue ainsi clairement des Etats-Unis où la contribution des TIC à la croissance serait nettement supérieure. L'Australie et la Finlande, ainsi que le Royaume-Uni et le Canada (autant qu'on puisse en juger sur des évaluations incomplètes), forment un deuxième groupe qui se situerait en position grosso modo intermédiaire entre le premier groupe et les Etats-Unis. La contribution des TIC à la croissance dans ces quatre pays paraît en général plus élevée que pour la France et les autres pays du premier groupe, et tend à s'approcher de celle évaluée pour les Etats-Unis ;
- Ces évaluations montrent cependant de façon frappante que le renforcement très notable de la contribution des TIC à la croissance au cours des cinq dernières années 1995-1999, que nous avons observé pour la France, est un phénomène général pour tous les pays qui ont connu une accélération de leur croissance (c'est à dire tous sauf l'Allemagne et le Japon). Mais sur ce point également, les Etats-Unis paraissent se détacher nettement des autres pays, le renforcement y étant nettement plus important.

V. – Conclusion

La contribution des TIC à la croissance du PIB et de la productivité du travail en France est importante, bien qu'encore apparemment très inférieure à celle évaluées pour les Etats-Unis. Une question importante est celle de la durée probable de l'amélioration des performances productives des produits TIC sur l'avenir. Le principal gain d'efficience vient des microprocesseurs, dont les capacités n'ont cessé de progresser à un rythme proche de la « loi de Moore » (doublement des capacités tous les 18-24 mois). Jorgenson (2001) avance que la diffusion du Pentium 4 créé fin 2000 va prolonger (voire accélérer) sur les prochaines années l'amélioration des performances productives de TIC, qui s'est caractérisée par une baisse des prix des micro-processeurs de 40 % à 50 % par an (loi de Moore). Cette progression pourrait être extrapolée au minimum sur la décade en cours. Mais Jorgenson (2001) souligne qu'il serait imprudent d'extrapoler cette évolution à l'infini²⁴. A cette incertitude, il faut ajouter celle de la simple capacité humaine à mobiliser ces capacités croissantes. Cet aspect a été récemment souligné par Gordon (2000-b)²⁵.

²³ Ici encore, la comparaison ne souffre pas d'écart méthodologique dans le partage volume-prix des dépenses d'investissement en TIC, les évaluations reprenant les indices de prix relatifs des Etats-Unis pour les différents composantes des TIC.

²⁴ « Falling IT prices also serve as an indicator of rapid productivity growth in IT-producing industries. However, it would be premature to extrapolate the recent acceleration in productivity growth in these industries into the indefinite future, since this depends on the persistence of a two-year product cycle for semiconductors. » ; Jorgenson (2001, p3).

²⁵ « The fixed supply of time to any individual creates a fundamental limitation on the ability of exponential growth in computer speed and memory to create commensurate increases in output and productivity. As Zvi Griliches once said, 'the cost of computing has dropped exponentially, but the cost of thinking is what it always was.' » ; Gordon (2000-b, p. 62). Gordon signale d'ailleurs que la remarque de Griliches se poursuivait par « That's why we see so many articles with so many regressions and so little thought ».

Une autre question importante concerne le bénéfice, en termes de productivité et de croissance, de la diffusion des TIC dont pourront bénéficier les pays européens industrialisés (parmi lesquels bien entendu la France et les pays de la zone euro). Dans une analyse récente, Gust et Marquez (2000) concluent que les effets favorables de la NE et des TIC sur la productivité du travail et la PGF finiront par se manifester dans l'ensemble des pays industrialisés, l'incertitude concernant l'ampleur et le décalage temporel entre ces effets aux États-Unis et dans les autres pays. L'incertitude concernant l'ampleur est accrue pour l'Europe par la méconnaissance des interactions bénéfiques, via des effets de *spillover*, entre activités productrices et activités utilisatrices de TIC. Si ces interactions sont importantes, les gains tirés de la diffusion des TIC seront plus faibles en Europe qu'aux États-Unis, du fait d'une plus faible importance des activités productrices de TIC. Cette question est largement débattue dans d'autres analyses (par exemple Cohen et Debonneuil (2000)). Dans une récente étude, Pilar 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 : la proximité avec les producteurs de logiciels pourrait être plus importante que celle avec les producteurs de matériel et par ailleurs, plusieurs pays (l'Australie par exemple) semblent tirer un grand bénéfice de l'utilisation des TIC sans disposer d'un important producteur de ces mêmes TIC. Cela suggérerait donc que la contribution des TIC à la croissance des pays européens pourrait largement s'amplifier dans les prochaines en Europe et en France.

Références bibliographiques citées dans le texte

- **P. Askénazy et C. Gianella (2000)** : « Le paradoxe de productivité : les changements organisationnels, facteur complémentaire à l'informatisation », *Economie et Statistique*, n° 339-340, 2000 – 9/10 ;
- **L. Bilke (2001)** : « La mesure des prix aux États-Unis », mimeo, Banque de France, DGEI, DEER, n° e01-040b ;
- **O. Blanchard et L. Katz (1997)** : « What We Know and Do Not Know About the Natural Rate of Unemployment », *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 11, n° 1, Winter ;
- **M. Boskin et alii (1996)** : « Toward a More Accurate Measurement of Inflation », Advisory Commission to Study the Consumer Price Index, US Senate, Décembre ;
- **B. Bosworth et J. Triplett (2001)** : « What's New About the New Economy ? IT, Economic Growth and Productivity », *International Productivity Monitor*, n°2, Printemps ;
- **E. Brynjolfsson et L. Hitt (2000)** : « Beyond Computation : Information Technology, Organizational Transformation and Business Performance », *Journal of Economic Perspectives*, vol. 14, n° 4 ;
- **CEA (2001)** : « Economic Report of the President – 2001 », February.
- **G. Cette, J. Mairesse et Y. Kocoglu (2000)** : « La mesure de l'investissement en technologies de l'information et de la communication : quelques considérations méthodologiques », *Economie et Statistique*, n° 339-340, 2000 – 9/10 ;
- **G. Cette, J. Mairesse et Y. Kocoglu (2001a)** : « TIC et croissance potentielle », mimeo ;
- **G. Cette, J. Mairesse et Y. Kocoglu (2001b)** : « Diffusion des technologies de l'information et de la communication et croissance de l'économie française : Une décomposition comptable sur la période 1980-2000 », Banque de France, Notes d'Etudes et de Recherches, à paraître ;
- **D. Cohen et M. Debonneuil (2000)** : " *Nouvelle Economie*", Rapport n°28 du Conseil d'Analyse Economique, La Documentation Française ;
- **A. Colecchia et P. Schreyer (2001)** : « The Impact of Information and Communication Technologies to Output Growth : Issues and Preliminary Findings », OCDE, Drest DSTI/EAS/INS/SWP(2001)/11, February ;
- **Council of Economic Advisers (2001)** « Economic Report of the President » ;
- **R. Gordon (2000-a)** : commentaire de l'analyse de D. Jorgenson et K. Stiroh (2000), dans la même publication ;
- **R. Gordon (2000-b)** : « Does the 'New Economy' Measure up to the Great Inventions of the Past ? », *Journal of Economic Perspectives*, vol. 14, n° 4 ;
- **N. Greenan et J. Mairesse (2000)** : « Computers and productivity in France : some evidence », *Economic Innovations and new technology*, Harwood Academic Publishers ;
- **C. Gust et J. Marquez (2000)** : « Productivity Developments Abroad », *Federal Reserve Bulletin*, October ;
- **D. Jorgenson (2001)** : « Information Technology and the US Economy », *The American Economic Review*, vol. 91, n°1, March.

- **D. Jorgenson (2001)** : « Information Technologie and the US Economy », Presidential Adress to the American Economic Association, mimeo ;
- **D. Jorgenson et K. Stiroh (1999)** : « Productivity Growth : Current Recovery and Longer-Term trend », The American Economic Review, 89(2), May ;
- **D. Jorgenson et K. Stiroh (2000)** : « Raising the Speed Limit : U. S. Economic Growth in the Information Age », Brookings Papers on Economic Activity, 1 ;
- **S. Landefeld et B. Grimm (2000)** : « A Note on the Impact of Hedonics and Computers on Real GDP », Survey of Current Business, December ;
- **F. Lequiller (2000)** : « La nouvelle économie et la mesure de la croissance », », Economie et Statistique, n° 339-340, 2000 – 9/10 ;
- **J. Mairesse, G. Cette 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, 2000 – 9/10 ;
- **L. H. Meyer (2000)** : « Remarks at the Century Club Breakfast Series », Washington University, St Louis, Missouri, October 19, 2000 ;
- **S. Oliner and D. Sichel (2000)** : « The Resurgence of Growth in the Late 1990s : Is Information Technology the Story ? », Journal of Economic Perspectives, vol. 14, n° 4 ;
- **R. Parker et B. Grimm (2000)** : « Software Prices and Real Output : Recent Developments at the Bureau of Economic Analysis », mimeo, presented at the NBER Program on Technological Change and Productivity Measurement, Cambridge, March 17 ;
- **D. Pilat et F. C. Lee (2001)** : « Productivity growth in ICT-producing and ICT-using industries : a source of growth différentiels in the OECD ? », mimeo, DSTI/DOC(2001)4, 18-jun-2001 ;
- **P. Schreyer (2000)** : « The Contribution of Information and Communication Technology to Output Growth : a Study of the G7 Countries », OCDE, STI Working Paper, 2000/2, March ;
- **K. Stiroh (2001)** : « What Drives Productivity Growth ? », FRBNY Economic Policy Review, March.