

BANQUE NATIONALE DE BELGIQUE
WORKING PAPERS - DOCUMENT SERIES

NOUVELLE ECONOMIE

Patrick Bisciari^(*)

L'auteur s'exprime dans ce document en son nom propre. Son opinion n'engage pas nécessairement la Banque Nationale de Belgique.

L'auteur tient à exprimer sa gratitude pour l'importante contribution apportée par Alain Nyssens à la préparation de cet article. Il remercie également Mme Daisy Dillens et MM. Dirk Slaats, Stefaan Ide et Stephan Essique pour leur aide précieuse.

L'article a été clôturé début janvier 2001.

^(*) BNB, Département des Etudes, (e-mail: patrick.bisciari@nbb.be)

Editorial Director

Jan Smets, Member of the Board of Directors of the National Bank of Belgium

Statement of purpose:

The purpose of these working papers is to promote the circulation of research results (Research Series) and analytical studies (Documents Series) made within the National Bank of Belgium or presented by outside economists in seminars, conferences and colloquia organised by the Bank. The aim is thereby to provide a platform for discussion. The opinions are strictly those of the authors and do not necessarily reflect the views of the National Bank of Belgium.

The Working Papers are available on the website of the Bank:

<http://www.nbb.be>

Individual copies are also available on request to:

NATIONAL BANK OF BELGIUM

Documentation Service
boulevard de Berlaimont 14
B - 1000 Brussels

Imprint: Responsibility according to the Belgian law: Jean Hilgers, Member of the Board of Directors, National Bank of Belgium.

Copyright © National Bank of Belgium

Reproduction for educational and non-commercial purposes is permitted provided that the source is acknowledged.

ISSN: **1375-680X**

Abstract

This article gives a general overview of the main issues covered in the literature on the new economy. The latter is defined as an economy in which the emergence of a new production sector, that of the Information and Communications Technologies (ICT), affects the growth rate of productivity in a sustainable way.

The article briefly outlines the sector's characteristics, and more specifically its weight within the main economies.

Within the theoretical framework of growth accounting, it can be demonstrated that ICT can have an impact on labour productivity through three transmission channels: the ICT capital intensity; the total factor productivity (TFP) in the ICT-producing sector; and the TFP in the ICT-using sectors.

Various empirical surveys have been recently conducted into the role of the new economy in the United States, which differs from most other countries in that it has overall achieved a faster development of ICT and recorded better macroeconomic performances throughout the nineties. They conclude that ICT account for most - if not all - of the acceleration of labour productivity

Cet article donne un aperçu général des principales questions couvertes dans la littérature sur la nouvelle économie. On définit celle-ci comme une économie où l'émergence d'un nouveau secteur de production, celui des Technologies de l'Information et de la Communication (TIC), affecte durablement le rythme de croissance de la productivité.

L'article rappelle brièvement les caractéristiques de ce secteur et, notamment, la place que celui-ci occupe dans les principales économies.

On montre ensuite que, dans le cadre théorique de la comptabilité de la croissance, les TIC peuvent influencer la productivité du travail par le biais de trois canaux de transmission: l'intensité en capital des TIC; la productivité totale des facteurs (PTF) dans le secteur producteur de TIC; et la PTF dans les secteurs utilisateurs de TIC.

Diverses études empiriques ont été réalisées récemment sur le rôle de la nouvelle économie aux Etats-Unis, qui se distinguent de la plupart des autres pays par un essor plus rapide des TIC et par des performances macroéconomiques dans l'ensemble supérieures tout au long de la décennie nonante. Elles concluent que les TIC expliquent l'essentiel sinon la totalité de l'accélération de la croissance

growth which has been observed in this country between the first and the second half of the nineties, thanks to the contribution of the first two aforementioned transmission channels. The presence of the third channel, i.e. the diffusion to the whole economy of technical progress that is not embodied in the ICT capital goods, remains however a matter of controversy.

The question of the technological shock's long-term sustainability is also dealt with. Special attention is given to certain theories based on vintage-capital models and Schumpeterian models, which offer an explanation both for the slowdown of productivity observed in the United States in the seventies and for its more or less recent acceleration.

Finally, mutual relations between the new economy and economic policy are also discussed.

de la productivité du travail observée dans ce pays entre les deux moitiés des années nonante, grâce à l'apport des deux premiers canaux de transmission précités. Il existe cependant une controverse quant à la présence ou non du troisième canal, à savoir une diffusion, à l'ensemble de l'économie, du progrès technique non incorporé dans les biens de capital des TIC.

La problématique de la soutenabilité temporelle du choc technologique est également abordée. Une attention particulière est aussi apportée aux éléments d'explication à la fois au ralentissement de la productivité observé aux Etats-Unis depuis le début des années septante et à la - plus ou moins - récente accélération de celle-ci. Certaines théories, basées sur des modèles à générations de capital et des modèles schumpétériens, proposent en effet une explication conjointe de ces deux faits.

Enfin, les relations réciproques entre la nouvelle économie et la politique économique sont discutées.

TABLE OF CONTENTS

Introduction	1
1 Les technologies de l'information et de la communication: un nouveau secteur, de nouveaux produits	5
1.1 Définition du secteur des technologies de l'information et de la communication	5
1.2 Les TIC, une technologie à usage général.....	6
1.3 Spécificités du matériel des TIC	7
1.4 Importance du secteur des TIC dans l'économie	9
1.5 Diffusion des TIC	12
2 Comment le développement d'un secteur comme celui des technologies de l'information et de la communication peut-il influencer la productivité ?	14
2.1 Productivité	14
2.2 Productivité et TIC	20
2.2.1 TIC et croissance	20
2.2.2 TIC et croissance de la productivité	23
2.2.3 Durabilité d'un choc de productivité	28
3 Validation empirique de la nouvelle économie aux Etats-unis	31
3.1 Un champ d'investigation privilégié: les Etats-Unis.....	31
3.1.1 L'avance américaine dans les TIC	31
3.1.2 Performances macroéconomiques récentes des principales économies	38
3.2 Une nouvelle économie aux Etats-Unis	41
3.2.1 Evolution de la productivité	41
3.2.2 Productivité et TIC	44
3.2.3 Durabilité du choc de productivité	64
4 Théories explicatives des évolutions sur longue période de la productivité	80
4.1 Paradoxe de Solow et hypothèse de changement de régime technologique	80
4.2 Modèles à générations de capital.....	82
4.2.1 Introduction.....	82
4.2.2 Mécanismes d'ajustement aux technologies dans des modèles où le progrès technique lié à l'investissement est exogène	85
4.2.3 Mécanisme d'ajustement aux technologies dans des modèles où le progrès technique lié à l'investissement est endogénéisé	90
4.3 Modèles schumpétériens.....	91
5 Nouvelle économie et politique économique	99
5.1 Politique économique, conditions d'environnement et nouvelle économie	99
5.2 Implications de la nouvelle économie pour la politique monétaire	103
5.2.1 Incertitudes liées à la nouvelle économie et politique monétaire.....	103
5.2.2 Conséquences d'un choc de productivité permanent sur l'équilibre entre l'offre et la demande globale et politique monétaire appropriée	106
Conclusions	110

Références	114
Encadré 1: Changement de structure sectorielle et productivité	18
Encadré 2: Mode de calcul de la part du revenu du capital échéant à chacune de ses composantes.....	22
Encadré 3: Sensibilité des résultats d'un exercice de comptabilité de la croissance aux hypothèses d'évolution des prix retenues pour certains biens et services des TIC.....	62
Encadré 4: Présentation de trois modalités d'appréhension de la "nouvelle économie"	76

INTRODUCTION

Le terme "nouvelle économie" n'a pas de définition précise acceptée par tous. Il trouve son origine dans deux phénomènes récents, qui pourraient être liés: d'une part, l'émergence d'un nouveau secteur, celui des technologies de l'information et de la communication (TIC) et des nouveaux produits associés; d'autre part, la vigoureuse croissance non inflationniste réalisée par l'économie des Etats-Unis depuis le milieu des années nonante. Ces évolutions suscitent de nombreuses interrogations dans la littérature et dans le public.

Une première question, qui revient fréquemment, a été formulée comme suit par Stiroh (1999): assistons-nous à l'avènement d'une économie vraiment "nouvelle", en ce sens qu'elle obéit à des règles différentes de celles qui ont prévalu jusqu'à présent ? Une très large majorité d'économistes répondent par la négative. Par exemple, Shapiro et Varian (1999) affirment que la technologie change mais pas les lois économiques ("Technology changes. Economic laws do not").

Une deuxième question est celle de savoir si les brillantes performances macroéconomiques des Etats-Unis, mentionnées ci-dessus, sont dues à un choc d'offre permanent, à savoir celui qui serait provoqué par l'émergence des TIC, ou à une combinaison de chocs d'offres temporaires. Le présent article évoque notamment certaines conséquences macroéconomiques associées à ces deux types de choc et apporte des indications quant à une éventuelle contribution des TIC au relèvement du taux de croissance potentielle de l'économie.

Ce relèvement est attribué par certains auteurs à la seule vague de globalisation et de dérégulation qui déferle sur l'économie mondiale. D'autres considèrent la globalisation et les TIC comme les deux moteurs ("driving forces") qui ont assuré le redressement de la croissance potentielle, spécialement aux Etats-Unis. On se focalisera ci-après sur le seul apport des TIC, négligeant par là le rôle joué par la globalisation. L'environnement économique et social constitue néanmoins un élément essentiel pour une réallocation optimale des ressources en réponse à un choc technologique. En conséquence, on considérera que l'expression de la "nouvelle économie" renvoie aux implications de ces technologies sur les performances économiques, spécialement par le truchement de la productivité totale des facteurs (PTF), sur la productivité et sur la

croissance potentielle de l'économie. Cette caractérisation simple de la nouvelle économie est un socle commun à l'ensemble de la littérature à laquelle adhèrent toutes les institutions internationales (voir OCDE, 2000c; BCE, 2000a et, pour le FMI, De Masi, 2000). A l'instar de Stiroh (1999), ces institutions attribuent à la nouvelle économie trois caractéristiques qu'elles considèrent comme étroitement liées (OCDE, 2000c):

- 1) *La nouvelle économie semble impliquer une croissance tendancielle plus forte.* Les pratiques d'entreprise plus efficaces liées à l'utilisation des TIC ont pu amener une forte croissance de la PTF et, par là, une accélération de la croissance tendancielle.
- 2) *La nouvelle économie peut agir sur le cycle conjoncturel.* Les TIC, conjuguées à la mondialisation, peuvent modifier l'équilibre à court terme entre l'inflation et le chômage et abaisser le taux de chômage non accélérateur de l'inflation (NAIRU). En conséquence, l'économie peut croître sur une période plus longue sans apparition de tensions inflationnistes. Selon ce point de vue, les TIC compriment l'inflation, tandis que l'intensification de la concurrence mondiale contient la hausse des salaires. Selon des vues plus extrêmes, la nouvelle économie peut sonner le glas du cycle conjoncturel.
- 3) *Dans la nouvelle économie, les sources de la croissance sont différentes.* Grâce aux TIC, l'économie peut bénéficier désormais de rendements d'échelle croissants, d'effets de réseau et d'externalités. L'utilité des réseaux de communications et des applications Internet, par exemple, augmente avec le nombre de personnes connectées. Cette situation engendre d'importants effets d'entraînement, qui contribuent à accélérer la croissance de la PTF et alimentent la croissance économique.

A l'instar du choix opéré implicitement par l'OCDE et par un courant dominant de la littérature, on traitera de manière quasi exclusive, dans la suite de l'article, de la première des trois caractéristiques énoncées ci-dessus. Dans cette optique, on tentera d'apporter des éléments de réponse aux questions suivantes relatives à la nouvelle économie: les TIC ont-elles contribué de manière significative au relèvement du taux de croissance de la productivité ? Cette contribution émane-t-elle de la production de TIC ou résulte-t-elle également de la diffusion des TIC au sein de l'économie considérée dans son ensemble ? Si on conclut à l'existence d'un choc de productivité lié aux TIC, combien de temps durera-t-il encore ? L'existence d'un tel choc n'est-elle pas remise en cause par

l'observation d'un ralentissement de la productivité, notamment aux Etats-Unis, au cours des années septante, soit peu après les principales découvertes effectuées dans ce secteur ? La politique économique peut-elle favoriser le développement du secteur des TIC et l'utilisation de celles-ci dans l'économie ? La nouvelle économie affecte-t-elle le fonctionnement de la politique économique et, particulièrement, celui de la politique monétaire ?

L'article est subdivisé en cinq sections.

La section 1 décrit le secteur des TIC. On y trouve: une définition du secteur des TIC; une caractérisation des TIC comme technologie à usage général; une discussion sur la nature économique de ces produits; une évocation de l'importance de ce secteur dans l'économie mondiale; et des indicateurs de la diffusion des produits des TIC au sein de la population et des entreprises.

La section 2, plus théorique, rappelle la définition de la productivité, spécialement la PTF. On y précise aussi les canaux par lesquels les TIC peuvent influencer la croissance de la production et celle de la productivité. Enfin, on discute de l'influence de la nature temporaire ou permanente d'un choc d'offre sur le niveau de productivité et, partant, de bien-être.

La section 3 est consacrée à une validation empirique de certains aspects de la "nouvelle économie". Le champ d'investigation privilégié est les Etats-Unis. Parmi les grands pays (ceux du G7), il s'agit en effet de celui où les TIC se sont les mieux implantées et semblent avoir eu le plus d'impact en termes d'accélération de la productivité et du rythme de production. Dans un premier temps, on rappellera la spécificité des Etats-Unis à la fois en termes d'essor des TIC et de performances macroéconomiques. Ensuite, on examinera, en s'appuyant sur diverses études de comptabilité de la croissance, dans quelle mesure la PTF a augmenté aux Etats-Unis et dans quelle mesure les TIC ont contribué à cette éventuelle accélération des gains de productivité. On distinguera à cet égard les apports respectifs du progrès technique (non incorporé) dans la production de TIC, du progrès technique incorporé dans les nouveaux équipements des TIC utilisés dans les autres secteurs et du progrès technique non incorporé dans les autres secteurs, en raison notamment des externalités de réseau.

La section 4 passe en revue les développements récents de certaines théories qui apportent des éléments d'explication des évolutions sur longue période de la productivité aux Etats-Unis. Selon ces théories, l'essor d'une technologie à usage général, les TIC in casu, peut engendrer, dans un premier temps, un ralentissement du rythme de croissance de la productivité avant que, par suite des mécanismes d'apprentissage et de la diffusion de la technologie susdite, celle-ci engendre une accélération des gains de productivité, et, partant, un niveau de productivité plus élevé que celui qui aurait été atteint en leur absence.

La section 5 présente les conséquences éventuelles de la nouvelle économie pour la politique économique. Dans un premier temps, on examinera la manière dont celle-ci peut influencer les conditions d'environnement auxquelles les agents sont confrontés et contribuer ainsi au développement du secteur producteur de TIC et à la diffusion de l'usage de ces technologies. Ensuite, on précisera les implications d'une hausse, attendue ou non, de la productivité tendancielle sur l'offre et la demande globale et, partant, sur la politique monétaire.

1 LES TECHNOLOGIES DE L'INFORMATION ET DE LA COMMUNICATION: UN NOUVEAU SECTEUR, DE NOUVEAUX PRODUITS

1.1 Définition du secteur des technologies de l'information et de la communication

Au fil des ans, le développement de produits toujours plus nombreux en relation avec le traitement des données a donné corps à un nouveau secteur que certains appellent l'économie digitale (Moulton, 1999) et d'autres les technologies de l'information et de la communication (OCDE, 2000a). L'économie digitale, selon Moulton (op. cit.), comprend les technologies de l'information - à savoir le traitement de l'information et les machines y relatives, les semi-conducteurs, les logiciels et les équipements de communication - ainsi que le commerce électronique, soit l'usage d'Internet pour vendre des biens et services.

Dans la suite du texte, on négligera le commerce électronique, que celui-ci s'opère entre entreprises ou entre entreprises et consommateurs. La dimension Internet sera, par contre, présente, spécialement pour ce qui est de l'effet de son expansion sur les investissements dans les équipements requis pour accéder au réseau. En conséquence, la présente étude, se focalisera sur les technologies de l'information et de la communication (TIC). Suivant une définition, retenue par l'OCDE¹ (2000a), sur la base de la classification sectorielle CITI Rév. 2, les TIC comprennent les machines de bureau et le matériel de traitement de l'information, l'équipement de radio, TV et de communication ainsi que les services de communication.

L'ère des TIC a débuté en 1945 avec le premier "ordinateur", l'ENIAC: il s'agissait d'un calculateur électronique dont le processeur était constitué de 18.000 lampes, du type "lampe de radio" (Lasfargue, 1991). Les principales évolutions marquantes du secteur des TIC ont été réalisées entre 1969 et 1971 avec l'introduction par Intel du microprocesseur en silicium et avec la première transmission de données entre deux ordinateurs distants sur un réseau (ARPANET) dans le cadre d'un projet militaire développé par le Ministère américain de la Défense pour sécuriser les communications en cas de guerre. La diffusion d'Internet a, en outre, connu une étape importante en 1993 avec la mise dans le domaine public du navigateur Mosaic.

¹ Dans l'article, on recourt autant que possible à des données diffusées par l'OCDE et comparables en principe au plan international. Néanmoins, ces données proviennent elles-mêmes de sources disparates, notamment de sources nationales, dont la disponibilité peut varier d'un pays à l'autre, de sorte que les définitions des TIC peuvent être différentes suivant les graphiques et tableaux.

1.2 Les TIC, une technologie à usage général

Le fait que les TIC sont perçues comme portant la troisième révolution industrielle en cours est lié à une de leurs caractéristiques principales: les TIC constituent une technologie à usage général (TUG) suivant la définition de Lipsey et al. (1998a), à savoir une technologie qui, initialement, a beaucoup de marge d'amélioration et, en fin de compte, est, utilisée dans une grande proportion des activités productrices, car ses usages sont multiples et présentent de fortes et nombreuses complémentarités avec d'autres technologies existantes ou à venir. En relation avec le développement des TIC et les expériences des autres révolutions industrielles, la section 4 approfondira la question de l'incidence d'une TUG sur la productivité. Les quatre caractéristiques évoquées successivement ci-dessous sont autant de conditions nécessaires - aucune d'entre elles prise isolément n'étant suffisante - pour qu'une technologie donnée puisse être reconnue comme TUG.

Marge d'amélioration ("scope for improvement"): toute technologie qui, à terme, est largement utilisée dans de nombreuses applications différentes, doit passer à travers un processus d'évolution. Au fil du temps, la technologie est améliorée, les coûts d'exploitation relatifs aux usages existants diminuent, sa valeur est accrue par l'invention de technologies de support et le nombre de secteurs qui y recourent s'accroît avec la variété de ses usages.

Large variété d'usages ("wide variety of use"): au contraire de certaines technologies qui n'ont qu'un seul usage - la lampe à incandescence ne sert qu'à éclairer - certaines technologies sont destinées à plusieurs usages. Par exemple, la dynamo fournit de l'énergie pour une large variété d'activités productives comme les moteurs électriques, l'éclairage, le chauffage, les radios, les TV, les ordinateurs, l'acier, ...

Large diffusion de l'usage ("wide range of use"): à la différence du point précédent qui concernait le nombre d'usages différents que l'on peut faire d'une technologie donnée, Lipsey et al. (op. cit.) visent ici la proportion des activités productrices d'une économie donnée qui utilisent effectivement cette technologie.

Fortes et nombreuses complémentarités avec d'autres technologies existantes ou à venir: Lipsey et al. (op. cit.) entendent par complémentarité la réponse du système

productif à certains types de changements technologiques et distinguent deux types de complémentarités qu'ils appellent respectivement "au sens de Hicks" et technologiques.

A partir d'une innovation qui réduit le coût d'un facteur de production X largement utilisé dans plusieurs processus de production, on parle de complémentarités brutes au sens de Hicks quand la demande pour les facteurs de production autres que X augmente en réponse soit à une baisse effective du prix de X soit à tout autre changement dans la production de X qui peut être analysé comme s'il s'agissait d'une baisse de son prix.

Les complémentarités technologiques désignent, quant à elles, les réponses du système productif à un changement technologique dans un élément du stock de capital, lorsque ce changement requiert une nouvelle conception et une réorganisation de certains des autres éléments du stock de capital qui coopèrent avec celui-ci. Ainsi, il n'est pas possible de tirer tous les bénéfices d'une innovation technologique, tant que de nombreuses autres technologies associées n'ont pas été repensées ("re-engineered") et que la conception ("make-up") des biens de capital qui incorporent ces technologies n'a pas été modifiée. Toujours selon Lipsey et al. (op. cit.), la différence essentielle entre complémentarité au sens de Hicks et complémentarité technologique est que les effets de cette dernière ne peuvent être modélisés comme la conséquence de variations dans les prix des flux de services rendus par un facteur de production. Les changements induits par les complémentarités technologiques prennent la forme de nouveaux facteurs de production, de nouvelles fonctions de production et de nouveaux produits.

Suivant Lipsey et al., les TIC sont un exemple de TUG. Par contre, ces auteurs considèrent qu'Internet n'est pas une TUG à part entière mais plutôt une sous-technologie d'une autre TUG que sont les TIC.

1.3 Spécificités du matériel des TIC

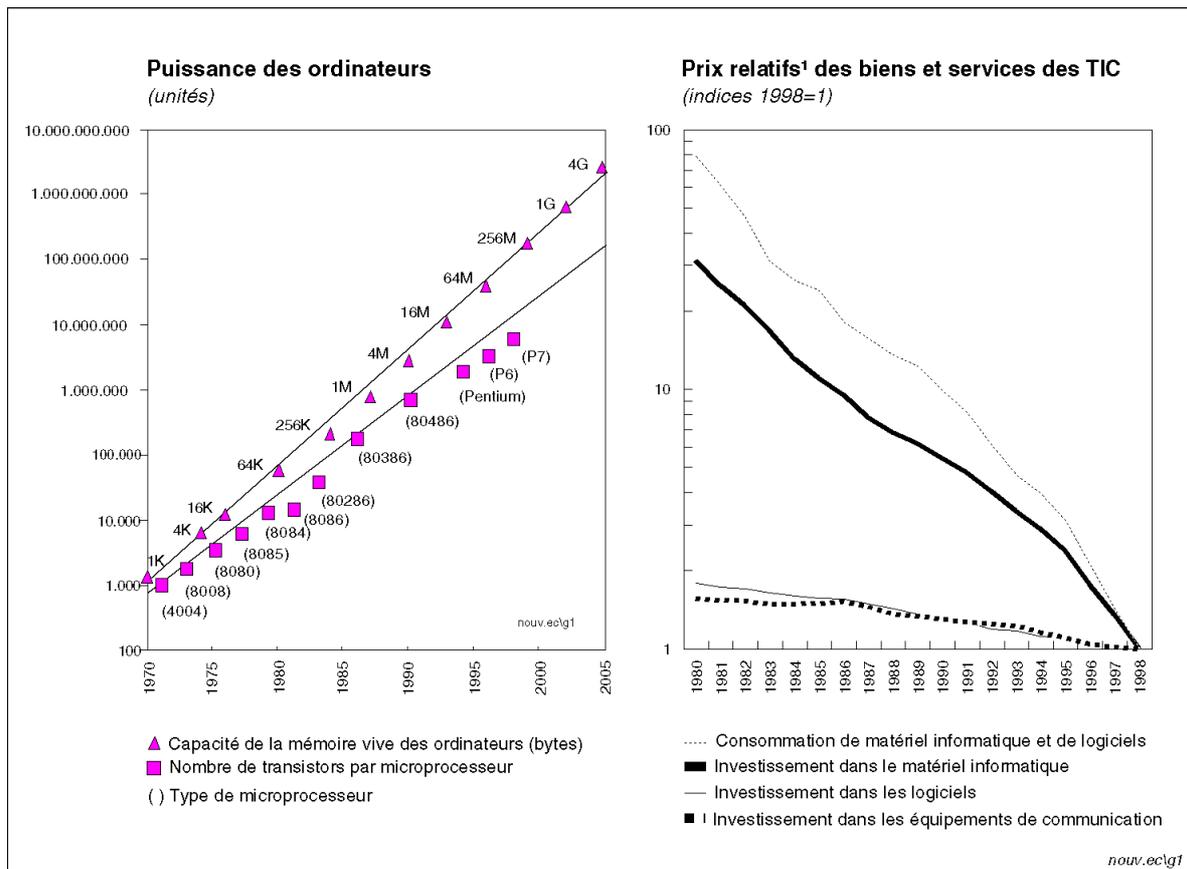
Le matériel des TIC qui constitue la composante principale de ce secteur, présente un certain nombre de spécificités: l'importance du progrès technique, le développement de la puissance, la baisse du prix relatif de ces biens par rapport au produit final et un rythme élevé d'obsolescence.

Le développement du secteur des TIC repose sur les progrès techniques réalisés dans l'industrie des semi-conducteurs. Le graphique 1 illustre l'évolution de la puissance

des microprocesseurs - l'indicateur retenu ici pour mesurer leur puissance est le nombre de transistors par microprocesseur - et de la capacité de stockage de la mémoire vive, appelée aussi mémoire à accès aléatoire (Random Access Memory), des ordinateurs. En 1965, Gordon Moore, un des co-fondateurs d'Intel, avait d'ailleurs prédit que la puissance des ordinateurs doublerait tous les 18 mois à 2 ans, à coût égal (OCDE, 2000a). Ce principe, connu sous le nom de loi de Moore, a été confirmé par les évolutions ultérieures.

Graphique 1 - Spécificités des biens et services des TIC

(échelle logarithmique)



Sources: Brynjolfsson et Hitt (1998a), Jorgenson et Stiroh (2000).

¹ Rapport entre les prix de chaque composante des TIC et le prix de la production intérieure du secteur privé.

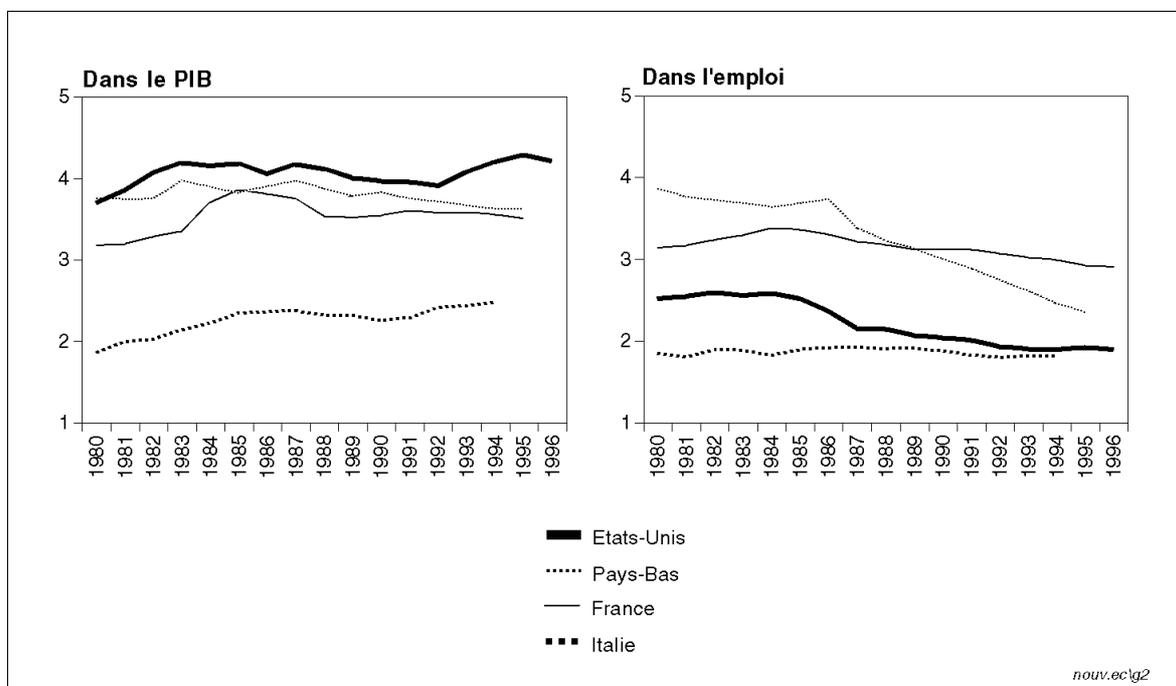
La croissance vigoureuse et constante des progrès techniques dans les composants de base des ordinateurs et du matériel informatique au sens large a entraîné une baisse du prix relatif des semi-conducteurs et, partant, des ordinateurs et du matériel informatique ainsi qu'un rythme élevé d'obsolescence du capital des TIC. La baisse du prix relatif des ordinateurs et du matériel informatique est plus importante que celle du prix relatif des autres biens des TIC (logiciels et équipements de communication).

1.4 Importance du secteur des TIC dans l'économie

L'importance du secteur des TIC dans l'économie peut être mesurée tout d'abord dans l'optique "production" de la comptabilité nationale. Entre le début des années quatre-vingt et le milieu des années nonante, sur la base des données relatives aux Etats-Unis, à la France, à l'Italie et aux Pays-Bas, représentées au graphique 2, la part de la valeur ajoutée du secteur producteur de TIC dans le PIB à prix courants des principaux pays industrialisés est restée comprise dans une fourchette de 2 à 5 p.c., et n'a guère progressé au cours de cette période. Cette relative stabilité recouvre un fort mouvement de hausse à prix constants, puisque les prix relatifs des biens et services TIC a accusé une baisse constante et importante. Au cours de la même période, la part de l'emploi total occupée dans le secteur producteur de TIC a diminué dans la plupart des pays considérés et ne dépassait 3 p.c. dans aucun d'entre eux au milieu des années nonante. La comparaison de cette évolution en termes relatifs avec l'évolution correspondante de la valeur ajoutée donne une première indication de la forte croissance de la productivité relative du travail dans le secteur producteur de TIC.

Graphique 2 - Importance du secteur producteur de TIC¹ dans l'économie

(parts en pour cent)



Source: OCDE, base de données STAN, mai 1999.

¹ Le secteur producteur de TIC est défini par les catégories 3825 (machines de bureau et matériel de traitement de l'information), 3832 (équipement de radio, TV et communication) et 72 (services de communication) de la CITI Rév. 2.

Le constat n'a guère évolué si l'on se réfère à des données établies, également par l'OCDE (OECD, 2000c), pour l'année 1997 où l'importance du secteur producteur de TIC est rapportée au secteur privé plutôt qu'à l'ensemble de l'économie. Le tableau 1 donne un aperçu du poids de ce secteur suivant les critères de la valeur ajoutée, de l'emploi (et de la R&D) dans un certain nombre de pays de référence (Etats-Unis, Japon et un ensemble de pays² de l'UE). On retiendra, à ce stade, que, pour l'ensemble des pays considérés, les TIC représentaient 7,3 p.c. de la valeur ajoutée et 3,8 p.c. de l'emploi.

Tableau 1 - Part du secteur producteur de TIC¹ dans le secteur privé en 1997 dans un certain nombre de pays de référence²

(pour cent)

	Valeur ajoutée	Emploi	R&D
Etats-Unis	8,7	3,9	38,0
Japon ³	5,8	3,4	40,4
Union européenne ²	6,4	3,9	23,4
Total zone euro ²	5,8	3,5	23,4
dont Allemagne ³	6,1	3,1	20,1
France	5,3	4,0	26,4
Italie	5,8	3,5	26,5
Pays-Bas ³	5,1	3,8	19,6
Belgique	5,8	4,2	20,1
Portugal ⁴	5,6	2,7	23,5
Finlande	8,3	5,6	51,0
Total hors zone euro ²	8,5	5,0	23,3
dont Royaume-Uni	8,4	4,8	21,8
Suède	9,3	6,3	27,9
Total des pays considérés ²	7,3	3,8	34,7

Source: OECD (2000c).

¹ Suivant la définition du secteur retenue par l'OCDE sur la base de la classification CITI Rév. 3.

² Parmi les pays de l'UE, on a retenu ceux pour lesquels l'OCDE fournit des données pour les trois indicateurs (valeur ajoutée, emploi et R&D).

³ Pour ce qui est des données relatives à la valeur ajoutée et à l'emploi, le secteur producteur de TIC ne comprend pas la rubrique 5150 de la classification sectorielle CITI Rév. 3, intitulée "Commerce de gros de machines, équipements et fournitures".

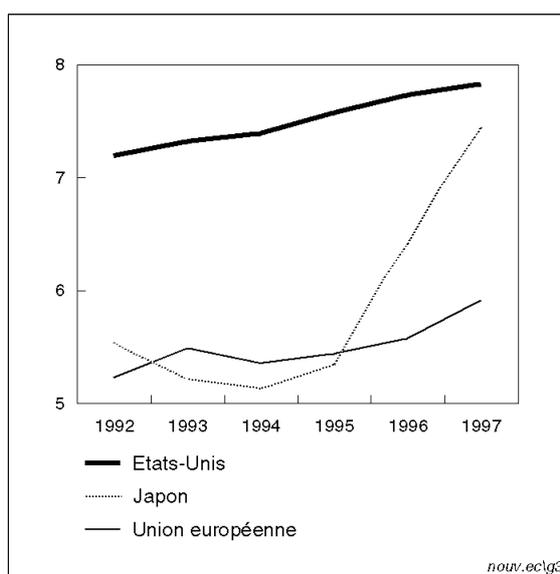
⁴ En ce compris la rubrique 5150 précitée de la classification CITI Rév. 3, pour ce qui est des données relatives à la valeur ajoutée et à l'emploi.

² Ceux pour lesquels l'OECD (2000c) fournit des données pour les trois indicateurs (valeur ajoutée, emploi et R&D).

Dans une optique "affectation" ou "demande" de la comptabilité nationale, le poids de ce secteur dans l'économie peut être estimé en mesurant l'intensité des TIC, laquelle peut être définie comme la part des dépenses consacrées aux biens et services des TIC dans le PIB. Celle-ci a quelque peu augmenté entre 1992 et 1997 dans les principales économies (Etats-Unis, Japon et Union européenne) et variait, cette dernière année, entre 5,9 et 7,8 p.c. du PIB selon la zone considérée (graphique 3). Ces chiffres sont donc nettement plus élevés que ceux susmentionnés obtenus en recourant à l'optique production, spécialement aux Etats-Unis. Cela peut être expliqué avant tout par les échanges internationaux³ et, en particulier, par l'importation massive de matériel informatique en provenance d'autres pays d'Asie.

Graphique 3 - Intensité¹ des TIC dans les principales économies

(pourcentages)



Source: OCDE (2000a).

¹ Rapport entre les dépenses dans les biens et services des TIC et le PIB.

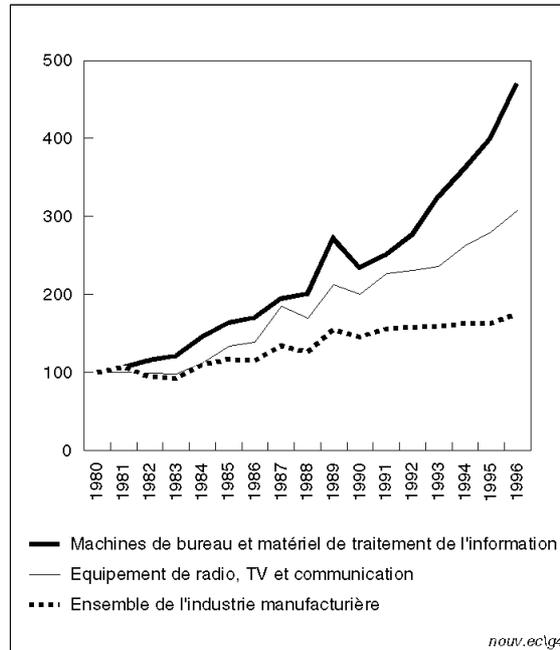
D'autres indicateurs rendent compte de la forte croissance des deux principales sous-catégories du secteur producteur des TIC (machines de bureau et matériel de traitement de l'information; équipements et composants électroniques). Ainsi, si l'on se réfère au nombre de brevets délivrés aux Etats-Unis (OCDE, 2000a), ceux relatifs à l'industrie concernant des machines de bureau et du matériel de traitement de l'information

³ Pour mémoire, aux Etats-Unis, les exportations nettes de biens et services des TIC accusaient un déficit de 35,8 milliards de dollars en 1998 (OECD, 2000c).

ont enregistré, au cours de la période 1980-1996, la croissance la plus rapide du secteur manufacturier, atteignant plus du triple de la moyenne de ce secteur (graphique 4).

Graphique 4 - Nombre de brevets délivrés par l'administration américaine¹ aux inventeurs des pays de l'OCDE

(indices 1980=100)



Source: OCDE (2000a).

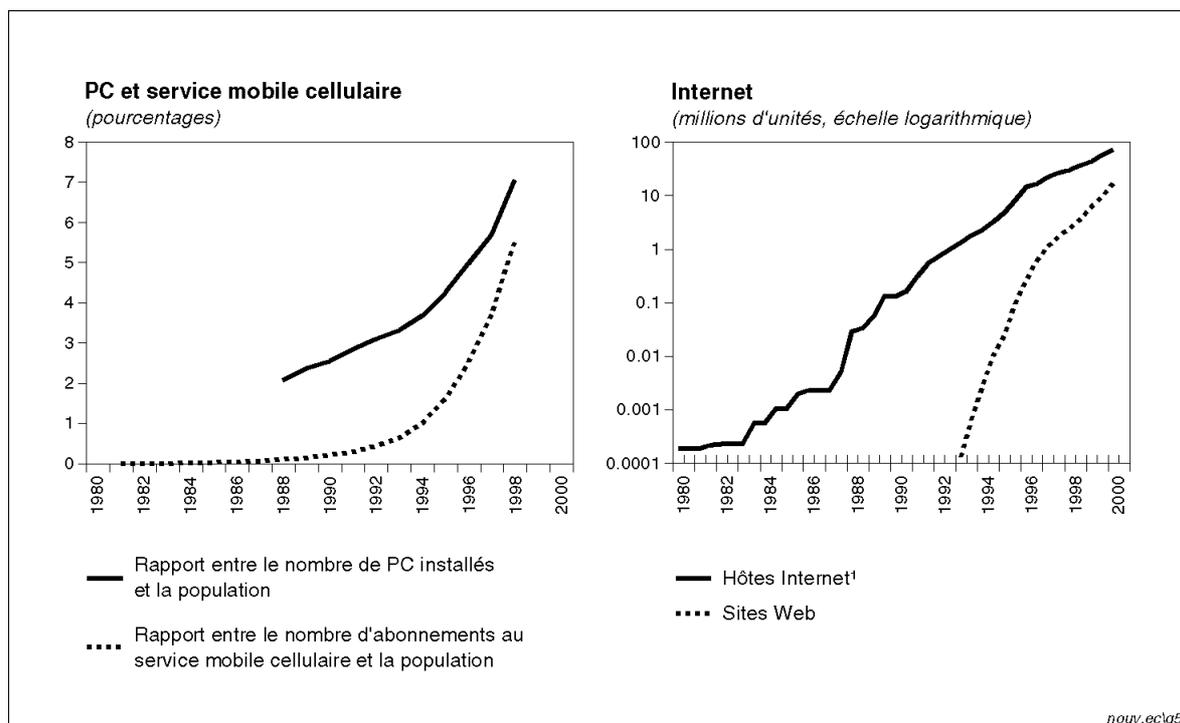
¹ United States Patent and Trademark Office (USPTO).

Bien que les brevets des industries des TIC ne constituent encore qu'une faible part du total des brevets du secteur manufacturier, leur importance a augmenté rapidement: en 1996, un quart des brevets industriels étaient relatifs aux deux sous-catégories précitées, contre seulement 13 p.c. en 1980. En outre, en 1997, les dépenses de R&D relatives au secteur des TIC représentaient 34,7 p.c. des dépenses de R&D du secteur privé dans l'ensemble des pays considérés au tableau 1.

1.5 Diffusion des TIC

Les produits des TIC sont de plus en plus répandus. En 1998, la BIRD dénombrait 7,1 ordinateurs personnels (PC) et 5,5 abonnements au service mobile cellulaire (GSM) pour 100 habitants dans le monde. La diffusion d'Internet croît également de façon exponentielle, comme en témoignent la progression du nombre d'hôtes Internet et de sites Web.

Graphique 5 - Diffusion des TIC au niveau mondial



Sources: BIRD, ISOC.

¹ Ordinateurs reliés à Internet et possédant leur propre adresse IP.

2 COMMENT LE DEVELOPPEMENT D'UN SECTEUR COMME CELUI DES TECHNOLOGIES DE L'INFORMATION ET DE LA COMMUNICATION PEUT-IL INFLUENCER LA PRODUCTIVITE ?

La question centrale dans la littérature consacrée à la "nouvelle économie" est celle de savoir si l'émergence d'un nouveau secteur - celui des technologies de l'information et de la communication (TIC) - peut augmenter durablement le niveau et/ou le rythme de croissance de la productivité.

Dans la présente section, de nature théorique, on passera tout d'abord en revue différents concepts de productivité ainsi que les déterminants immédiats de l'évolution de celle-ci. Ensuite, on tentera d'identifier les canaux par lesquels les TIC peuvent influencer la productivité et d'illustrer l'importance de la durabilité des chocs affectant celle-ci.

2.1 Productivité

Le concept de productivité du travail, définie comme le rapport entre la production et la quantité de travail, est trop étiqué pour permettre une analyse de l'impact des changements technologiques sur la productivité. L'évolution de la productivité du travail est en effet affectée par d'autres facteurs que la technologie, comme l'évolution de la quantité et de la qualité d'autres facteurs de production; ces derniers comprennent, dans l'acception la plus large, le capital⁴, l'énergie, les biens intermédiaires ou les services rendus par la consommation de biens durables.

Ainsi, il est possible de perfectionner le concept de productivité en y incluant non pas un mais plusieurs facteurs. Ce faisant, l'interprétation donnée aux évolutions de la productivité doit être adaptée.

D'une manière générique, la productivité peut dès lors être définie comme le rapport entre un indicateur de production et un indicateur des ressources consacrées à cette fin.

⁴ Le stock de capital est un stock dit "productif" ("productive stock") en ce sens qu'il mesure la capacité à générer des revenus d'un stock existant à une période donnée (Oliner et Sichel, 2000). Ce concept est à distinguer de celui de stock de richesse ("wealth stock") lequel mesure la valeur, au prix du marché, des actifs (Oliner et Sichel, 2000, op cit.). Dans un exercice de comptabilité de la croissance, le stock productif est la mesure appropriée, parce que l'intérêt des auteurs est d'évaluer pour chaque période la contribution, à la production, des ordinateurs et des autres actifs et non de déterminer leur valeur de marché (idem).

Sur le plan théorique, la méthode "primale"⁵ standard de la comptabilité de la croissance ("standard primal growth accounting"), introduite par Tinbergen (1942) et développée par Swan (1956) et Solow (1956 et 1957), vise entre autres à déterminer la productivité conjointe de plusieurs facteurs de production. Dans une représentation usuelle (équation 1), deux facteurs sont pris en compte dans la fonction de production (Y): le travail (L) et le capital (K).

$$Y = f (L, K) \quad (1)$$

Dans une fonction de production dite néoclassique (Barro and Sala-i-Martin, 1995), les rendements d'échelle sont constants en ce qui concerne l'ensemble des facteurs de production et les rendements, au sens formel de produits marginaux, sont positifs et décroissants pour chaque facteur pris isolément.

A cette configuration néoclassique, on peut ajouter un autre facteur de production, le niveau de la technologie (A) que Solow (1956 et 1957) considère comme exogène (équation 2). En outre, la progression de la technologie (ou progrès technique) est fréquemment supposée neutre: les inventions permettent de produire avec moins de capital et moins de travail et l'économie de facteurs est réalisée dans des proportions identiques pour chacun d'eux.

$$Y = f (A, L, K) \quad (2)$$

Une formulation possible de ce progrès technique neutre est donnée par Hicks (1932) et reprise à l'équation 3.

$$Y = A(t) f (L, K) \quad (3)$$

⁵ La méthode "primale" de répartition de la croissance de la production en diverses composantes, basée sur l'accumulation de *quantités* de facteurs (et sur le progrès technique exogène, lorsque celui-ci est inclus dans le modèle) se distingue de la méthode duale ("dual growth accounting") qui cherche à expliquer les variations de la productivité conjointe de plusieurs facteurs de production à partir des variations des *prix* des facteurs (Barro, 1998).

Le plus souvent, les analyses de comptabilité de la croissance reposent sur une fonction de production de type Cobb-Douglas où α et β sont les coefficients de pondération des facteurs travail et capital respectivement.

$$Y = A L^\alpha K^\beta \quad (4)$$

Cette fonction de production particulière satisfait aux propriétés néoclassiques rappelées ci-dessus. En particulier, les rendements d'échelle sont constants, ce qui implique que la somme des poids α et β est égale à l'unité de sorte que $\beta=1-\alpha$. La fonction de production peut dès lors être représentée par la relation 5.

$$Y = A L^\alpha K^{1-\alpha} \quad (5)$$

Cette relation peut être formulée en taux de variation. En outre, si on reprend l'hypothèse des modèles néoclassiques en concurrence parfaite selon laquelle la contribution des facteurs de production à la croissance est égale à la part de leur rémunération dans la valeur ajoutée, on obtient la relation 6 où les accents circonflexes symbolisent les taux de croissance. En pratique, la part du revenu du travail α est observable dans l'optique revenu de la comptabilité nationale. La part du revenu du capital $(1-\alpha)$ est estimée par solde.

$$\hat{Y} = \alpha \hat{L} + (1 - \alpha) \hat{K} + \hat{A} \quad (6)$$

En transformant la relation 6, on obtient une première estimation (\hat{A}) de la variation de la productivité totale des facteurs (PTF).

$$\hat{A} = \hat{Y} - \alpha \hat{L} - (1 - \alpha) \hat{K} \quad (7)$$

L'évolution de la PTF reflète la croissance de la production qui n'est pas expliquée par les évolutions de la quantité des facteurs (ici, le travail et le capital). \hat{A} comprend les effets de la composition des facteurs de production (travail qualifié ou non qualifié, capital à contenu élevé en technologie ou capital à faible contenu en technologie, ...), les économies d'échelle, les erreurs statistiques et autres, l'efficience au sens de l'habileté dans l'agencement des facteurs de production, ainsi que le progrès

technique non incorporé dans des biens de capital. Cette forme de progrès technique se diffuse dans l'économie par le biais d'externalités et permet de faire reculer les frontières des possibilités de production.

Si l'estimation de \hat{A} constitue un pas en avant dans l'analyse de la croissance effectuée comme ci-dessus, il n'en demeure pas moins qu'une bonne partie de cette dernière reste inexpliquée. C'est la raison pour laquelle divers auteurs, à la suite de Kendrick (1961), ont affiné leur évaluation de la PTF en améliorant leur mesure des facteurs de production. En effet, il s'agit de considérer non seulement la quantité de facteurs utilisés dans le processus de production mais également la qualité - ou la composition - de ceux-ci. La qualité du facteur travail s'est ainsi améliorée au fil du temps grâce, essentiellement, à la scolarisation accrue de la main-d'œuvre et au développement de systèmes de formation au sein des et en dehors des entreprises. Il en va de même pour le facteur capital. Une machine neuve et dotée de technologies de pointe installée aujourd'hui, est, en général, plus productive qu'une machine installée il y a dix ans et usée ou obsolète.

Après intégration des aspects qualitatifs des facteurs de production, on obtient la relation 8.

$$\hat{A}^* = \hat{Y} - \alpha \hat{L}^* - (1 - \alpha) \hat{K}^* \quad (8)$$

Les astérisques utilisés dans le membre de droite de l'équation symbolisent le recours à des indices composites pour les facteurs de production reprenant à la fois la quantité et la qualité de ceux-ci. Ainsi, le K^* représente davantage les services rendus par le stock de capital que la dotation en volume de ce facteur.

Les études empiriques, notamment celles effectuées pour un ensemble de pays, ont cependant montré que la valeur du résidu \hat{A}^* peut être élevée. En d'autres termes, une part significative de la croissance économique et des particularités de l'évolution de celle-ci dans certains pays, dont les Etats-Unis, reste inexpliquée. C'est pourquoi certains auteurs ont ajouté des variables explicatives supplémentaires, dans la mesure où elles sont significatives. Le mode d'estimation de la variation de la PTF peut dès lors être

explicité par la relation 9 où \hat{S} symbolise la contribution à la croissance d'un certain nombre d'influences supplémentaires (Maddison, 1987).

$$P\hat{T}F = \hat{Y} - \alpha \hat{L} * -(1 - \alpha) \hat{K} * -\hat{S} \quad (9)$$

Parmi ces influences supplémentaires, on distinguera des éléments cycliques, des éléments ad hoc et des éléments structurels (Maddison, 1987, op. cit.).

En effet, la PTF telle qu'estimée dans la relation 8 comporte une composante *cyclique*. Lors d'une phase de reprise conjoncturelle, l'emploi tend à augmenter, mais moins que la production, notamment parce que les employeurs hésitent à embaucher. A ce stade du cycle, la productivité du travail augmente donc de façon mécanique, sans que cette variation résulte entièrement d'une variation de l'intensité de capital ou d'une modification de la qualification de la main-d'œuvre. A l'inverse, la croissance de la productivité du travail et, partant, celle de la PTF ont tendance à diminuer en cas de repli conjoncturel. Pour tenir compte de ces effets cycliques, certains auteurs, dont Gordon (1999b et 2000b), recourent à une estimation de l'évolution tendancielle de la production et d'autres (Maddison, 1987, op. cit.) à des ajustements pour l'utilisation de la capacité de production et/ou pour des phénomènes de maintien et de démobilisation d'effectifs en surnombre.

Au rang des éléments *ad hoc* rencontrés dans la littérature (idem), on relèvera les chocs pétroliers et les découvertes de ressources naturelles.

Parmi les éléments *structurels*, on mentionnera les changements dans la structure sectorielle de l'économie. Ces derniers sont présentés à l'encadré 1 et seront examinés à la sous-section 3.2.3 de l'article.

Encadré 1 Changement de structure sectorielle et productivité

Un changement de structure économique, sous la forme d'un déplacement de main-d'œuvre d'un secteur à l'autre, peut affecter le niveau et l'évolution de la productivité de l'ensemble du pays. L'exemple numérique fictif suivant explicite cet argument.

A la période t , dans une économie donnée, une production globale de 100 unités est répartie entre deux secteurs à concurrence de 40 unités pour le secteur A et de 60 unités pour le secteur B. Les 100 unités de travail occupées sont réparties, quant à elles, à raison de 60 unités pour le secteur A et de 40 pour le secteur B. En conséquence, à la période t , la productivité de l'économie considérée dans son ensemble est égale à 1. En outre, elle est de $2/3$ dans le secteur A ($40/60$) et de $1,5$ dans le secteur B ($60/40$).

Agrégats	t			t + 1		
	Secteur A	Secteur B	Total	Secteur A	Secteur B	Total
Production	40	60	100	33,3	75	108,3
Travail	60	40	100	50	50	100
Productivité du travail	2/3	1,5	1	2/3	1,5	1,083

Des caractères *italiques et en gras* sont utilisés pour désigner les variables calculées par solde.

Supposons qu'il se produise, à la période suivante (t+1), un déplacement de main-d'œuvre de 10 unités du secteur le moins productif (A) vers le secteur le plus productif (B) de sorte que la force de travail se trouve également répartie entre les deux secteurs. A productivité inchangée dans chacun des deux secteurs, le déplacement de main-d'œuvre implique une production - moindre - de 33,3 unités dans le secteur A et une production - sensiblement supérieure - de 75 unités dans le secteur B. La production globale s'établit à 108,3 unités, soit une croissance de 8,3 p.c. par rapport à la période précédente. La productivité globale atteint 1,083, en hausse également de 8,3 p.c. par rapport à la période initiale, alors que chacun des éléments de la fonction de production, et notamment la productivité, sont restés inchangés dans chacun des deux secteurs.

Compte tenu de l'ensemble des influences décrites ci-avant, la PTF ainsi obtenue dans la relation 9 peut s'interpréter comme le résidu des influences non mesurées, en ce compris le progrès technique non incorporé et les erreurs statistiques et autres (Maddison, op. cit.).

La nature du résidu peut être très différente d'une étude empirique de comptabilité de la croissance à l'autre, et ce, en fonction des éléments dont il a été tenu compte dans l'analyse (idem). Ainsi, une étude qui isole, comme facteur de production, la composition du capital, permet d'imputer à ce facteur l'essentiel, sinon la totalité, du progrès technologique incorporé. Par contre, si la composition du capital n'est pas isolée, le progrès technologique incorporé apparaît dans le résidu; dans ce cas, la PTF peut être interprétée - abstraction faite du rôle joué éventuellement par les éléments cycliques, ad hoc et structurels, ainsi que des erreurs statistiques - comme une approximation du progrès technique, qu'il soit incorporé ou non.

Une limite des études empiriques de la comptabilité de la croissance est qu'elles reposent sur des éléments de causalité intermédiaires et non ultimes (Maddison, op. cit.; OECD, 2000d, p. 18). Ces études permettent de relier l'évolution de la production à celles des facteurs qui y ont concouru comme le travail ou le capital. Mais elles n'expliquent pas les éléments de politique ou de circonstances, nationaux ou internationaux, sous-jacents

aux évolutions des facteurs de production. Néanmoins, ces études permettent de progresser dans la recherche des explications ultimes.

2.2 Productivité et TIC

2.2.1 TIC et croissance

Les TIC peuvent influencer la croissance de la production de diverses manières. D'abord, l'investissement dans les TIC par les entreprises et la consommation des TIC dans le chef des ménages, ainsi que les services rendus à ceux-ci par les TIC, constituent des éléments contribuant à la croissance de la dépense globale dans l'économie et, donc, à celle du PIB. Cette analyse est à rapprocher de celle menée dans la section 1 en vue de mesurer l'intensité des TIC.

Ensuite, les TIC forment une part constitutive de la valeur ajoutée d'une économie donnée. Un indicateur-clé est la part des industries productrices de TIC dans le PIB. On peut en déduire une contribution de ce secteur à la croissance du PIB si l'on connaît les pourcentages de variation de la valeur ajoutée de ce secteur et de l'économie considérée dans son ensemble. Aussi, même si la part de ces entreprises dans la valeur ajoutée reste relativement faible, une forte croissance relative de ce secteur peut entraîner une contribution significative de ce secteur à la croissance économique globale. Cette approche est néanmoins partielle, puisqu'elle ne tient pas compte de l'utilisation des TIC comme facteur de production dans les autres secteurs de l'économie.

Les TIC peuvent aussi être perçues comme une composante du stock de capital et, à ce titre, elles influencent la croissance économique en tant que facteur de production. Dans la relation 8, on peut distinguer deux types de capital, celui relatif aux TIC (K_{TIC}), lequel comprend essentiellement les équipements informatiques et de communication ainsi que les logiciels, et tout autre élément constitutif du stock de capital (K_N).

Pour simplifier la lecture des relations, on négligera les astérisques dans la suite de la section 2. Les aspects de composition des facteurs sont néanmoins bien présents dans les valeurs des facteurs de production et, partant, absents du terme approchant la PTF, soit le terme \hat{A} à l'équation 10. Ce terme comprend donc l'efficience, les économies d'échelle et la technologie (progrès technique non incorporé), mais ni les effets de la

composition des facteurs travail et capital ni les influences supplémentaires regroupés dans le terme S de la relation 9.

On obtient ainsi la relation 10 où les s_i représentent les parts respectives des deux composantes du stock de capital dans le total de la valeur ajoutée au coût des facteurs suivant l'hypothèse néoclassique de rémunération de ces derniers à leur productivité marginale. En outre, les rendements sont toujours supposés constants de sorte que $s_{TIC} + s_N = 1 - \alpha$.

$$\hat{Y} = \alpha \hat{L} + s_{TIC} \hat{K}_{TIC} + s_N \hat{K}_N + \hat{A} \quad (10)$$

La contribution des TIC en tant que facteurs à la croissance économique est donnée par $s_{TIC} \hat{K}_{TIC}$, à savoir le pourcentage de variation du capital lié aux TIC pondéré par la part de ce facteur dans le revenu total.

Dans certaines études de comptabilité de la croissance (Jorgenson et Stiroh, 2000; Oliner et Sichel, 2000; ...), le capital en TIC peut être subdivisé en un certain nombre de composantes, dont les plus fréquemment rencontrées dans la littérature - et notamment dans les articles cités plus haut - sont le matériel informatique ou "hardware" (K_H), les logiciels ou "software" (K_S) et les équipements de (télé)communication (K_C).

La relation 11 reprend une formulation plus désagrégée de l'équation de comptabilité de la croissance⁶.

$$\hat{Y} = \alpha \hat{L} + s_H \hat{K}_H + s_S \hat{K}_S + s_C \hat{K}_C + s_N \hat{K}_N + \hat{A} \quad (11)$$

où $\alpha + s_H + s_S + s_C + s_N = \alpha + s_{TIC} + s_N = 1$,

s_H, s_S et s_C symbolisent les parts respectives des revenus des composantes du capital "matériel informatique", "logiciels" et "équipements de communication"

⁶ Dans la suite de la section, par souci de concision, on privilégie la formulation présentée à l'équation 10.

La part du revenu échéant au capital est répartie entre les composantes du stock de ce facteur (s_i) sur la base du calcul repris à l'équation 12 présentée dans l'encadré 2 (Oliner et Sichel, 2000).

Encadré 2 Mode de calcul de la part du revenu du capital échéant à chacune de ses composantes

Toutes les composantes du stock en capital sont rétribuées à la marge au même taux de rendement concurrentiel, net d'amortissement et des autres coûts liés à la détention de l'actif en question. Ceci résulte de l'hypothèse selon laquelle les entreprises maintiennent toujours leur stock de capital à (ou près de) leur niveau optimal de long terme.

Suivant la méthodologie du Bureau of Labour Statistics (BLS) aux Etats-Unis, la part du revenu du capital échéant à chacune de ses composantes est calculée à l'équation 12 comme le rapport entre le flux des revenus à prix courants générés par la composante i (par exemple les équipements de communication) du stock de capital et le revenu total également exprimé à prix courants. Le flux de revenus générés par la composante i est calculé comme le produit entre le stock de capital productif et un taux de rendement brut comprenant un taux de rendement net et deux indicateurs, l'un (δ) estimant la dépréciation physique du capital et l'autre (π) la perte de valeur économique de ce dernier, en d'autres mots, son obsolescence.

$$s_i = \{[r + \delta_i - \pi_i] p_i K_i\} T_i / pY \quad (12)$$

- où
- r : taux de rendement réel net ex post commun à toutes les composantes du stock de capital
 - δ_i : taux d'amortissement spécifique à la composante i du stock de capital
 - π_i : taux du gain en capital⁷ anticipé spécifique à la composante i du stock de capital
 - $p_i K_i$: valeur, à prix courants, de la composante i du stock de capital productif
 - T_i : ajustement fiscal spécifique à la composante i du stock de capital
 - pY : valeur ajoutée totale à prix courants

Enfin, les TIC constituent un facteur de production spécial, en ce sens qu'elles génèrent des bénéfices au-delà de ceux appropriés par les investisseurs et les détenteurs du capital (Schreyer, 2000). Ce surcroît de rémunération provient des externalités de réseau. Dans le cas de transactions commerciales entre entreprises sur Internet, par exemple, chaque nouvelle connexion profite non seulement à l'investisseur mais aussi à chacun des autres participants. Formellement, ces externalités positives, caractérisées par une différence négative entre le rendement de l'investissement privé et celui de l'économie dans son ensemble, sont symbolisées par l'ajout d'un paramètre θ dans l'équation 10. Cette représentation, développée par Schreyer (2000), est inspirée des

⁷ Le taux de gain en capital est calculé comme une moyenne mobile (sur trois ans dans l'étude d'Oliner et Sichel, 2000) des taux de variation du rapport entre le prix de la composante i (p_i) et le déflateur du PIB (p). Pour certaines composantes dont le prix relatif diminue, les ordinateurs par exemple, ce terme peut être négatif.

modèles de croissance à rendements croissants, en particulier ceux de Romer (1986) et de Lucas (1988) où $\alpha + s_{TIC} + s_N = 1$.

$$\hat{Y} = \alpha \hat{L} + s_{TIC} (1 + \theta) \hat{K}_{TIC} + s_N \hat{K}_N + \tilde{A} \quad (13)$$

Dans ce cas, la contribution des TIC, en tant que facteur de production, à la croissance économique est donnée par $s_{TIC} (1 + \theta) \hat{K}_{TIC}$. L'apport spécifique de l'externalité positive de réseau, représentée ici par $s_{TIC} \theta \hat{K}_{TIC}$, n'est pas directement observable. En outre, l'estimation (économétrique) de ces termes est particulièrement ardue. C'est pourquoi on estime généralement l'effet de cette externalité, que l'on peut interpréter également comme le progrès technique non incorporé, par le biais d'une estimation plus large de la PTF (voir ci-après à la sous-section 2.2.2). Le coefficient \tilde{A} se distingue du terme \hat{A} utilisé à l'équation 10 en ce qu'il n'intègre plus les externalités de réseau.

2.2.2 TIC et croissance de la productivité

Les canaux de transmission entre les TIC et la productivité découlent directement des approches permettant d'estimer la contribution, à la croissance, des TIC en tant que facteur de production développées à la sous-section précédente. Ainsi, si on soustrait \hat{L} dans les deux membres de l'équation 13, on obtient, après permutations, la relation 14.

$$\hat{Y} - \hat{L} = s_{TIC} (\hat{K}_{TIC} - \hat{L}) + s_N (\hat{K}_N - \hat{L}) + s_{TIC} \theta \hat{K}_{TIC} + \tilde{A} \quad (14)$$

La productivité (apparente) du travail varie en fonction de quatre⁸ éléments: l'intensité en capital des TIC, l'intensité dans les autres formes de capital, les externalités de réseau (progrès technologique non incorporé) et le terme \tilde{A} tel que défini à l'équation 13.

⁸ Comme évoqué supra, les facteurs de production repris dans l'équation comportent à la fois les volets qualité et quantité. Il est toutefois possible d'isoler ces deux composantes de sorte que la qualité du travail, par exemple, intervienne directement comme variable explicative de l'évolution de la productivité.

Les relations 13 et 14 peuvent être réécrites de manière à isoler un proxy de productivité totale des facteurs $\left(P \hat{T} F \right)$:

$$P \hat{T} F = \hat{Y} - \alpha \hat{L} - s_{TIC} \hat{K}_{TIC} - s_N \hat{K}_N \quad (15a)$$

$$= (\hat{Y} - \hat{L}) - s_{TIC} (\hat{K}_{TIC} - \hat{L}) - s_N (\hat{K}_N - \hat{L}) \quad (15b)$$

$$= s_{TIC} \theta \hat{K}_{TIC} + \hat{A} \quad (15c)$$

En présence d'externalités de réseau, la variation de la productivité totale des facteurs $\left(P \hat{T} F \right)$ est calculée comme la part de la variation de la production non expliquée par les évolutions conjointes des facteurs travail et capital, rémunérés à leur productivité marginale. Elle peut aussi s'interpréter comme la part de l'évolution de la productivité du travail qui n'est expliquée ni par la qualité du travail ni par les modifications dans l'intensité capitaliste. Elle capture à la fois les externalités générées par les TIC $(s_{TIC} \theta \hat{K}_{TIC})$ et le progrès technique exogène (\hat{A}) .

Ce dernier terme inclut les gains de productivité (totale des facteurs) dans le secteur producteur de TIC lui-même. Dans la relation 16, on isole ceux-ci $\left(P \hat{T} F_{TIC} \right)$ de manière à exprimer la variation de la PTF résiduelle $\left(P \hat{T} F' \right)$, c'est-à-dire celle observée dans les secteurs non producteurs de TIC, lesquels représentent plus de 90 p.c. de la valeur ajoutée dans la plupart des pays. L'évolution de la PTF résiduelle permet en effet de donner une idée de la diffusion du progrès technique dans les secteurs utilisateurs de TIC.

$$P \hat{T} F' = \hat{Y} - \alpha \hat{L} - s_{TIC} \hat{K}_{TIC} - s_N \hat{K}_N - P \hat{T} F_{TIC} \quad (16a)$$

$$= (\hat{Y} - \hat{L}) - s_{TIC} (\hat{K}_{TIC} - \hat{L}) - s_N (\hat{K}_N - \hat{L}) - P \hat{T} F_{TIC} \quad (16b)$$

$$= s_{TIC} \theta \hat{K}_{TIC} + \left(\hat{A} - P \hat{T} F_{TIC} \right) \quad (16c)$$

De manière alternative, la relation 16b permet de décomposer l'évolution de la productivité du travail comme suit:

$$\hat{Y} - \hat{L} = s_{TIC} \left(\hat{K}_{TIC} - \hat{L} \right) + s_N \left(\hat{K}_N - \hat{L} \right) + P\hat{T}F_{TIC} + P\hat{T}F' \quad (17)$$

En conséquence, les TIC peuvent influencer la productivité du travail par le biais de trois canaux de transmissions:

- l'intensité en capital des TIC: $s_{TIC} \left(\hat{K}_{TIC} - \hat{L} \right)$
- la productivité totale des facteurs dans le secteur producteur de TIC: $P\hat{T}F_{TIC}$
- la productivité totale des facteurs dans les secteurs utilisateurs de TIC: $P\hat{T}F'$, terme comprenant $s_{TIC} \theta \hat{K}_{TIC}$.

La distinction opérée entre ces canaux de transmission revêt la plus grande importance pour les économistes. Aux yeux des ingénieurs, les technologies de l'information se répandent rapidement, remplacent de plus en plus d'autres facteurs de production et apportent une large contribution à la croissance. Une révolution technologique est bien en cours. Néanmoins, pour l'économiste, révolution technologique n'est pas synonyme de progrès technique. En effet, dans les théories de la croissance développées par Solow (1957), le progrès technique représente un *déplacement de la frontière de production* tandis que le renforcement de l'intensité en capital des TIC, c'est-à-dire la substitution de ce type de capital à des facteurs tels le travail ou d'autres formes de capital, peut être schématisé comme un *déplacement le long de la frontière de production* (Jorgenson et Stiroh, 1999). Les différences entre le premier canal de transmission précité et les deux suivants se situent tant au niveau des causes que des conséquences économiques.

La *substitution* de facteurs plus intensifs en capital des TIC à des facteurs moins intensifs dans ces technologies résulte de l'évolution des prix relatifs de ces types de facteurs. En particulier, la baisse des prix du matériel informatique à qualité constante par rapport aux salaires ou au prix d'utilisation d'autres biens en capital a été un des moteurs de l'informatisation croissante des procédés de production. La substitution de facteurs implique que, toutes autres choses égales par ailleurs et notamment le prix de vente des biens produits dans les entreprises utilisatrices des biens des TIC, les bénéfices retirés de

l'informatisation sont entièrement appropriés par les entreprises productrices et utilisatrices de TIC qui peuvent être considérées comme facteurs dans une fonction de production. Le gain des entreprises productrices de TIC consiste en une hausse de la demande qui leur est adressée et, partant, de leur chiffre d'affaires; celui des entreprises utilisatrices de TIC en une réduction de leur coût de production et, donc, en une rentabilité accrue. En particulier, si les prix de vente des biens et services produits dans les entreprises utilisatrices de TIC restent inchangés, la marge bénéficiaire s'accroît. Dans le cas d'un effet de substitution, des incitants adéquats à l'investissement sont fournis par les prix. Ceux-ci font office de signaux et s'ajustent de manière à équilibrer offre et demande d'équipements en TIC.

Le *progrès technique*, quant à lui, n'est pas expliqué par l'évolution des prix relatifs des biens des TIC; il l'explique, par contre, en partie. Il permet la réalisation d'un volume plus important de production à partir des mêmes facteurs. En conséquence, une partie des bénéfices du processus de production revient à des tiers. In casu, une partie du rendement lié à l'informatisation des procédés de production est capturée par d'autres acteurs privés qui n'ont ni entrepris ces investissements ni restructuré leur activité. On pense, en particulier, aux entreprises - et aux ménages si l'on déborde du cadre d'une fonction de production - qui se situent en aval des entreprises utilisatrices de TIC dans le processus de production et qui bénéficient d'une offre accrue émanant de ces entreprises utilisatrices. En raison de cette externalité, les signaux fournis par les prix peuvent ne pas inciter les acteurs privés à entreprendre le montant optimal d'investissement dans les TIC.

Au sein de la variation de la PTF, on isole le progrès technique dans le secteur producteur de TIC ($\hat{P}TF_{TIC}$) et on obtient, par solde, la variation de la PTF résiduelle ($\hat{P}TF'$). Celle-ci comprend le troisième canal de transmission entre TIC et productivité du travail, à savoir le progrès technique dans les secteurs utilisateurs de TIC, lequel se diffuse largement dans l'économie sous la forme d'un progrès technique non incorporé dans les biens des TIC tout en étant associé aux TIC - on pense par exemple aux gains d'efficacité liés à une fluidité et une transparence accrues de l'information, à l'amélioration de l'organisation de la production, ... - et est symbolisé par les externalités de réseau $S_{TIC} \theta \hat{K}_{TIC}$.

Une différence essentielle existe entre les deux premiers canaux de transmission précités et le troisième: l'effet de substitution et les gains de PTF réalisés dans la

production des TIC sont liés directement aux évolutions internes au secteur des TIC tandis que les gains de PTF réalisés dans l'utilisation des TIC sont associés à la diffusion des TIC au sein de l'ensemble de l'économie. D'une part, les performances accrues du matériel informatique sont directement comptabilisées comme gains de PTF réalisés dans la production de TIC et les baisses de prix relatifs qu'elles induisent sont le moteur de la substitution de ce type de matériel à d'autres facteurs de production dont le travail. D'autre part, les gains de PTF dans les secteurs utilisateurs des TIC sont moins associés à l'achat du matériel des TIC qu'aux bénéfices que ces secteurs peuvent tirer des biens et services des TIC sous la forme de gains d'efficacité dans leur propre production. Comme on l'a évoqué à la section 3, l'évaluation de l'apport des TIC à la productivité et celle de la soutenabilité d'une éventuelle hausse de la productivité dépendent largement de la plus ou moins grande diffusion des TIC dans l'ensemble de l'économie.

Une des critiques formulées à l'encontre de l'approche de Solow (1957), entre autres, par Hornstein et Krusell (2000) est celle de son unidimensionnalité. L'approche de Solow donne une idée de la productivité d'un ensemble de facteurs de production au cours d'une période donnée par rapport à des périodes précédentes, pour des quantités de facteurs observées, mais elle ne permet pas d'analyser ce qui se serait passé si les quantités de facteurs avaient été différentes et ne prend pas en considération les interactions entre le progrès technique et les différents facteurs. Or, dans la réalité, le progrès technique peut passer par l'acquisition et l'accumulation de facteurs de production, par exemple de nouveaux biens d'équipement. En outre, au cours des révolutions technologiques, de grandes différences de productivité peuvent apparaître entre les différents facteurs.

En conséquence, des mesures multidimensionnelles de la productivité ont été introduites. Parmi celles-ci, on mentionnera la productivité spécifique à un facteur ("specific-factor productivity"), dont un cas d'application récent dans la littérature concernant les conséquences macroéconomiques de l'émergence des TIC, est la mesure du progrès technique lié à l'investissement. On reviendra sur ce cas d'application dans la section 4. Pour l'heure, sur le plan théorique, il importe de noter que, dans le cadre d'une approche multidimensionnelle⁹ de la productivité, l'accumulation du capital peut affecter la PTF mesurée.

⁹ Cette approche comporte, elle-même, des lacunes dont certaines sont évoquées par Hornstein et Krusell (2000, op. cit.). En outre, les principales études empiriques sont effectuées suivant le cadre de référence de la comptabilité de la croissance. C'est pourquoi les analyses présentées dans la section 3 s'inscrivent dans ce cadre de référence.

2.2.3 Durabilité d'un choc de productivité

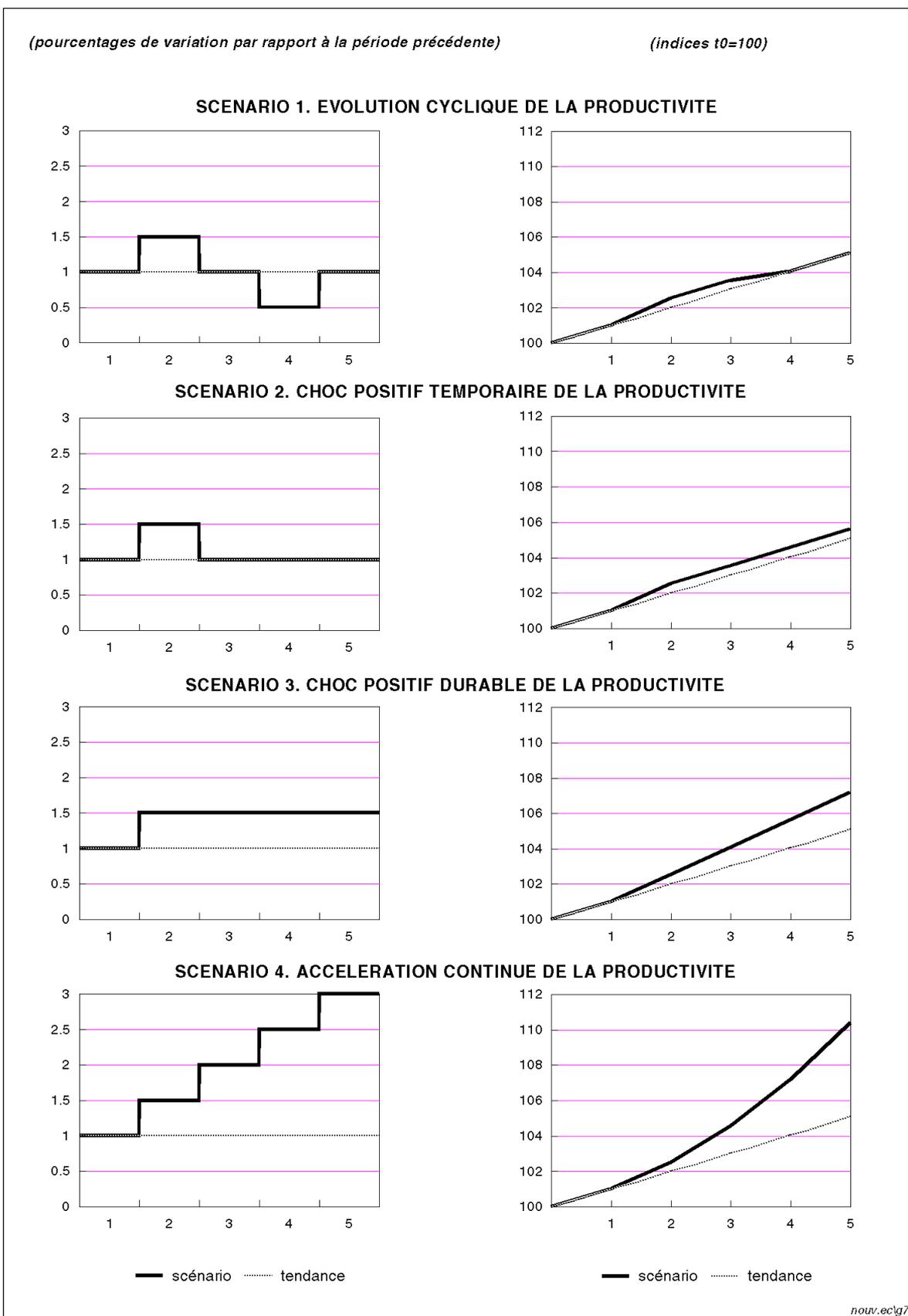
A supposer qu'un choc de productivité, induit par l'essor des TIC, soit en cours, la question qui préoccupe les économistes et les responsables politiques est celle de la durabilité du choc et de ses effets positifs sur le niveau de productivité et, partant, de bien-être.

Le graphique 6 esquisse quatre scénarios d'évolution de la productivité et les compare avec une progression tendancielle de la productivité (totale des facteurs) de 1 p.c. chaque année. Pour chacun des scénarios, on reprend, dans le quadrant figurant dans la colonne de gauche, les hypothèses de croissance de la productivité pour les cinq périodes considérées et, dans le quadrant figurant dans la colonne de droite, le niveau de productivité qui en résulte à la fin de chaque période, ce niveau étant exprimé en indices en base 100 à l'origine. Pour chacun des scénarios, au cours de la période 1, la croissance de la productivité est égale à celle observée tendanciellement, soit 1 p.c. A la période suivante, on suppose une croissance plus élevée de la productivité, à savoir 1,5 p.c. Les scénarios diffèrent seulement pour les périodes 3 à 5 et sont classés par ordre croissant d'optimisme quant à l'évolution future de la productivité. Les chiffres repris sont fictifs.

Le scénario 1 illustre une évolution cyclique de la productivité: la croissance plus élevée observée au cours de la période 2 correspond à une période de haute conjoncture et, donc, elle ne se maintient pas. On suppose, ainsi, que la croissance de la productivité revient à 1 p.c. à la période 3, qu'elle redescend à 0,5 p.c. à la période 4, laquelle peut être considérée comme une période de basse conjoncture, et qu'elle remonte à 1 p.c. au cours de la période 5. Une évolution cyclique de la productivité implique, par conséquent, que le relèvement du rythme de croissance observé au cours de la période de haute conjoncture, par rapport à la tendance, n'est que temporaire.

Dans le scénario 2, on suppose également que le choc positif de productivité n'est que temporaire et que le taux de croissance de la productivité revient à sa valeur tendancielle, soit 1 p.c., dès la troisième période. Mais, à la différence du scénario 1, il s'y maintient par la suite et il en résulte que le niveau de la productivité demeure plus élevé que celui qui aurait été atteint en l'absence de choc temporaire.

Graphique 6 - Evolution du niveau de la productivité dans divers scénarios de croissance de la productivité



Dans le scénario 3, on suppose que la productivité augmente à un rythme plus élevé que la tendance tout au long des périodes 2 à 5. Le taux de croissance de la productivité reste de 1,5 p.c. Il s'en suit que la productivité est portée à un niveau toujours plus élevé par rapport à la tendance. Ainsi, à la fin de la cinquième période, la productivité atteint un niveau de 107,2 contre 105,1 en l'absence de choc.

Enfin, le scénario 4 illustre le cas d'une accélération continue de 0,5 p.c. du rythme de croissance annuel de la productivité. Ainsi, celui-ci passe à 2 p.c. au cours de la période 3, 2,5 p.c. au cours de la période 4 et ainsi de suite. Dans ce cas, la productivité suit une évolution exponentielle particulièrement marquée. Un tel scénario est implicite dans le raisonnement de certaines analystes et le comportement de certains spéculateurs, lors de la flambée, il y a un an, des cours boursiers des sociétés emblématiques du secteur producteur de TIC. Il est de toute évidence irréaliste.

La question qui se pose aujourd'hui est de savoir si l'on se situe dans les scénarios 1, 2 ou 3. Si l'on constate aujourd'hui une accélération du rythme de croissance de la productivité, cette tendance peut-elle se maintenir dans le temps et, dans l'affirmative, combien de temps ? Ces exemples numériques montrent que la nature du scénario auquel on est confronté a des répercussions fort différentes sur le niveau de productivité et, partant, de prospérité que l'on est en droit d'attendre pour l'avenir.

3 VALIDATION EMPIRIQUE DE LA NOUVELLE ECONOMIE AUX ETATS-UNIS

Existe-t-il une nouvelle économie, au sens où le développement des TIC constitue un choc positif durable de la productivité ? Les canaux de transmission possibles ayant été décrits, la présente section vise à apporter des éléments de réponse à cette question dans le cas des Etats-Unis, en comparant les résultats des principales études de comptabilité de la croissance relatives à ce pays. Dans une première sous-section, on explique le choix des Etats-Unis à la lumière à la fois de l'avance observée dans la production, la diffusion et l'utilisation de ces technologies ainsi que des performances macroéconomiques récentes, considérées par d'aucuns comme atypiques pour une économie évoluant non loin de la frontière de production.

3.1 Un champ d'investigation privilégié: les Etats-Unis

3.1.1 L'avance américaine dans les TIC

a) Indicateurs sectoriels

Entre 1981 et le milieu des années nonante, la part occupée par le secteur producteur de TIC dans la valeur ajoutée intérieure a constamment été plus importante aux Etats-Unis que dans les autres pays développés considérés dans le graphique 2. Il n'en va pas de même pour ce qui est de la part de l'emploi total occupée dans la production de TIC. Il en résulte que la productivité relative dans le secteur producteur de TIC est plus élevée aux Etats-Unis.

Le tableau 1, dont la logique a été présentée dès la section 1, confirme la part plus importante du secteur producteur de TIC aux Etats-Unis, du moins en ce qui concerne la valeur ajoutée: en 1997, ce secteur représentait 8,7 p.c. de la valeur ajoutée du secteur privé dans ce pays contre 5,8 p.c. au Japon et dans la zone euro¹⁰.

¹⁰ De manière générale, dans l'article, la zone euro est définie à partir des onze pays participant à l'UEM depuis le 1er janvier 1999. Néanmoins, pour des raisons de collecte statistique, on retiendra parfois douze pays (en incluant la Grèce) ou moins de pays comme c'est le cas pour le tableau 1.

Tableau 2 - Répartition géographique de la production des biens du secteur des TIC en 1997

(parts en pour cent)

Zones	Traitement électronique de données	Machines de bureau	Radiocommunication (y compris mobiles) et radars	Télécommunications	Audio et vidéo grand public	Composants	Total TIC
Etats-Unis	28,7	29,4	45,8	35,2	9,3	27,5	30,0
Japon	23,6	36,2	15,3	21,2	27,0	29,3	24,5
Union européenne ¹	18,6	22,0	27,2	27,5	17,1	13,9	19,3
Total zone euro ¹	13,2	17,1	16,8	21,9	12,5	10,4	13,8
dont: Allemagne	2,9	5,3	4,0	6,5	3,4	3,9	3,9
France	2,5	3,0	7,8	4,6	2,7	2,4	3,5
Italie	2,0	1,7	1,6	3,5	0,9	1,4	1,8
Espagne	0,5	0,4	0,2	2,5	1,8	0,4	0,8
Pays-Bas	1,2	5,6	0,6	0,7	0,3	0,7	0,9
Belgique	0,7	0,5	0,4	0,9	1,1	0,3	0,6
Total hors zone euro	5,5	4,8	10,4	5,6	4,7	3,5	5,5
dont: Royaume-Uni	5,3	4,4	6,0	2,8	4,3	2,7	4,2
Autres pays considérés ²	29,1	12,5	11,6	16,1	46,6	29,3	26,2
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Source : OCDE (2000a).

¹ A l'exception du Luxembourg.

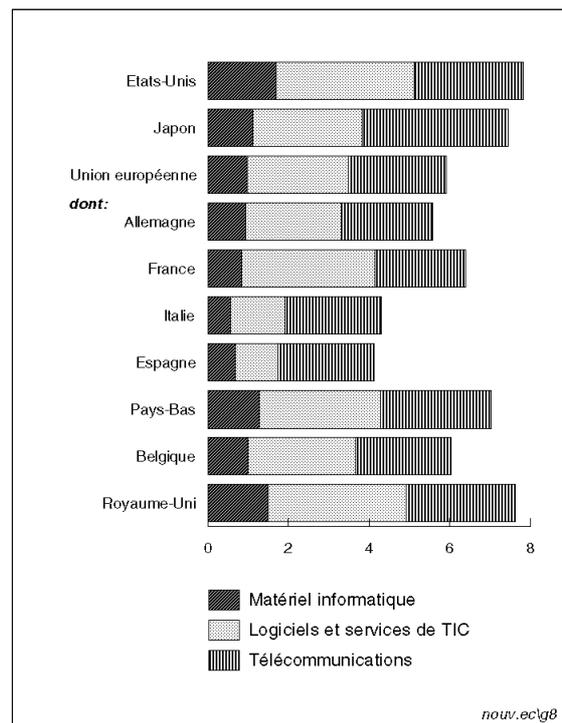
² En dehors des Etats-Unis, du Japon et des pays de l'UE (à l'exception du Luxembourg), les pays considérés sont le Canada, la Corée, l'Australie, la Norvège, la Suisse, Hong-Kong, la Malaisie, Singapour, Taïwan, la Thaïlande, l'Inde, l'Indonésie, les Philippines, le Brésil, Israël et l'Afrique du Sud.

Toujours en 1997, par rapport aux principaux pays développés considérés au tableau 2, l'avance américaine était la plus importante pour ce qui concerne la radiocommunication et les radars. Les Etats-Unis étaient également spécialisés dans la production des télécommunications. Ils étaient, par contre, peu spécialisés dans la production de matériel audio et vidéo grand public.

A la même date, les Etats-Unis dominaient aussi les autres principaux pays développés en ce qui concerne l'intensité des TIC: les dépenses consacrées aux biens des TIC représentaient une part du PIB plus importante aux Etats-Unis qu'ailleurs (graphique 7). Cette avance américaine était la plus nette dans les sous-secteurs des technologies de l'information (TI), à savoir le matériel informatique et les logiciels et services de TI.

Graphique 7 - Intensité¹ des TIC: décomposition en trois sous-catégories sectorielles en 1997

(pourcentages)



Source: OCDE (2000a).

¹ Rapport entre les dépenses dans les biens et services des TIC et le PIB.

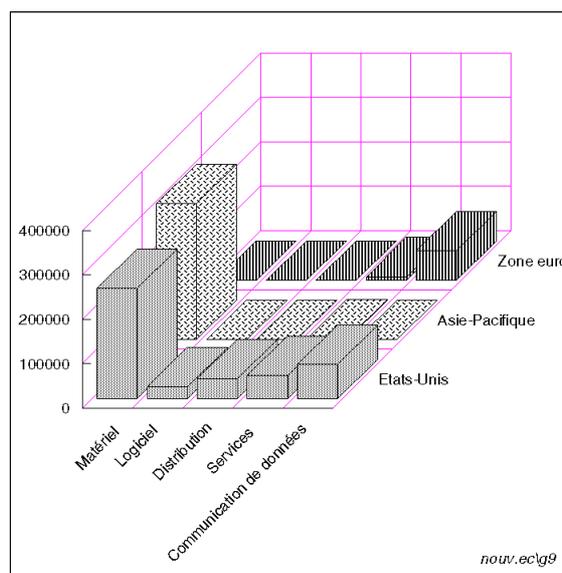
b) *Indicateurs microéconomiques*

Sur le plan microéconomique, la domination des entreprises américaines de TIC était écrasante en 1998 (dernières données publiées dans OCDE, 2000a).

Sur les cinquante plus grandes entreprises du secteur des TI 36 avaient leur siège social aux Etats-Unis. Parmi les entreprises restantes, quatre avaient leur siège dans la zone euro, 9 au Japon et 1 à Taiwan. En nombre et en chiffre d'affaires, les entreprises américaines dominaient leurs homologues des autres principales économies dans tous les segments considérés (logiciel, distribution, services et communication des données) à l'exception du segment du matériel où les entreprises asiatiques, principalement japonaises, conservent le leadership (graphique 8).

Graphique 8 - Chiffre d'affaires des 50 premières entreprises du secteur producteur de technologies de l'information par segment et par localisation du siège en 1998

(milliards de dollars des Etats-Unis)



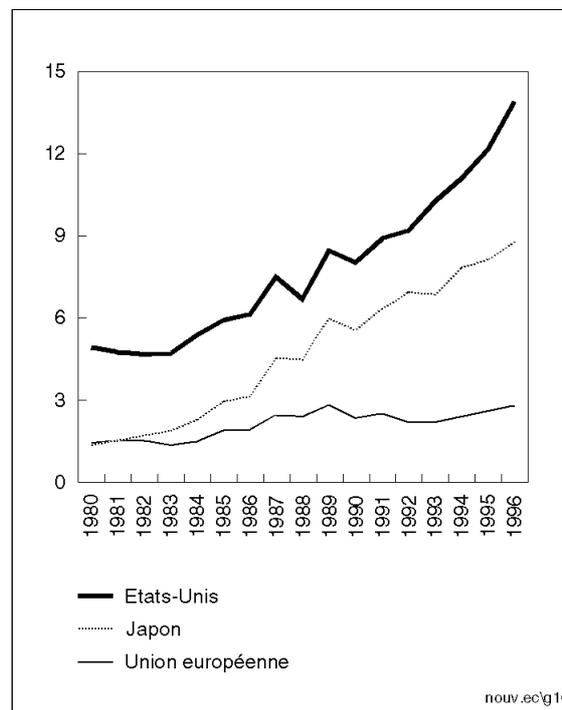
Source: OCDE (2000a).

L'avance américaine est également visible au niveau de la recherche (OCDE, 2000c). Ainsi, les Etats-Unis occupaient en 1996 (dernière année pour laquelle des données ont été obtenues) la première place pour ce qui est du nombre de brevets délivrés par l'administration américaine USPTO concernant des inventions relatives aux TI (graphique 9). Ce pays devançait le Japon et, plus nettement encore, l'Union européenne dont la part dans les trois principales économies a reculé de 19,5 p.c. en 1981 à 11,1 p.c.

en 1996. La part du Japon a, quant à elle, d'abord progressé constamment, passant de 17,5 p.c. en 1980 à 37,9 p.c. en 1992 avant de fléchir quelque peu en fin de période, en raison de la forte croissance des inventions réalisées par des Américains. Elle s'élevait encore à 34,5 p.c. en 1996. En conséquence, la part des Etats-Unis a d'abord diminué, de 63,9 p.c. en 1980 à 49 p.c. en 1989, avant de remonter à 54,5 p.c. en 1996.

Graphique 9 - Brevets dans le secteur des technologies de l'information délivrés par l'administration américaine¹ aux inventeurs des principales économies

(milliers)



Source: OCDE.

¹ United States Patent and Trademark Office (USPTO).

En 1997, les Etats-Unis accaparaient 57,2 p.c. des dépenses de R&D effectuées dans le secteur producteur de TIC au sein des trois principales économies définies au tableau 1. Pour mémoire, au sein du même ensemble de pays, les Etats-Unis ne prenaient à leur compte que 55,2 p.c. de la valeur ajoutée et 42,2 p.c. de l'emploi de ce secteur.

c) Indicateurs de diffusion

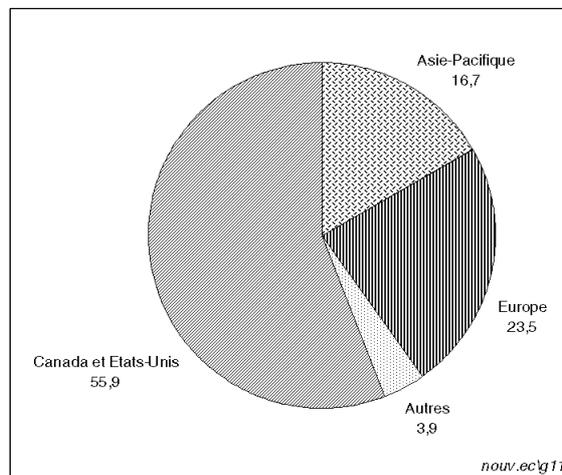
Enfin, les Etats-Unis se positionnent avantageusement, par rapport aux pays industrialisés considérés, dans la diffusion des TIC à travers leur économie (tableau 3).

En 1998, les PC installés couvraient près de la moitié de la population américaine contre à peine un quart de la population au Japon ainsi que dans la zone euro. Par contre, la part des abonnés au service mobile cellulaire dans la population totale était, en juin 1999, aux Etats-Unis (28,3 p.c.), un peu moins élevée que dans la zone euro (29,2 p.c.) et nettement moins élevée qu'au Japon (39,6 p.c.).

La suprématie américaine est, en revanche, incontestable dans le domaine de l'Internet. Les Etats-Unis, où ont été réalisées toutes les principales inventions de l'ère informatique, ont aussi été les précurseurs de l'Internet. C'est donc sans surprise que l'on trouve aux Etats-Unis les taux de pénétration les plus élevés dans la population totale en ce qui concerne les indicateurs de référence de diffusion de l'Internet que sont le nombre d'utilisateurs, le nombre d'hôtes Internet et le nombre de serveurs sécurisés. Le graphique 10 confirme l'avance américaine, puisque plus de la moitié des 201 millions d'utilisateurs d'Internet recensés en septembre 1999 résidaient au Canada ou aux Etats-Unis.

Graphique 10 - Ventilation par région du nombre mondial d'utilisateurs¹ d'Internet en septembre 1999

(parts en pour cent)



Source: OCDE (2000a).

¹ On entend par utilisateur les adultes et enfants qui ont eu accès à Internet au moins une fois au cours des trois derniers mois.

Tableau 3 - Diffusion des TIC dans un certain nombre de pays de référence

(parts en pour cent, dernière date disponible)

	Etats-Unis	Japon	Zone euro	Allemagne	France	Italie	Espagne	Pays-Bas	Belgique	Royaume-Uni
<i>Indicateurs agrégés¹</i>										
- Base installée de PC ²	45,9	23,7	22,9	30,5	20,8	17,3	14,5	31,8	28,6	26,3
- Nombre d'abonnés au service mobile cellulaire ³	28,3	39,6	29,2	21,2	24,3	42,8	27,2	32,0	21,5	28,9
- Nombre d'utilisateurs de l'Internet ²	28,3	n.d.	6,6 ⁴	8,6	4,7	3,7	5,0	12,5	7,7	13,7
- Nombre d'hôtes de l'Internet ²	9,7	1,1	1,2	1,4	0,7	0,6	0,6	3,3	1,5	1,5 ⁵
<i>Diffusion au sein des entreprises</i>										
- Nombre de PC pour 100 travailleurs non manuels ⁶	82	n.d.	45 ⁴	59	44	28	30	55	34	34

Sources: OCDE (2000a), BIRD, calculs BNB.

¹ Pour 100 habitants.

² 1998.

³ Juin 1999.

⁴ Hors Luxembourg.

⁵ 1997.

⁶ Fin 1997, secteur des entreprises et secteur public.

Le matériel des TIC et les technologies-phares de l'Internet sont également plus présents dans les entreprises américaines que dans les entreprises japonaises ou européennes (tableau 3). Fin 1997, on trouvait aux Etats-Unis 82 PC pour 100 travailleurs non manuels. Dans la zone euro, le chiffre équivalent n'était que de 45 PC. Enfin, les Etats-Unis disposent d'une légère avance en ce qui concerne le pourcentage d'employés utilisant les technologies habilitantes du commerce électronique, à savoir les sites Web, l'échange de données (EDI) ou le courrier électronique externe.

3.1.2 Performances macroéconomiques récentes des principales économies

Les Etats-Unis se distinguent aussi des autres principales économies (zone euro et Japon, notamment) par leurs performances macroéconomiques (tableau 4). En 2000, la croissance économique américaine a été nettement plus vigoureuse que celle observée dans les deux autres économies considérées. Simultanément, le taux d'emploi des Etats-Unis a été quelque peu plus élevé que celui du Japon et bien plus élevé que celui de la zone euro. A l'inverse, le taux de chômage américain était le plus faible des trois régions. Ces performances de croissance et d'emploi ont, surtout, été réalisées sans engendrer d'inflation significative.

Tableau 4 - Performances macro-économiques des trois principales économies en 2000¹

	Etats-Unis	Zone euro ²	Japon
	(pourcentages de variation par rapport à l'année précédente)		
PIB à prix constants	5,2	3,5	1,9
Déflateur de la consommation privée	2,5	2,2	-0,5
	(pourcentages de la population active civile)		
Chômage ³	4,2	10,0	4,7
	(pourcentages de la population en âge de travailler)		
Emploi ⁴	75,5	61,0	74,5
	(pourcentages du PIB)		
Solde de la balance courante	-4,3	...	2,8
Besoin net (-) ou capacité nette de financement	2,3	0,3	-6,0

Source: OCDE (2000d).

¹ 1999 pour le chômage.

² En ce compris la Grèce sauf pour le taux d'emploi.

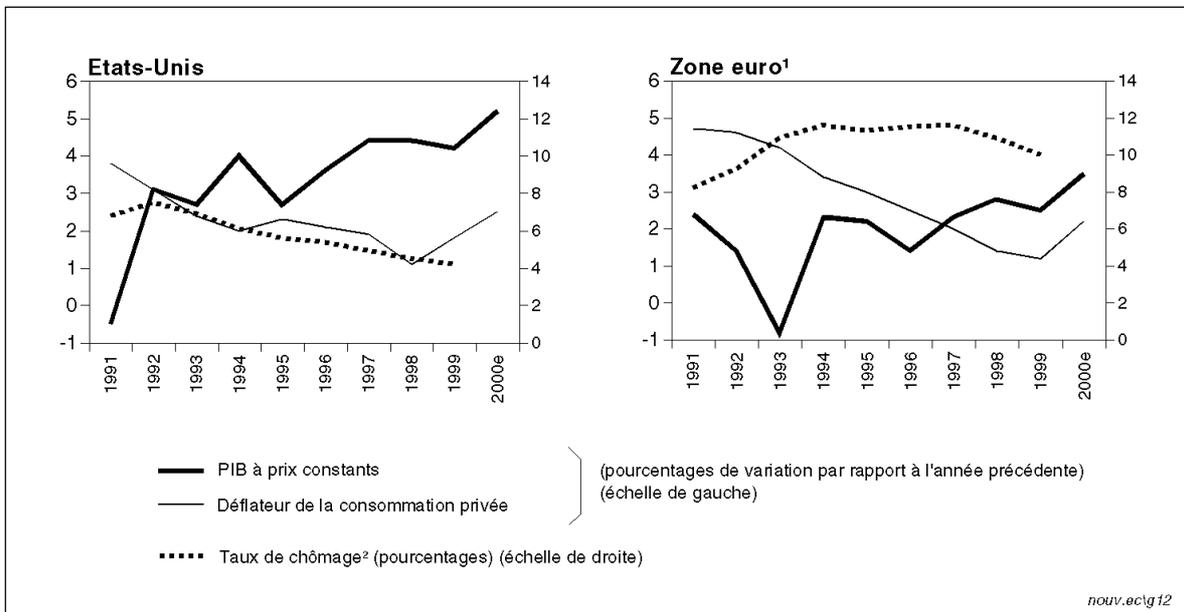
³ Données standardisées.

⁴ OCDE (2000b).

En outre, compte tenu de la capacité nette de financement dégagée par les pouvoirs publics américains, la politique budgétaire de ce pays peut être considérée comme sensiblement plus restrictive que celle menée dans les autres principales économies. Elle n'a toutefois pu empêcher la croissance du déficit de la balance des paiements courants des Etats-Unis, lequel représentait en 2000 4,3 p.c. du PIB. Ce déficit élevé constitue à la fois une faiblesse en soi et la contrepartie du dynamisme du secteur privé.

Les résultats macroéconomiques des Etats-Unis en 2000 s'inscrivent dans la suite d'une amélioration quasiment constante observée au cours de la décennie, en particulier, après 1995 (graphique 11). Le taux de chômage américain a constamment été inférieur à celui de la zone euro. Il en va de même jusqu'en 1996 pour le taux d'inflation (mesurée ici à l'aide du déflateur de la consommation privée). La croissance économique américaine a en outre surclassé celle de la zone euro dès 1992. Cette dernière performance est d'autant plus remarquable que le niveau de développement, tel qu'il peut être mesuré par le PIB par tête, était à ce moment - et est resté - très supérieur à celui de la zone euro.

Graphique 11 - Croissance, inflation et chômage



Source: OCDE (2000d).

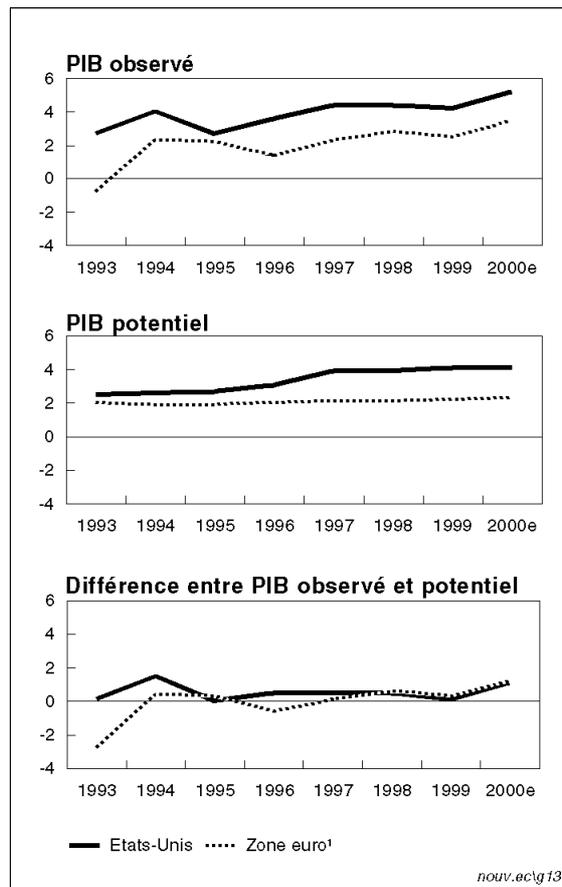
¹ En ce compris la Grèce.

² Rapport entre le nombre de chômeurs et la population active civile (données standardisées)

On reprendra par ailleurs de Nyssens et al. (2000) deux caractéristiques inhabituelles de la phase conjoncturelle ascendante qui s'est amorcée depuis 1991: tout d'abord, l'intensité et surtout la durée de cette phase ont pris de court les attentes des prévisionnistes; ensuite, l'intensité de la croissance a commencé à s'accélérer à partir de la cinquième année de cette phase ascendante. Contrairement aux attentes, ceci s'est réalisé sans résurgence notable de l'inflation.

Graphique 12 - PIB observé et potentiel (méthode OCDE)

(pourcentages de variation par rapport à l'année précédente, à prix constants)



L'OCDE définit le PIB potentiel comme le PIB maximal qui peut être atteint sans pression inflationniste. Sur la base des calculs de l'OCDE (2000d), le différentiel de croissance entre les Etats-Unis et la zone euro peut s'expliquer à la fois par des facteurs structurels de long terme (voir niveau médian du graphique 12) et par des facteurs de court terme ou d'autres influences temporaires (voir niveau inférieur du graphique 12).

Selon les calculs de l'OCDE, le rythme de croissance de la production potentielle s'est accéléré en cours de décennie aux Etats-Unis tandis qu'il restait quasiment inchangé dans la zone euro.

Dans le cas des Etats-Unis, dans la deuxième moitié des années nonante, la différence entre la croissance du PIB effectif et la croissance du PIB potentiel n'a cessé d'être positive et l'inflation est restée modérée. Sauf à supposer que l'effet exercé par l'écart de production sur l'inflation ait été compensé par une série d'événements fortuits et temporaires (ce qui a pu être partiellement vrai, surtout à l'époque de la baisse des prix pétroliers), ce paradoxe signifie que la croissance potentielle, telle que calculée notamment par l'OCDE, a été sous-estimée.

Il est de plus en plus convenu aujourd'hui d'expliquer cette évolution atypique de la croissance économique et des prix ou encore ce relèvement de la croissance potentielle, également dénommée "limite de vitesse" ("speed limit"), de l'économie américaine par une accélération concomitante de la croissance de la productivité, elle-même principalement imputable au large développement, dans ce pays, des TIC.

3.2 Une nouvelle économie aux Etats-Unis

Découvrir la présence d'une nouvelle économie aux Etats-Unis implique de constater une accélération significative de la productivité, de relier celle-ci à la percée des TIC et, le cas échéant, d'évaluer la durabilité du choc de productivité.

3.2.1 Evolution de la productivité

Le tableau 5, dressé sur la base des travaux de Gordon (2000a et b), présente l'évolution d'un certain nombre d'agrégats, dont la production et la productivité, dans le secteur privé non agricole et hors logement, au cours de quatre sous-périodes significatives: 1870-1913, 1913-1972, 1972-1995 et 1995-1999. Compte tenu des contraintes de disponibilité de données fiables sur une période aussi longue, l'analyse de la comptabilité de la croissance proposée ici est rudimentaire. Elle comporte néanmoins deux estimations de la PTF: la première correspond à la variable \hat{A} dans l'équation 7 et n'intègre donc pas d'ajustement pour la qualité des facteurs de production; la deuxième tient compte de la composition des facteurs travail et capital et correspond à la variable \hat{A}^* dans la relation 8.

Tableau 5 - Evolution sur longue période de la production et la productivité dans le secteur privé non agricole hors logement aux Etats-Unis

(moyenne des pourcentages de variation par rapport à l'année précédente)

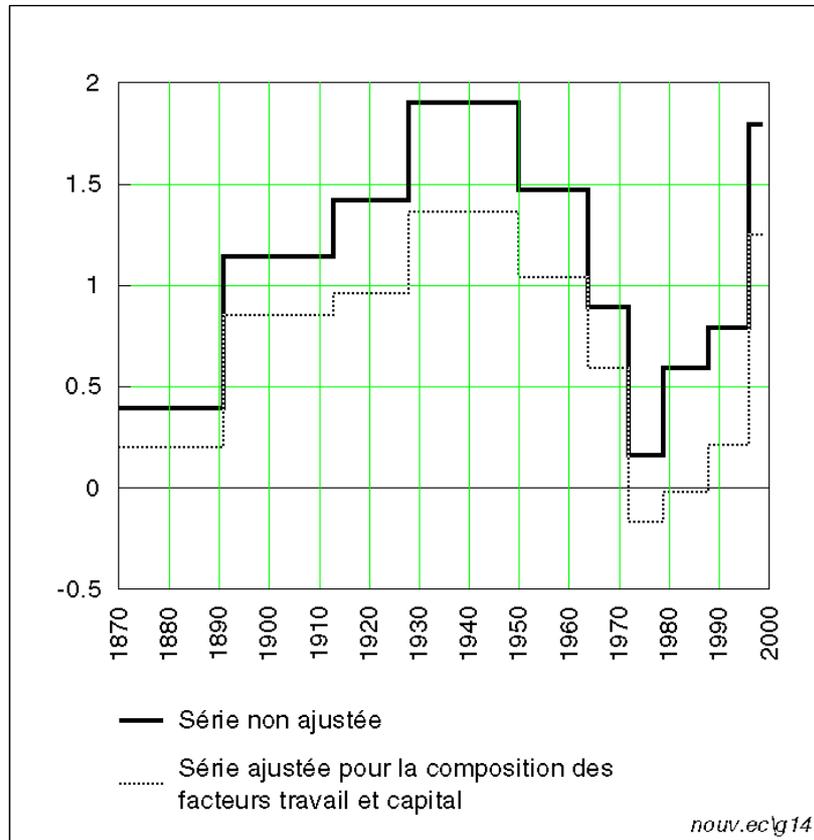
	1870-1913	1913-1972	1972-1995	1995-1999	Différences entre 1995-1999 et 1972-1995
Production	4,4	3,1	2,8	4,9	+2,1
<i>Sans ajustement pour la composition des facteurs de production</i>					
Heures de travail	3,2	1,3	1,7	2,2	+0,5
Productivité horaire	1,2	1,8	1,1	2,7	+1,6
Intensité en capital	0,9	0,8	1,3	2,6	+1,3
PTF	0,8	1,6	0,6	1,8	+1,2
<i>Avec ajustement pour la composition des facteurs de production</i>					
Heures de travail*	3,7	1,7	2,1	2,7	+0,6
Productivité horaire*	0,7	1,4	0,7	2,2	+1,5
Intensité en capital*	0,5	1,0	2,0	2,9	+0,9
PTF*	0,5	1,1	...	1,3	+1,2

Source: Gordon (2000b).

La croissance de la production s'est accélérée depuis 1995, passant en moyenne annuelle de 2,8 p.c. sur la période 1972-1995 à 4,9 p.c. entre 1995 et 1999. Cette accélération de 2,1 points de pourcentage peut être attribuée pour environ un quart à une évolution plus rapide du nombre d'heures prestées (car le temps de travail aux Etats-Unis - hebdomadaire ou annuel - n'a pas baissé et l'emploi progressé), de sorte que l'accélération de la croissance de la productivité horaire explique environ trois quarts de l'accélération de la production observée entre les deux sous-périodes. Ce rebond de la productivité n'est pas imputable à la seule évolution de la PTF. En effet, l'intensité capitaliste s'est également renforcée à un rythme plus élevé que précédemment.

Graphique 13 - Productivité totale des facteurs dans le secteur privé non agricole hors logement aux Etats-Unis

(moyenne des pourcentages de variation par rapport à l'année précédente pour divers intervalles)



Sources: Gordon (2000a et b).

Le taux de croissance de la PTF a accusé son accélération la plus importante entre la sous-période qui couvre le début des années nonante et celle qui commence en 1995 (graphique 13). C'est la raison pour laquelle plusieurs études empiriques récentes relatives à la croissance économique aux Etats-Unis s'attachent à expliquer l'accélération de celle-ci entre les deux moitiés des années nonante. D'autres études envisagent néanmoins une sous-période plus longue - 1973-1995 constitue la médiane - comme point de départ de leur analyse de l'accélération de la croissance américaine. Ce choix est justifié par le fait que l'apport de la PTF à cette dernière a été particulièrement faible au cours de la sous-période de 1972 à 1979¹¹.

¹¹ En tenant compte des ajustements pour la qualité des facteurs, la PTF a même accusé une variation négative de -0,17 p.c. en moyenne annuelle entre 1972 et 1979 (Gordon, 2000a).

3.2.2 Productivité et TIC

a) *Description succincte des études de comptabilité de la croissance sélectionnées*

La deuxième étape de la validation empirique de la nouvelle économie aux Etats-Unis consiste à apprécier la mesure dans laquelle l'accélération observée du rythme de croissance de la productivité, en particulier depuis 1995, est imputable au développement des TIC.

A cette fin, on a privilégié cinq études publiées en 2000 aux Etats-Unis, comportant chacune un volet de comptabilité de la croissance isolant l'une ou l'autre composante des TIC. Les auteurs de deux d'entre elles sont des chercheurs de la Réserve fédérale: Oliner et Sichel (2000) et Whelan (2000). Stiroh, l'un des deux auteurs d'une troisième de ces études (Jorgenson et Stiroh, 2000) provient également de la Réserve fédérale. Une quatrième analyse est intégrée dans le Rapport économique adressé par le Council of Economic Advisers (CEA, 2000) au Président des Etats-Unis en février 2000 tandis que la cinquième est l'œuvre d'un professeur de la Northwestern University, R.J. Gordon (2000b). Ces cinq études présentent l'avantage de recourir, le plus souvent, aux données les plus récentes de la comptabilité nationale américaine et de comporter une discussion des limites de celles-ci. Elles sont également comparables entre elles¹².

Le tableau 6 dresse un aperçu synoptique des études sous revue. Celles-ci présentent des différences de cinq ordres: importance accordée aux résultats des exercices de comptabilité de la croissance, méthode, champ d'application, données et effets pris en compte.

¹² La conjonction de ces trois éléments justifie par ailleurs, a contrario, que l'on ne reprenne pas les résultats des travaux du projet de l'OCDE sur la croissance (par exemple, Elmeskov et Scarpetta, 2000, Scarpetta et al., 2000 et Bassanini et al., 2000). En effet, la méthodologie développée par cette organisation est très différente de sorte que le sens attribué à la PTF diverge de celui donné dans les études américaines traitées dans la présente sous-section. En outre, par suite de la contrainte d'une homogénéisation des données sur un nombre important de pays, les derniers chiffres relatifs aux Etats-Unis datent au mieux de 1996, notamment pour des mesures fines de la PTF. Ceci ne permet dès lors pas de rendre compte, avec la précision souhaitée, de la récente accélération de la productivité et des facteurs qui y ont contribué. On soulignera cependant l'intérêt majeur de ces travaux effectués par l'OCDE, à savoir le fait qu'elle est, à ce jour, la seule institution internationale à avoir présenté une analyse approfondie de la comptabilité de la croissance pour une vingtaine de pays développés.

Tableau 6 - Comparaison des méthodes utilisées dans diverses études américaines de comptabilité de la croissance évaluant la contribution des TIC à la croissance de la production et de la productivité aux Etats-Unis

Références	CEA (février 2000) Institution officielle	Whelan (février 2000) Réserve fédérale	Jorgenson et Stiroh (février 2000) Université de Harvard, Réserve fédérale	Oliner et Sichel (mai 2000) Northwestern University	Gordon (mai 2000)
Institutions pour lesquelles travaillent les auteurs			Université de Harvard, Réserve fédérale	Réserve fédérale	
Fonction de production de référence	fonction de production	fonction de production	fonction de production étendue ¹	fonction de production	fonction de production
Définition retenue pour le secteur des TIC	Ordinateurs et logiciels	Matériel informatique	Matériel informatique, logiciels et équipement de communication	Matériel informatique	Matériel informatique
Champ d'application de l'étude	Secteur privé marchand non agricole	Secteur privé marchand	Secteur privé (ni secteur ni entreprises publiques)	Secteur privé marchand non agricole	
Nature des données	Données "actuelles"	Données "actuelles"	Données "actuelles"	Données "actuelles"	Données "actuelles" (+ estimation d'une tendance)
Données relatives à la production	Après la révision des comptes nationaux mise en œuvre en octobre 1999 Moyenne des mesures "revenu" et "production"	Avant ² la révision des comptes nationaux mise en œuvre en octobre 1999	Après la révision des comptes nationaux mise en œuvre en octobre 1999	Après la révision des comptes nationaux mise en œuvre en octobre 1999 Mesure "production"	Après la révision des comptes nationaux mise en œuvre en octobre 1999
Facteur travail	Ajustement pour la qualité	Pas d'ajustement pour la qualité	Ajustement pour la qualité	Ajustement pour la qualité	Ajustement pour la qualité repris d'Oliner et Sichel (version février 2000)
Facteur capital	Ajustement pour la qualité Données des services en capital basées sur une révision préliminaire des données du Bureau américain d'analyse économique (BEA) L'efficacité du capital varie en fonction de l'âge.	Ajustement pour la qualité Données issues des comptes nationaux en base 1992 corrigées pour le matériel informatique afin d'inclure et endogénéiser la notion d'obsolescence.	Ajustement pour la qualité Recours aux données de stock productif de capital publiées par le Bureau américain des statistiques du travail (BLS), lesquelles intègrent une perte d'efficacité du capital avant le retrait Les auteurs ajustent, chacun à leur manière, les données de services en capital publiées par le BLS (édition 1999 cohérente avec les comptes nationaux en base 1992 pour les rendre compatibles avec les nouvelles données de production publiées en octobre 1999 et anticiper ainsi la révision attendue, à l'horizon du second semestre de l'année 2000, des nouvelles séries de capital. Jorgenson et Stiroh retiennent une définition large du stock de capital (incorporant notamment les terrains et les stocks).	Ajustement pour la qualité Après la révision des comptes nationaux mise en œuvre en octobre 1999 Mesure "production"	Ajustement pour la qualité et estimation de la variation de l'intensité en capital des TIC repris d'Oliner et Sichel (version février 2000)
Méthode pour isoler la part de l'évolution de la PTF due à des gains de productivité dans la production des TIC	Approche simplifiée basée sur les prix relatifs (ajustés pour la qualité) des ordinateurs et de la production dans le secteur privé non agricole	Même logique que le CEA, avec formalisation de l'argument sur base d'un modèle à deux secteurs (ordinateurs et reste de l'économie)	Approche basée sur les prix relatifs (méthode "duale" de la comptabilité de la croissance) Référence à un concept de production brute Calcul de la PTF pour 37 secteurs ³ et agrégation à la Domar. Ceci permet d'isoler un secteur des TIC plus étendu que les ordinateurs.	Approche basée sur les prix relatifs (méthode "duale" de la comptabilité de la croissance) Référence à un concept de production brute Application d'un modèle à trois secteurs : ordinateurs, semi-conducteurs et reste de l'économie	Résultats repris d'Oliner et Sichel (version février 2000)

¹ Les services rendus aux consommateurs par les biens durables (matériel informatique et logiciels entre autres) sont intégrés comme production et facteur.

² Les statistiques de comptes nationaux sont basées sur l'année 1992 plutôt que 1996. Cette remarque vaut autant pour le stock de capital que pour la production.

³ Dont celui des équipements et machines industrielles, lequel inclut la production d'équipements informatiques et électriques, qui comprend à son tour la production de semi-conducteurs et d'équipements de communication.

a1 *Importance accordée à la comptabilité de la croissance*

L'évaluation de l'apport des TIC à la croissance de la production et/ou de la productivité aux Etats-Unis est l'objectif premier poursuivi par Gordon, Jorgenson et Stiroh ainsi qu'Oliner et Sichel. Il n'en va pas de même pour les deux autres études mentionnées. Le CEA publie un Rapport semestriel exhaustif sur la situation économique des Etats-Unis. Whelan, pour sa part, consacre l'essentiel de son article à une estimation du stock de capital, incluant et endogénéisant la notion d'obsolescence. Aussi, la comptabilité de la croissance ne constitue qu'une incise dans le Rapport du CEA et n'est examinée qu'à titre accessoire par Whelan.

a2 *Méthodes*

Tous les auteurs recourent à une fonction de production du type de la relation 10¹³ (dans sa formulation réduite) et 11 (dans une formulation plus désagrégée), à l'exception de Jorgenson et Stiroh qui privilégient une fonction de production étendue (voir ci-dessous).

La *fonction de production* usuelle rencontrée dans les études autres que celle de Jorgenson et Stiroh peut s'écrire:

$$Y = A f (L, K_H, K_S, K_C, K_N) \quad (18)$$

La *fonction de production étendue* à laquelle recourent Jorgenson et Stiroh décompose la production (Y) suivant les composantes de son affectation (optique des dépenses) et inclut, à la fois comme production et comme facteur de production, les services rendus aux consommateurs par les biens durables. Ceux-ci sont également ventilés entre biens durables des TIC (D_{TI}) et, spécialement, matériel informatique et logiciels, et autres biens durables (D_N). Les autres composantes de la demande comprennent la consommation de matériel informatique et de logiciels (C_{TI}), l'investissement en matériel informatique (I_H), en logiciels (I_S) et en équipement de (télé)communication (I_C) et la production résiduelle (Y_N) laquelle inclut le terme D_N .

La fonction de production étendue décrit ainsi comment le facteur travail, les services rendus aux entreprises par diverses composantes du stock de capital, les

¹³ Pour simplifier la présentation, on n'inclut pas le paramètre d'externalités θ de la relation 13.

services rendus aux consommateurs par les biens durables et le progrès technique contribuent à la production de biens d'investissement, de biens et services de consommation et à un flux de services rendus aux consommateurs par des biens durables (Jorgenson et Stiroh, 1999).

Elle s'écrit:

$$Y(Y_N, C_{TI}, I_H, I_S, I_C, D_{TI}) = A f(L, K_H, K_S, K_C, K_N, D_{TI}, D_N) \quad (19)$$

Elle peut être formulée de manière plus complète, sous la forme d'une équation de comptabilité de croissance:

$$\begin{aligned} w_{Y_N} \hat{Y}_N + w_{C_{TI}} \hat{C}_{TI} + w_{I_H} \hat{I}_H + w_{I_S} \hat{I}_S + w_{I_C} \hat{I}_C + w_{D_{TI}} \hat{D}_{TI} &= \alpha' \hat{L} + s'_H \hat{K}_H + s'_S \hat{K}_S + s'_C \hat{K}_C \\ + s'_N \hat{K}_N + s'_{D_{TI}} \hat{D}_{TI} + s'_{D_N} \hat{D}_N & \end{aligned} \quad (20)$$

où $w_{Y_N} + w_{C_{TI}} + w_{I_H} + w_{I_S} + w_{I_C} + w_{D_{TI}} = 1,$

$$\alpha' + s'_H + s'_S + s'_C + s'_N + s'_{D_{TI}} + s'_{D_N} = 1,$$

w_i : part de la composante i de la production (définie en optique demande) dans la valeur ajoutée augmentée,

s'_i : part des revenus de la composante i du facteur capital dans la valeur ajoutée augmentée.

Comme le notent Jorgenson et Stiroh (2000), la fonction de production agrégée employée par Solow (1957) - et sur laquelle repose la plupart des études empiriques de comptabilité de la croissance - est une version simplifiée de la fonction de production étendue en ce sens que, dans le modèle de Solow, un seul produit est exprimé en fonction des facteurs travail et capital. Implicitement, dans ce dernier modèle, les investissements dans les TIC sont supposés être parfaitement substituables à d'autres productions de sorte que les prix relatifs ne changent pas. Par rapport à ce modèle, l'analyse de Jorgenson et Stiroh inclut plusieurs types de produits et présente dès lors l'avantage de

rendre compte de la baisse des prix des ordinateurs par rapport à ceux d'autres biens d'investissement.

a3 Champ d'application

Le champ d'application varie d'une étude à l'autre, en ce qui concerne tant la définition du secteur des TIC que l'étendue de la production intérieure prise en considération. La définition du secteur des TIC diffère parfois, même au sein d'une étude donnée, selon que l'on cherche à dégager la contribution du capital en TIC à la croissance ou la contribution des gains de PTF dans la production de TIC.

a4 Données

Les données utilisées pour la production, le travail et le capital sont à la base de différences non négligeables dans les estimations de la comptabilité de la croissance. On évoquera ici deux aspects cruciaux:

- Whelan a entrepris ses travaux avant la révision des comptes nationaux de production et de revenu (Nipa) mise en œuvre en octobre 1999 par le Bureau américain d'analyse économique (BEA). Cette révision a entraîné une hausse moyenne tant du taux de croissance que du niveau de la production pour la période 1959-1998, ainsi qu'une accélération du taux de croissance au cours des années nonante¹⁴;
- au moment de la publication de ces études, les autorités américaines n'avaient pas encore mis à jour leur série de stock de capital et, partant, celle relative aux services rendus par celui-ci. Cette mise à jour vise, notamment, à assurer une cohérence de ces séries avec la révision, mise en œuvre en octobre 1999, d'autres pans de la comptabilité nationale, telle la production. Aussi, en l'absence de cette mise à jour, les auteurs ont développé des stratégies¹⁵ divergentes pour la constitution de leur série de capital.

¹⁴ Seskin (1999) présente la nature et la portée de la révision mise en œuvre en octobre de cette année en vue de se conformer au SCN 1993. Les logiciels sont désormais considérés comme biens d'investissement et non plus comme biens intermédiaires. Ceci affecte non seulement l'évolution de la production mais aussi la contribution des logiciels à la croissance de celle-ci.

¹⁵ A titre d'illustration de la portée de ces ajustements, le modèle endogénéisant la notion d'obsolescence développé par Whelan sur la base des anciennes données en base 1992 aboutit à un stock de capital d'ordinateurs supérieur d'un tiers au même capital estimé par Oliner et Sichel (et par Jorgenson et Stiroh). Ces derniers estiment cette variable en ajustant les données de services en capital publiées par le Bureau américain des statistiques du travail (édition 1999, cohérente avec les comptes nationaux en base 1992) pour les rendre cohérentes avec les données de production révisées en octobre 1999. Une autre explication de l'écart entre les estimations du stock de matériel informatique de Whelan, d'une part, et de Jorgenson et Stiroh et d'Oliner et Sichel, d'autre part, réside dans l'hypothèse forte posée par Whelan selon laquelle chaque dollar (ajusté pour la qualité) investi dans le matériel informatique reste complètement productif jusqu'à son retrait (Oliner et Sichel).

a5 Effets pris en compte

Le fait de prendre en considération ou non certains effets est à l'origine de différences entre les études et affecte, en particulier, les estimations de la PTF. Ainsi, Whelan n'ajuste pas le facteur travail pour la qualité. En outre, l'ajustement visant à tenir compte de la qualité du travail peut être effectué de manière différente selon les auteurs. Si un ajustement pour la qualité du capital semble être effectué partout, des hypothèses différentes ont été retenues pour la détermination de certains paramètres et le nombre de composantes du stock de capital retenu n'est pas le même dans toutes les études; ces éléments peuvent induire de légères différences dans l'évaluation de l'effet de composition du capital, et, partant, affecter l'importance relative des contributions des facteurs de production à la croissance de celle-ci. Enfin, l'estimation de la PTF dans les études autres que celle de Gordon incorpore un effet de cycle. Gordon, quant à lui, calcule une productivité tendancielle, ce qui lui permet, in fine, de dégager une estimation de l'accélération structurelle de la PTF¹⁶.

Dans la suite de cette section, on privilégiera l'une ou l'autre de ces études en fonction de la disponibilité des résultats, en gardant en mémoire les principales différences brièvement décrites ci-dessus.

b) TIC et croissance

La présentation des résultats des études de comptabilité de la croissance sélectionnées s'effectue en suivant le même ordre que l'exposé théorique des effets des TIC sur la croissance de la production et de la productivité (voir sous-sections 2.2.1 et 2.2.2). Dans la présente sous-section, on examine l'influence des TIC sur la croissance. Dans la sous-section suivante, on abordera la contribution des TIC à la croissance de la productivité en distinguant les canaux de transmission mis en évidence par l'équation 17.

b1 TIC et dépenses

La fonction de production étendue de Jorgenson et Stiroh permet d'évaluer les contributions¹⁷ de diverses dépenses en TIC à la croissance de la production (augmentée des services rendus par la consommation de biens durables). Le graphique 14 illustre la

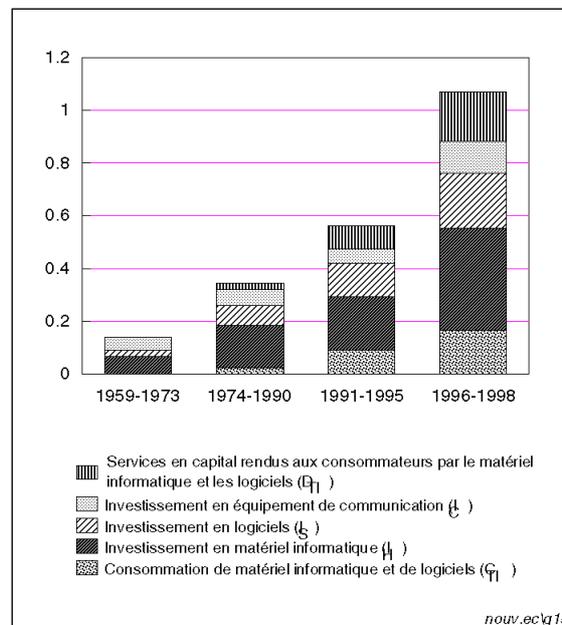
¹⁶ Il s'agit d'un proxy du terme $\hat{P}TF'$ dans l'équation 16 (voir supra) dont on soustrait la composante cyclique.

¹⁷ Celles-ci sont symbolisées par W_i à l'équation 20 supra.

hausse constante de la contribution globale des produits des TIC à la croissance de la production américaine au cours des quatre dernières décennies. Entre les sous-périodes 1990-1995 et 1996-1998, cette contribution a quasiment doublé, passant de 0,6 à 1,1 point de pourcentage en moyenne. Si les investissements en matériel informatique constituent toujours la principale composante des contributions des TIC à la croissance, la consommation de matériel informatique et de logiciels est devenue une source de la croissance plus importante qu'auparavant. Les dépenses de matériel informatique¹⁸ représentent environ 15,6 p.c. de la croissance de la production sur la période 1996-1998, contre 22,6 p.c. pour l'ensemble des dépenses des TIC.

Graphique 14 - Contribution des TIC dans l'optique de la demande à la croissance des Etats-Unis

(moyenne sur la période en pour cent)



Source: Jorgenson et Stiroh (2000).

b2 TIC et valeur ajoutée

Une deuxième approche consiste à estimer la contribution du secteur producteur de TIC à la croissance de la valeur ajoutée globale à prix constants.

¹⁸ Les dépenses de matériel informatique comprennent ici aussi la consommation de logiciels et les services rendus par ceux-ci aux consommateurs. Le chiffre cité constitue, en conséquence, une estimation quelque peu biaisée à la hausse de la véritable contribution des dépenses de matériel informatique à la croissance.

Une variable intermédiaire utile pour cette analyse est l'évaluation de la part de la valeur ajoutée à prix courants de ce secteur dans l'ensemble de l'économie. Des estimations de cet indicateur ont été proposées précédemment (sous-section 3.1.1). Si cette part n'atteint pas encore 10 p.c. aux Etats-Unis, elle y est néanmoins en progression constante. Elle s'est en outre fortement accélérée après 1994. En effet, selon l'Administration américaine de l'Economie et de la Statistique (ESA, 2000), après avoir augmenté d'à peine 0,5 point de pourcentage, entre 1990 et 1994, la part des industries productrices des TIC dans la valeur ajoutée est passée de 6,3 p.c. au cours de cette dernière année à 8,3 p.c. en 2000. L'ESA (op. cit.) précise, à raison, que l'augmentation rapide de la part occupée par ces industries dans la valeur ajoutée totale après 1994 est d'autant plus remarquable que la croissance de l'économie considérée dans son ensemble était vigoureuse et que la baisse des prix des produits des TIC s'est accélérée au cours de la même période.

Tableau 7 - Contribution du secteur producteur de TIC¹ à la variation du PIB à prix constants

(pourcentages de variation par rapport à l'année précédente)

	1994	1995	1996	1997	1998e	1999e
Revenu Intérieur Brut ²	4,2	3,3	3,5	4,7	4,8	5,0
Secteur des TIC ³ (2)	0,8	1,0	1,2	1,3	1,3	1,6
Autres secteurs ³ (3)	3,4	2,3	2,3	3,4	3,5	3,4
Part ⁴ de la variation du Revenu Intérieur Brut expliquée par la contribution du secteur des TIC (4)=(2)/(1)	19	30	34	28	27	32

Source: ESA (2000).

¹ Les TIC, dans l'acception de l'ESA, comprennent les industries productrices de matériel informatique, de logiciels et de services, d'équipements de communication et de services de communication.

² Le Revenu Intérieur Brut correspond au revenu tiré de la production de biens et services attribuable à des facteurs travail et capital situés aux Etats-Unis. L'ESA montre, à partir d'un large segment des TIC, que le recours à des mesures basées sur des données provenant de l'optique "revenu" de la comptabilité nationale plutôt qu'à d'autres mesures basées sur des données provenant de l'optique "production" n'affecte qu'à la marge la part de la croissance économique expliquée par l'essor du secteur des TIC.

³ Contribution à la variation du Revenu Intérieur Brut.

⁴ Part en pour cent.

L'ESA (op. cit.) présente également une estimation de la contribution des industries productrices de ce secteur à la croissance à prix constants de l'économie américaine. Cette estimation est reprise au tableau 7. Il en ressort que la contribution du

secteur producteur de TIC, défini au sens large, à la croissance de la production a augmenté constamment entre 1994 et 1999, passant de 0,8 à 1,6 point de pourcentage. En outre, depuis 1995, la production de TIC explique environ 30 p.c. de la croissance économique américaine contre à peine 20 p.c. encore en 1994.

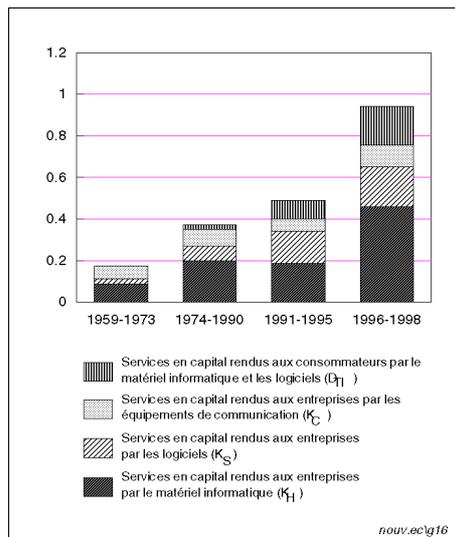
b3 Contribution à la croissance des TIC en tant que composante du stock de capital

Une troisième approche vise à estimer la contribution, à la croissance de la production, des TIC en tant que facteur et, plus spécialement, la contribution des TIC en tant que composante du stock de capital. Celle-ci correspond au terme $s_{TIC} \hat{K}_{TIC}$ de l'équation 7, lequel peut être ventilé entre diverses composantes des TIC (matériel informatique, logiciels et équipements de communication).

A titre de première illustration, le graphique 15 reprend les estimations de Jorgenson et Stiroh quant à l'évolution de la contribution, à la croissance de la production, des diverses composantes du capital des TIC ou des services rendus par la consommation de biens durables du secteur des TIC.

Graphique 15 - Contribution des TIC comme facteurs de production à la croissance des Etats-Unis

(moyenne sur la période en pour cent)



Source: Jorgenson et Stiroh (2000).

Globalement, en tant que facteur de production, les TIC ont contribué¹⁹ en moyenne à raison de 0,5 point de pourcentage à la croissance de la production privée entre 1991 et 1995 et à raison de près de 1 point de pourcentage entre 1996 et 1998. Aussi, les TIC expliquent 19,9 p.c. de la croissance de la production intérieure du secteur privé au cours de la sous-période la plus récente.

En outre, la contribution à la croissance économique de chacune des composantes des TIC, en tant que facteur de production, a augmenté entre la première et la seconde moitié de la décennie nonante. Le matériel informatique a fourni la contribution la plus importante au cours de chacune des sous-périodes, et celle-ci a plus que doublé entre 1991-1995 et 1996-1998 en conséquence de la part croissante du matériel informatique dans le stock de capital et donc des taux de croissance importants des investissements dans ce type d'équipement observés en fin de période. La contribution spécifique du matériel informatique, en ce compris les services rendus aux consommateurs par les biens durables²⁰, est passée d'environ 1/4 à environ 2/3 de point de pourcentage entre les deux mêmes sous-périodes et a expliqué en moyenne 13,6 p.c. de la croissance de la production dans le secteur privé aux Etats-Unis entre 1996 et 1998.

Les TIC en tant que facteur de production peuvent influencer la croissance de celle-ci par l'intermédiaire d'autres canaux de transmission et, notamment, par le biais d'externalités de réseau liées à la diffusion de ce type de capital. L'évolution de la PTF capture cet effet parmi d'autres et la hausse récente de celle-ci, observée dans la section 3.1 mais aussi dans les quatre autres études de référence sous revue, pourrait constituer un signe de la présence de ces externalités. Néanmoins, une étude plus fine de la productivité est requise pour affirmer le lien de causalité.

c) *TIC et productivité*

Le tableau 8 compare les contributions, à la croissance de la productivité du travail, des TIC en tant que facteur de production aux Etats-Unis obtenues dans les deux études américaines les plus exhaustives, à savoir celle de Jorgenson et Stiroh et celle de Oliner et Sichel. On se rappellera que ces deux analyses, effectuées au moins pour partie

¹⁹ L'ordre de grandeur des résultats obtenus par Jorgenson et Stiroh est comparable avec ceux d'Oliner et Sichel. L'estimation de la contribution du seul matériel informatique est quelque peu plus importante chez Whelan pour chacune des sous-périodes considérées et, spécialement pour les années 1996-1998. Cette estimation plus élevée s'explique largement par les hypothèses fortes posées par l'auteur en matière de rythme d'obsolescence de ce type d'équipement.

²⁰ A nouveau, on constate un biais à la hausse induit par la présence, dans ce dernier terme, des services rendus aux consommateurs par les logiciels.

dans le sérail de la Réserve fédérale, présentent un grand nombre de similitudes, la principale différence résidant dans le choix de la fonction de production²¹.

Dans les deux études, le taux de croissance annuel moyen de la productivité du travail est passé d'environ 1,5 p.c. entre 1991 et 1995 à environ 2,5 p.c. entre 1996 et 1998 (ou 1999 selon le cas). La contribution de la qualité du travail à la croissance de la productivité horaire a été légèrement moindre au cours de la sous-périodes la plus récente (0,3 point de pourcentage) qu'au cours de la sous-périodes précédente (0,4 point de pourcentage). Cette évolution négative a été bien plus que compensée par des contributions plus importantes de l'intensité en capital et de la PTF. La contribution de ces

Tableau 8 - Contribution des TIC à la croissance de la productivité aux Etats-Unis: comparaison des résultats de deux études américaines

(contributions en points de pourcentage)

Sources	Jorgenson et Stiroh		Oliner et Sichel	
	1991-1995	1996-1998	1991-1995	1996-1999
Productivité horaire ¹	1,4	2,4	1,5	2,6
- Qualité du travail	0,4	0,3	0,4	0,3
- Intensité en capital	0,6	1,1	0,6	1,1
- <i>capital des TIC</i>	<i>0,4</i>	<i>0,8</i>	<i>0,5</i>	<i>1,0</i>
- matériel informatique	0,2	0,4	0,2	0,6
- logiciels	0,1	0,1	0,2	0,3
- équipements de communication	...	0,1	0,1	0,1
- services rendus par la consommation de biens durables	0,1	0,2	n.d.	n.d.
- autres formes de capital	0,2	0,3	0,1	0,1
- PTF	0,4	1,0	0,5	1,2
- <i>PTF résultant de la production de TIC</i>	<i>0,3</i>	<i>0,4</i>	<i>0,2</i>	<i>0,5</i>
- ordinateurs	0,2	0,3	0,1	0,3
- logiciels	0,1	0,1	n.d.	n.d.
- équipements de communication	n.d.	n.d.
- semi-conducteurs incorporés dans les ordinateurs	n.d.	n.d.	0,1	0,2
- <i>PTF résultant de la production d'autres semi-conducteurs</i>	<i>n.d.</i>	<i>n.d.</i>	<i>0,1</i>	<i>0,2</i>
- <i>PTF résiduelle</i>	<i>0,1</i>	<i>0,6</i>	<i>0,2</i>	<i>0,5</i>

Sources: Jorgenson et Stiroh (2000, scénario de référence) et Oliner et Sichel (2000).

¹ Moyenne des pourcentages de variation par rapport à l'année précédente.

²¹ Du fait du recours à une fonction de production étendue, Jorgenson et Stiroh obtiennent chaque année un niveau de production totale plus  elev e que celui obtenu par Oliner et Sichel. Ceteris paribus, ceci affecte à la baisse les contributions des facteurs de production à la croissance de la productivité par le biais d'une part de revenu (s_i) inférieure chez Jorgenson et Stiroh par rapport à Oliner et Sichel. Par ailleurs, De Masi (2000) cite une autre source de différence entre ces deux études. Oliner et Sichel posent l'hypothèse que le capital devient productif avec un certain délai et non immédiatement comme le supposent Jorgenson et Stiroh. Ceci a pour effet de diminuer la taille estimée du stock de capital chez Oliner et Sichel.

deux composantes a été portée, entre les deux moitiés des années nonante, respectivement de 0,6 à 1,1 point de pourcentage et d'environ 0,5 à environ 1,1 point de pourcentage.

Dans la sous-section 2.2.2, on a montré que les TIC peuvent, en théorie, influencer le taux de croissance de la productivité par le biais de trois principaux mécanismes: un renforcement de l'intensité capitalistique dans l'ensemble de l'économie du fait de la rapidité des investissements en équipement liés aux TIC; une accélération de la PTF dans le secteur producteur de TIC; et des retombées largement répandues des TIC sur la productivité (PTF) des secteurs utilisant ces technologies.

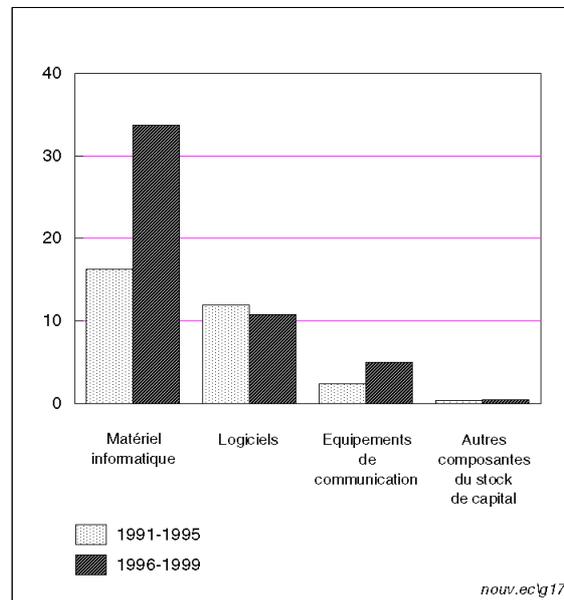
c1 Intensité en capital en TIC et productivité

La contribution globale, à la croissance de la productivité, de la substitution des équipements liés aux TIC à d'autres facteurs - et, en particulier, le travail - est estimée, pour la sous-période la plus récente, par Jorgenson et Stiroh à 0,8 point de pourcentage et par Oliner et Sichel à 1 point de pourcentage, soit deux fois le taux relevé au début des années nonante. Le matériel informatique a contribué pour moitié à l'apport du renforcement de l'intensité en capital en TIC à la croissance de la productivité au cours des deux sous-périodes considérées. Si les contributions fournies pour les autres composantes des TIC sont moins importantes, elles ont, chacune, progressé entre les deux moitiés de la décennie.

Le graphique 16 confirme la prédominance du matériel informatique et, en particulier, des ordinateurs dans la rapide croissance du stock net de capital des TIC par heure de travail tout au long des années nonante ainsi que dans l'accélération de cette croissance entre les sous-périodes 1991-1995 et 1996-1999. Le principal facteur d'explication du renforcement de l'intensité en capital des TIC a été la baisse des prix des biens des TIC, spécialement des prix des ordinateurs et du matériel informatique.

**Graphique 16 - Ventilation par type de capital de l'intensité
en capital¹ aux Etats-Unis²**

(moyenne des pourcentages de variation par rapport à l'année précédente)



Sources: ESA (2000), Oliner et Sichel (2000).

¹ L'intensité en capital peut se définir comme le rapport entre le stock de capital et le nombre d'heures prestées.

² Secteur privé marchand non agricole.

c2 Gains de PTF dans la production de TIC et productivité

Les gains de PTF dans la production de TIC ont été plus importants au cours de la seconde moitié des années nonante. Leur contribution à la croissance de la productivité totale de l'économie s'est élevée à 0,5 point de pourcentage, soit environ le double de celle estimée durant la première moitié de la décennie (Oliner et Sichel). L'essentiel de la contribution de ces gains et de l'accélération de celle-ci est observé dans la production d'ordinateurs. L'accélération plus vive de la contribution de la PTF résultant de la production de TIC enregistrée par Oliner et Sichel - par rapport aux résultats de Jorgenson et Stiroh - provient notamment de la forte croissance de la contribution des gains de productivité réalisés dans la production de semi-conducteurs incorporés dans le matériel informatique, cette production étant traitée de manière spécifique par Oliner et Sichel et non par Jorgenson et Stiroh.

c3 Diffusion du progrès technique lié aux TIC et productivité

L'accroissement de la PTF résiduelle comprend, notamment, la diffusion du progrès technique. La contribution de la PTF résiduelle à la croissance de la productivité horaire a fortement progressé entre les deux sous-périodes, passant de 0,1 à 0,6 point de pourcentage selon Jorgenson et Stiroh et de 0,3 à 0,7 point de pourcentage selon Oliner et Sichel si l'on tient compte, dans ce dernier cas, des gains de PTF réalisés dans la production de semi-conducteurs non destinés au matériel informatique.

c4 Synthèse de l'apport des TIC à la productivité

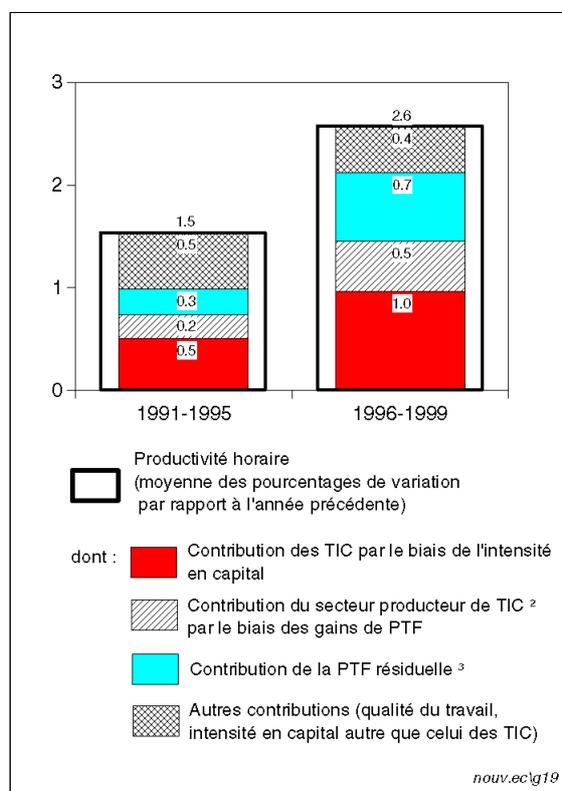
Les TIC ont contribué de manière significative à l'accélération de la productivité du travail observée dans le secteur privé aux Etats-Unis à partir de 1995. Les exercices de comptabilité de la croissance effectués par des économistes de la Réserve fédérale indiquent que les TIC n'ont pas seulement remplacé d'autres facteurs de production tels que le travail mais ont également permis de faire reculer les limites imposées par la frontière de production. La vive accélération de la PTF traduit en effet un apport du progrès technique, notamment dans le secteur producteur de TIC, spécialement dans la production des ordinateurs et des semi-conducteurs utilisés comme composants dans la manufacture de matériel informatique. La contribution *directe* de ces deux premiers canaux de transmission entre les TIC et l'accélération de la productivité du travail au cours des années nonante est illustrée au graphique 17²². Elle est estimée par Oliner et Sichel à 0,7 point de pourcentage entre les sous-périodes 1991-1995 et 1996-1999, soit près de 0,5 point de pourcentage à titre de renforcement de l'intensité en capital des TIC et près de 0,3 point de pourcentage à titre de contribution du secteur producteur de TIC à travers les gains de la PTF. En d'autres termes, les TIC expliquent *directement*, selon Oliner et Sichel, 68,3 p.c. de l'accélération de la productivité observée entre ces deux sous-périodes.

La contribution *directe* des TIC à la croissance de la productivité ainsi calculée peut être considérée comme l'estimation basse de la fourchette de l'influence effective des TIC sur l'évolution de la productivité car elle ne prend pas en compte le troisième canal de transmission, à savoir les gains de PTF associés à l'utilisation des TIC dans l'ensemble de l'économie (terme $s_{TIC} \theta \hat{K}_{TIC}$ introduit à la relation 13). Ceux-ci ne sont pas calculés

²² Le graphique ne reprend que les résultats d'Oliner et Sichel, ceux-ci étant relativement proches de ceux obtenus par Jorgenson et Stiroh.

Graphique 17 - Contribution des TIC à la croissance de la productivité du travail aux Etats-Unis¹ (années nonante)

(moyennes annuelles en points de pourcentage)



Sources: ESA (2000), Oliner et Sichel (2000).

¹ Secteur privé marchand non agricole.

² Ordinateurs et semi-conducteurs intégrés dans ceux-ci.

³ En ce compris les gains de PTF réalisés dans la production de semi-conducteurs destinés à autres usages que les ordinateurs.

directement. Ils sont approchés par la PTF résiduelle - terme $P\hat{T}F'$ défini à l'équation 16 - dont ils sont une composante parmi d'autres. Pour rappel, cette hausse de la PTF résiduelle peut s'interpréter comme la partie de l'accélération de la croissance de la production ou de la productivité horaire qui n'a pas été expliquée par les facteurs intégrés dans l'exercice de comptabilité de la croissance. Il peut s'agir²³, dans les études précitées, de la composante cyclique de l'évolution de productivité, d'économies d'échelles ou du progrès technique non incorporé.

Dans une approche maximaliste, on peut supposer que la hausse de la contribution de la PTF résiduelle entre les deux sous-périodes est entièrement imputable à

²³ Pour rappel, les autres influences supplémentaires (éléments structurels et ad hoc) n'ayant pas été isolées dans ces travaux empiriques, elles se retrouvent également dans la PTF résiduelle. Par contre, les aspects liés à la qualité des facteurs de production - travail et capital - sont intégrés au niveau des facteurs et sont donc exclus de la PTF estimée.

une accélération des gains de PTF découlant de l'utilisation des TIC. Dans ce cas, d'après les résultats d'Oliner et Sichel, ceci signifie que l'on peut ajouter 0,4 point de pourcentage à la contribution des TIC à l'accélération de la productivité horaire en cours depuis 1995. Ainsi, les TIC pourraient contribuer à hauteur d'environ 1,1 point de pourcentage à cette accélération de sorte que celle-ci est entièrement - et même un peu plus qu'entièrement²⁴ - attribuable aux TIC.

Par rapport au tableau 8, le tableau 9 ajoute les résultats des trois autres études sous revue. Une comparaison est effectuée entre les résultats des cinq études pour un niveau d'agrégation sectorielle plus élevé. On considérera ainsi l'impact, sur la productivité, des TIC et non celui de chacune des composantes des TIC.

Les résultats présentés au tableau 9 confirment ceux du tableau 8, spécialement sur deux points. Premièrement, les TIC expliquent l'essentiel de l'accélération de la productivité du travail observée aux Etats-Unis depuis 1995 par rapport à la sous-période précédente prise en considération, soit 1973-1995 ou 1991-1995 selon l'étude retenue. Les estimations maximalistes de la contribution des TIC à l'accélération de la productivité du travail, c'est-à-dire celles incluant les trois canaux de transmission, vont de 0,6 à 1,2 point de pourcentage. Même l'étude la plus réservée par rapport à la nouvelle économie, à savoir celle de Gordon, indique que les TIC expliquent 93 p.c. de l'accélération de la productivité du travail observée depuis 1995.

Deuxièmement, les estimations de la contribution, à l'accélération de la productivité du travail, tant de la substitution croissante du capital des TIC au facteur travail que des gains de productivité générés dans la production de TIC, se situent dans des fourchettes relativement étroites, comprises respectivement entre 0,3 et 0,5 point de pourcentage et entre 0,2 et 0,3 point de pourcentage. La contribution *directe* des TIC à l'accélération de la productivité horaire varie en conséquence entre 0,6 et 0,7 point de pourcentage selon les études. Elle explique 47 à 93 p.c. de ladite accélération.

Les résultats des travaux présentés au tableau 9 diffèrent entre eux quant à la présence ou non du troisième canal de transmission entre TIC et productivité, et quant au sens à donner à l'évolution de la PTF résiduelle. Dans les études autres que celle de Gordon, la PTF résiduelle s'est accélérée entre les deux dernières sous-périodes

²⁴ En effet, selon les calculs d'Oliner et Sichel, les autres facteurs - qualité du travail et intensité en capital autre que celui des TIC - apportent en moyenne une contribution légèrement moindre entre 1996 et 1999 qu'entre 1991 et 1995.

Tableau 9 - Contribution des TIC à l'accélération de la croissance de la productivité aux Etats-Unis

(moyennes en points de pourcentage)

Sources	Jorgenson et Stiroh (février 2000, scénario de référence)	Oliner et Sichel (mai 2000)	CEA (février 2000)	Whelan (février 2000)	Gordon ¹ (mai 2000)
Sous-périodes prises en considération	1996-1998 versus 1991-1995	1996-1999 versus 1991-1995	1996-1999e versus 1973-1995	1996-1998 versus 1974-1995	1995:4-1999:4 versus 1972:2-1995:4
1. Productivité horaire ²	1,0	1,0	1,5	1,0	0,7
2. Qualité du travail ³	-0,1	-0,1	0,1	- ₄	0,1
3. Intensité en capital	0,5	0,5	0,5	n.d.	n.d.
3.1 <i>capital des TIC</i>	0,4	0,5	0,5	0,5	0,3
3.2 autres	0,1	n.d.	n.d.
4. PTF	0,6	0,7	0,9	0,5	0,3
4.1 <i>production des TIC</i>	0,2	0,3 ⁶	0,2	0,3	0,3 ⁵
4.2 autres (PTF résiduelle)	0,4	0,4	0,7	0,3	...
p.m. - contribution directe des TIC⁶ (3.1 + 4.1)	0,6	0,7	0,7	0,7	0,6
- part ⁷ de l'accélération de la productivité horaire expliquée par:					
• la contribution directe des TIC [(3.1 + 4.1) : 1]	58	68	47	74	93
• la PTF résiduelle [4.2 : 1]	44	39	47	26	...

¹ Données corrigées pour le cycle conjoncturel et pour diverses erreurs de mesure relevées par l'auteur dans les indices de prix publiés par l'administration américaine.

² Différence entre les taux de croissance observés au cours des deux sous-périodes considérées, ceux-ci étant calculés comme la moyenne des pourcentages de variation par rapport à l'année précédente.

³ Calculée par solde.

⁴ Facteur non pris en compte dans l'analyse.

⁵ Gains de PTF associés à la production d'ordinateurs et de semi-conducteurs incorporés dans les ordinateurs.

⁶ Somme de la contribution des composantes TIC du stock de capital et de la contribution des gains de PTF associés à la production des TIC. En d'autres termes, les gains éventuels de PTF liés à la diffusion des TIC ne sont pas inclus.

⁷ En pour cent.

considérées et les auteurs en ont déduit que la diffusion du progrès technique, symbolisée dans l'équation 13 par le paramètre d'externalités de réseau θ , était en cours aux Etats-Unis et commençait à y porter ses fruits en termes de productivité. Les résultats de Gordon, quant à eux, font apparaître une absence de contribution de la PTF résiduelle. Contrairement aux autres études sous revue, Gordon a soustrait, de l'évolution de la productivité, sa composante cyclique. Il a également tenu compte d'erreurs de mesure en ce qui concerne les prix. Enfin, il a attribué un poids plus important aux gains de productivité dans la production d'ordinateurs et de semi-conducteurs.

Les estimations dégagées par le passé, notamment par les mêmes auteurs (Oliner et Sichel, 1994; Jorgenson et Stiroh, 1999; ...), faisaient apparaître une contribution des TIC tant à la croissance de la production qu'à l'accélération de la productivité horaire sensiblement inférieure à celles dégagées plus récemment et présentées au tableau 9. La révision récente à la hausse de ces estimations provient en partie de l'extension²⁵ du champ d'application de ces études aux logiciels et aux équipements de communication. Parmi les autres éléments d'explication envisagés, on citera, outre la réponse par les faits, l'apport d'Internet depuis 1995 et l'adoption d'une mesure du stock de capital productif en lieu et place d'une mesure de la valorisation du stock de capital.

L'importance des TIC comme facteur de croissance de la productivité aux Etats-Unis résulte aussi de l'application dans ce pays²⁶ d'indices de prix hédoniques, c'est-à-dire de déflateurs qui tiennent compte de l'évolution de la qualité des produits et, in casu, des ordinateurs et d'autres biens des TIC. Jorgenson et Stiroh (2000) illustrent l'apport des indices de prix hédoniques en proposant une analyse de sensibilité de leurs

²⁵ Cette extension découle elle-même de l'élargissement de la définition des TIC retenue par l'Administration américaine (ESA, 1998 et 1999) ainsi que de la révision des comptes nationaux mise en œuvre en octobre 1999, depuis laquelle les logiciels sont traités comme des investissements et non plus comme des consommations intermédiaires.

²⁶ Dans la plupart des pays de la zone euro, dont la Belgique, les indices de prix hédoniques ne sont pas appliqués. Le test de sensibilité effectué à l'encadré 3 pour l'économie américaine donne une idée des différences de résultats par rapport à la situation actuelle, qui pourraient découler d'une mise en œuvre de ces indices dans l'ensemble de la zone euro, en particulier pour ce qui est des divergences d'évolution observées ces dernières années entre cette zone et les Etats-Unis. A cet égard, Cecchetti (2000) estime que l'application dans la zone euro du déflateur hédonique utilisé aux Etats-Unis aurait permis d'accroître la croissance de la productivité mesurée dans la zone d'environ 0,25 point de pourcentage au cours des cinq dernières années, ce qui réduirait le différentiel de croissance de la productivité du travail entre les deux zones précitées à un chiffre compris entre 0,25 et 0,75 point de pourcentage. Une étude réalisée au sein de la Réserve fédérale (Gust et Marquez, 2000), en revanche, indique que l'absence de recours aux indices de prix hédoniques dans les pays autres que les Etats-Unis n'explique probablement pas les moindres performances de productivité que l'on y mesure par rapport à celles des Etats-Unis. Gust et Marquez étayaient leur thèse de trois arguments. Premièrement, dans certaines pays qui utilisent ces indices hédoniques, en ce compris la France, la croissance de la productivité s'est ralentie. Deuxièmement, dans la plupart des pays qui ne recourent pas à ces indices de prix hédoniques, en ce compris l'Allemagne et l'Italie, la part des TIC dans la valeur ajoutée est relativement réduite. Troisièmement, d'autres différences méthodologiques entre les Etats-Unis et un certain nombre de pays avancés, comme l'utilisation aux Etats-Unis d'indices de prix à pondération chaînée ("chain-weighted") plutôt qu'à pondération fixe ("fixed-weighted") peuvent compenser, au moins partiellement, l'incidence sur les prix et, partant, sur les agrégats macroéconomiques à prix constants, de l'usage ou non des indices de prix hédoniques.

résultats de comptabilité de la croissance à des hypothèses alternatives d'évolution des prix de certains biens et services des TIC (voir encadré 3).

Encadré 3 Sensibilité des résultats d'un exercice de comptabilité de la croissance aux hypothèses d'évolution des prix retenues pour certains biens et services des TIC.

L'estimation de référence de l'équation de comptabilité de la croissance de Jorgenson et Stiroh (2000) repose sur les données de prix officielles publiées dans les comptes nationaux. Celles-ci ne fournissent pas nécessairement une image fidèle de la réalité pour deux raisons. Premièrement, parmi les équipements de communication, seul le matériel de téléphonie est déflaté à l'aide d'un indice de prix hédonique. Deuxièmement, parmi les logiciels, seuls les logiciels génériques subissent un tel traitement: les logiciels pour compte propre sont déflatés à l'aide d'un indice de coût des facteurs et les logiciels spécifiques le sont en recourant à une moyenne pondérée des déflateurs utilisés pour les deux catégories de logiciels précitées.

En conséquence, Jorgenson et Stiroh (2000) ont testé la sensibilité de leurs résultats de comptabilité de la croissance à deux autres hypothèses d'évolution des prix des logiciels et des équipements de communication. La première est celle d'une baisse des prix "modérée": l'usage du déflateur hédonique appliqué pour les logiciels génériques est étendu à l'ensemble des logiciels et les prix des équipements de communication diminuent à un rythme annuel de 10,7 p.c. La deuxième hypothèse est celle d'une baisse "rapide" des prix: Jorgenson et Stiroh supposent ainsi des baisses de prix annuelles de 16 p.c. pour les logiciels et de 17,9 p.c. pour les équipements de communication.

Il ressort du tableau 10 que plus les baisses supposées des prix sont fortes, plus la croissance de la production et de la productivité horaire est élevée. En outre, l'accélération de la croissance de ces deux variables entre les deux moitiés de la décennie nonante se trouve également intensifiée par le recours à de telles hypothèses. La décomposition de la croissance de la production et de la productivité horaire, de même que de l'accélération de celle-ci, est également affectée par les hypothèses d'évolution des prix. Ainsi, si les contributions du facteur travail et du capital autre que celui lié aux TIC restent inchangées, celles du capital des TIC et des gains de productivité dans le secteur producteur de TIC sont revues à la hausse. Il s'ensuit que la contribution directe des TIC à la croissance de la production et de la productivité est d'autant plus élevée que la baisse supposée des prix des produits des TIC est forte. En outre, le rythme de croissance de la PTF résiduelle est d'autant moins élevé que la baisse supposée des prix des produits des TIC est forte.

Tableau 10 - Sensibilité d'une analyse de la comptabilité de la croissance à diverses hypothèses d'évolution des prix des produits des TIC aux Etat-Unis¹

(contributions à la variation de la production²; moyennes annuelles)

	Estimation de référence ²		Baisse des prix modérée ³		Baisse rapide des prix ⁴	
	1990-1995	1996-1998	1990-1995	1996-1998	1990-1995	1996-1998
Production ⁵	2,7	4,7	2,9	4,9	3,0	5,1
dont: - Heures de travail	1,3	2,3	1,4	2,4	1,4	2,4
- Productivité horaire	1,4	2,4	1,5	2,5	1,6	2,7
dont: - Travail	1,2	1,6	1,2	1,6	1,2	1,6
- Capital des TIC	0,5	0,9	0,7	1,2	0,9	1,4
- Autre capital	0,7	1,2	0,7	1,2	0,7	1,2
- PTF résultant de la production des TIC	0,2	0,4	0,5	0,6	0,6	0,9
- PTF résiduelle	0,1	0,6	-0,2	0,3	-0,4	...

Source: Jorgenson et Stiroh (2000).

¹ Production intérieure du secteur privé.

² Basée sur les données de prix officielles publiées dans les comptes nationaux.

³ L'usage du déflateur hédonique appliqué pour les logiciels génériques est étendu à l'ensemble des logiciels. Les auteurs supposent, en outre, que les prix des équipements de communication diminuent à un rythme annuel de 10,7 p.c.

⁴ Jorgenson et Stiroh supposent des baisses de prix annuelles de 16 p.c. pour les logiciels et de 17,9 p.c. pour les équipements de communication.

⁵ Moyenne des pourcentages de variation par rapport à l'année précédente.

3.2.3 Durabilité du choc de productivité

L'objectif poursuivi dans la présente sous-section est de discuter quelques éléments qui pourraient influencer le cours futur de la productivité aux Etats-Unis. En particulier, on examinera si l'accélération de la productivité observée depuis 1995 est spécifique à certains secteurs ou est généralisée à travers l'économie américaine. On évaluera également la probabilité que l'accélération se maintienne dans le temps au niveau macroéconomique à la lumière des développements des cycles conjoncturels, de l'épargne et de l'investissement ainsi que de la diffusion des TIC.

a) *Diffusion des gains de productivité à travers l'économie américaine*

Une méthodologie utile pour distinguer l'évolution de la productivité horaire selon qu'elle est spécifique aux entreprises d'un même secteur ou qu'elle résulte d'un déplacement de l'emploi d'un secteur à l'autre est le test du changement de structure. La logique de celui-ci a été présentée à la sous-section 2.1.

Une recherche antérieure (Nyssens et al., 2000) basée sur des données relatives à 24 secteurs pour les Etats-Unis et un ensemble de pays de l'UE concernant les périodes 1981-1990 et 1991-1996, fait apparaître que "l'effet de structure a été, au cours des deux périodes et pour les deux économies considérées, légèrement négatif mais extrêmement faible en valeur absolue". L'explication avancée par les auteurs rejoint celle mise en avant à la sous-section 2.1: au cours des sous-périodes considérées, la main-d'œuvre s'est, davantage qu'auparavant, déplacée vers le secteur tertiaire dont le niveau de productivité est inférieur à celui observé dans l'industrie.

Des calculs récemment publiés confortent la faiblesse relative de l'effet de structure (Scarpetta et al., 2000). En particulier, les économistes de l'OCDE proposent pour 14 pays dont ceux du G7 une décomposition de la croissance de la productivité du travail dans le secteur privé marchand non agricole en trois facteurs:

- un "effet intrasectoriel", lequel mesure la croissance de la productivité au sein des secteurs;
- un "effet de transfert net" ou "effet de changement de structure" ou "effet intersectoriel", lequel mesure l'impact sur la productivité d'un transfert d'emplois entre secteurs;

- un effet résiduel appelé "effet d'interaction"²⁷.

Les tests de sensibilité effectués par Scarpetta et al. (op. cit.) montrent que, dans le cas des Etats-Unis, quelle que soit la désagrégation sectorielle envisagée²⁸, les gains de productivité dus à des effets intrasectoriels ont expliqué l'essentiel de la croissance de la productivité du travail, et ce non seulement au cours de la sous-période 1979-1990, mais surtout au cours de la sous-période la plus récente prise en considération, à savoir 1990-1997. L'effet de changement de structure, qui jouait encore un rôle non négligeable au cours des sous-périodes 1970-1979 et 1979-1990, contribuant à la hausse de la productivité à raison d'environ 0,7 point de pourcentage, est devenu négligeable au cours de la sous-période 1990-1997, la contribution de celui-ci à la hausse de la productivité ne dépassant pas 0,2 point de pourcentage. En outre, l'effet de structure est insignifiant lorsque l'on confine l'analyse au seul secteur manufacturier.

La faiblesse de l'effet de changement de structure n'implique nullement que des réallocations de ressources ne s'opèrent pas au sein de l'économie, mais celles-ci trouvent leur place au sein des secteurs. Des études effectuées à partir de données au niveau des entreprises montrent en effet que, dans le secteur manufacturier américain, environ la moitié de la croissance de la PTF sur une décennie peut être imputée à la réallocation de productions et de facteurs des entreprises les moins productives vers les entreprises les plus productives (Haltiwanger, 2000).

En résumé, les travaux susvisés montrent que "les explications des tendances de la productivité observées au niveau macroéconomique sont à mettre en rapport avec les développements qui affectent les secteurs pris individuellement" (Elmeskov et Scarpetta, 2000).

Les études menées aux niveaux macro, méso et microéconomique confirment ce résultat sur la base de méthodologies autres que celle du changement de structure.

²⁷ "Celui-ci a une contribution négative lorsque les branches dont la productivité relative s'accroît perdent de leur importance ou lorsque les branches où la productivité baisse tendent à se développer" (OCDE, 2000b, p. 198).

²⁸ Dans l'analyse de référence dont les résultats sont évoqués ici, la désagrégation sectorielle retenue par l'OCDE est la désagrégation maximale disponible dans la base de données ISDB-STAN de cette organisation, à savoir une subdivision à 2 chiffres de la classification ISIC pour les services et une subdivision à 3 ou 4 chiffres de cette même classification pour le secteur manufacturier. L'OCDE a également entrepris des tests de sensibilité pour les Etats-Unis. Trois désagrégations sont prises en considération: premièrement, une désagrégation à un chiffre seulement; deuxièmement, une désagrégation proche de celle utilisée dans l'analyse de référence, à savoir des données détaillées pour le secteur manufacturier et des agrégats plus larges pour les secteurs d'extraction et les services; troisièmement, la désagrégation la plus détaillée avec 58 branches (4 branches pour les catégories du secteur de l'extraction, la construction, 20 branches pour l'industrie manufacturière et 33 branches pour les services).

Ainsi, les TIC apportent une contribution significative à la croissance de la productivité tant en ce qui concerne l'ensemble de l'économie (voir sous-section précédente) qu'en ce qui concerne les entreprises, en tout cas celles qui ont profité de l'informatisation pour adapter leur processus de production, leur pratique de travail et leur organisation (Brynjolfsson et Hitt, 1998a et b et 2000, Mc Guckin et al., 1998). Un certain nombre d'études de cas et d'études menées au niveau des entreprises, passées en revue par Brynjolfsson et Hitt (1998b), indiquent que les facteurs organisationnels ont une grande influence sur la valeur des investissements dans les TIC et qu'en moyenne, ceux-ci bénéficient de façon plus que proportionnelle aux entreprises qui recourent à un ensemble de pratiques incluant des travailleurs qualifiés, une décentralisation de la prise de décision et une production en équipe. Ces études font également apparaître que la contribution du matériel informatique aux performances financières de l'entreprise et à la croissance économique est exceptionnellement élevée par rapport à l'investissement dans le matériel informatique considéré isolément. Ainsi, un investissement en matériel informatique de 1 dollar (des Etats-Unis) induit, en moyenne, une variation de 10 dollars dans la valeur de l'entreprise sur le marché boursier (Brynjolfsson et Hitt, 1998a). La plus value additionnelle de 9 dollars est le fruit de dépenses associées à l'investissement en informatique (achat de logiciels, formation et changements organisationnels).

Au niveau mésoéconomique ou sectoriel, le résultat des recherches empiriques²⁹, notamment celles effectuées par Jorgenson et Stiroh (2000, op. cit.), est moins concluant. Ces auteurs présentent une estimation de l'évolution de la productivité apparente du travail et de la PTF³⁰ pour 37 secteurs de l'économie américaine (tableau 11) et pour une période s'étendant de 1958 à 1996. Sur cette longue période de presque quarante ans, la PTF a baissé en moyenne dans neuf secteurs, dont ceux des services et le secteur composite regroupant la finance, les assurances et les agences immobilières. Ces deux derniers secteurs détenaient ensemble en 1996 53,5 p.c. du capital en ordinateurs et 32,6 p.c. du capital de haute technologie³¹ (Mc Guckin et Stiroh, 2000) et étaient considérés, avec le secteur du commerce, comme les plus gros utilisateurs de matériel informatique. L'observation d'une croissance négative de la productivité et, partant, d'une contribution négative à la PTF agrégée - précisément dans ces secteurs qui utilisent le plus intensivement les TIC - va à l'encontre de l'idée selon laquelle l'usage des TIC

²⁹ Aucune de ces études n'inclut la révision des comptes nationaux mise en œuvre en octobre 1999.

³⁰ Le mode de calcul de la productivité au niveau sectoriel diffère quelque peu de celui utilisé au niveau macroéconomique en ce sens que, dans le premier cas, on privilégie le concept de production à celui de valeur ajoutée et on inclut la consommation intermédiaire et l'énergie comme facteurs de production (voir notamment Jorgenson et Stiroh, 2000).

³¹ Celui-ci comprend, dans l'acception de Mc Guckin et Stiroh, les ordinateurs, les instruments scientifiques et les équipements de photocopie et de communication.

Tableau 11 - Productivité apparente du travail et PTF dans 37 secteurs de l'économie américaine sur la période 1958-1996

(moyenne des pourcentages de variation par rapport à l'année précédente)

Secteurs ¹	Productivité apparente du travail	PTF
Fabrication de machines, appareils et fournitures électriques	4,1	2,0
Construction de machines²	3,2	1,5
Industrie textile	2,5	1,2
Agriculture, sylviculture et pêche	3,2	1,2
Fabrication d'instruments médicaux, de précision et d'optique et d'horlogerie	2,6	1,1
Fabrication d'ouvrages en caoutchouc et en matière plastique	1,9	1,0
Commerce de gros et de détail	2,5	1,0
Communications	3,9	0,9
Transports et entrepôts	1,7	0,9
Extraction de charbon	2,3	0,8
Autres industries manufacturiers	2,1	0,8
Fabrication d'articles d'habillement et d'autres produits textiles	2,0	0,8
Fabrication d'ouvrages en métaux ³	1,9	0,7
Industrie chimique et fabrication d'autres produits chimiques	2,0	0,6
Fabrication de meubles et d'accessoires ⁴	1,8	0,6
Fabrication de produits alimentaires et de boissons	1,6	0,5
Electricité	2,5	0,5
Extraction d'autres minéraux	1,5	0,5
Extraction de minerais métalliques	1,0	0,4
Fabrication de papier et d'articles en papier	2,0	0,4
Industries de la pierre, de l'argile et du verre	1,3	0,4
Fabrication de dérivés du pétrole et du charbon ⁵	0,8	0,3
Industries de cuir ⁶	2,1	0,3
Construction de véhicules automobiles, de remorques et de semi-remorques	2,3	0,2
Industrie métallurgique de base	1,5	0,2
Fabrication d'autres matériels de transport	1,0	0,2
Ménages	6,0	...
Pouvoirs publics	0,5	...
Industrie du bois et fabrication d'ouvrages ⁷ en bois et en liège	1,6	...
Banques, assurances et affaires immobilières	0,7	-0,2
Services⁸	0,9	-0,2
Fabrication de produits à base de tabac	0,9	-0,2
Gaz	0,9	-0,2
Extraction de pétrole brut et de gaz naturel	0,9	-0,4
Imprimerie et édition	0,1	-0,4
Construction	-0,4	-0,4
Entreprises publiques	0,5	-0,5

Source: Jorgenson et Stiroh (2000).

¹ Intitulés de la classification SIC 1987 (source: BEA) sauf regroupements opérés par Jorgenson et Stiroh.

² A l'exclusion des machines électriques.

³ A l'exclusion des machines et du matériel.

⁴ A l'exclusion des meubles et accessoires faits principalement en métal.

⁵ Cokéfaction et fabrication de produits pétroliers raffinés.

⁶ A l'exclusion des chaussures en caoutchouc vulcanisé ou moulé et des chaussures en plastique.

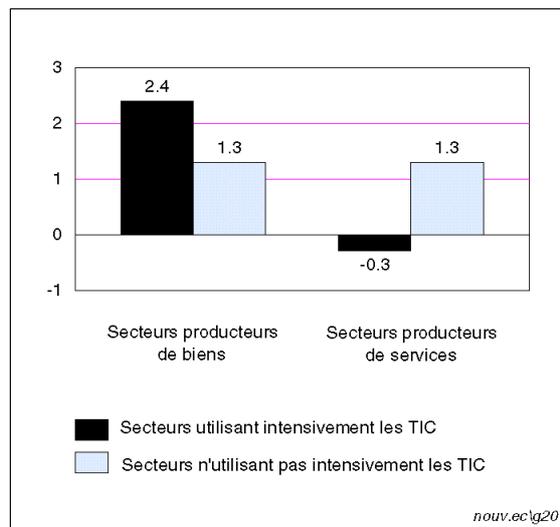
⁷ A l'exclusion des meubles.

⁸ Autres services (Horeca,...).

augmente la productivité à travers l'économie (Jorgenson et Stiroh, 2000). L'explication la plus souvent avancée aux évolutions négatives de la productivité observées dans ces secteurs-clés est celle des problèmes de mesure³², lesquels affectent davantage les activités de services dont la part croît dans le PIB. Dans le même temps, à savoir entre 1958 et 1996, la PTF a augmenté dans une large majorité de secteurs, 28 selon Jorgenson et Stiroh (idem). Ceci signifie que, même si, en excluant les secteurs producteurs de TIC, on devait observer comme Gordon (1999b et 2000b) une absence de contribution de la PTF à l'accélération de la productivité dans le reste de l'économie, la PTF a pu augmenter dans un certain nombre de secteurs qui utilisent intensivement des TIC tout en reculant dans d'autres (Jorgenson et Stiroh, idem).

Graphique 18 - Productivité du travail dans les services et les industries productrices de biens aux Etats-Unis: distinction selon le degré d'utilisation des TIC (1990-1997)

(moyenne des pourcentages de variation par rapport à l'année précédente)



Source: ESA (2000).

Une autre étude, dont les résultats portent sur une sous-période plus récente puisqu'ils couvrent les années 1990 à 1997, confirme l'ambiguïté de l'apport de l'usage des TIC à la productivité (graphique 18). Dans les secteurs producteurs de biens, la productivité par travailleur a progressé davantage dans les sous-secteurs qui utilisent intensivement les TIC: 2,4 p.c. par an sur la période 1990-1997 contre 1,3 p.c. dans ceux qui recourent avec une moindre intensité à ces technologies (ESA, 2000). Par contre, dans les secteurs des services, ceux qui utilisent intensivement les TIC ont accusé une

³² Voir notamment David (1999), Mc Guckin et Stiroh (2000) et Van Ark (2000).

variation annuelle moyenne de la productivité par travailleur de - 0,3 p.c. au cours de la même période, contre 1,3 p.c. pour les secteurs des services qui ne recourent pas intensivement à celles-ci (idem).

Par ailleurs, Jorgenson et Stiroh (2000, op. cit.) relèvent que les secteurs producteurs de TIC ont réalisé des taux de croissance de la productivité apparente du travail et de la PTF parmi les plus élevés au sein des secteurs considérés. Dans le secteur des équipements électroniques et électriques, lequel inclut les semi-conducteurs, la croissance tant de la productivité résiduelle que de la productivité moyenne du travail a en outre été plus élevée que dans le secteur des machines et équipements industriels, lequel comprend le matériel informatique (idem). Ceci conforte les résultats de Oliner et Sichel (2000) et de Triplett (1996) selon lesquels la baisse du prix des semi-conducteurs explique quasiment toute la baisse du prix relatif de l'équipement informatique et, donc, les gains de productivité dans l'industrie informatique deviennent insignifiants quand on les compare aux gains énormes de productivité réalisés dans l'industrie des semi-conducteurs. Ce résultat permet non seulement de reconnaître les semi-conducteurs comme une source essentielle des gains de productivité observés dans le secteur producteur de matériel informatique et le secteur des communications, mais aussi de préciser que la baisse des prix des biens d'investissement en TIC, à l'origine de la substitution des facteurs de production et des gains de PTF incorporés dans le matériel informatique au niveau de l'ensemble de l'économie, est, en grande partie, la conséquence de gains de productivité sectoriels non incorporés (Jorgenson et Stiroh, 2000).

b) Soutenabilité de l'accélération du rythme de croissance de la productivité aux Etats-Unis

Comme indiqué plus haut, on ne peut trancher définitivement la question de la soutenabilité dans le temps de l'accélération observée au moins depuis 1995, du rythme de croissance de la productivité aux Etats-Unis. Néanmoins, les questions suivantes sont abordées:

- en quoi un choc de productivité permanent se différencie-t-il d'un choc d'offre temporaire ?
- si tant est qu'il y ait aux Etats-Unis un choc de productivité lié aux TIC, à quel moment a-t-il commencé à produire ses effets ? La séquence du choc est-elle comparable à

celle liée à d'autres grandes inventions, voire aux révolutions industrielles précédentes ?

- quels indicateurs peuvent aider l'économiste à prendre conscience d'un retournement tel que la fin du choc de productivité ?
- du côté de l'offre et des facteurs liés aux TIC, peut-on s'attendre à ce que les sources de l'accélération de la productivité se tarissent ou, au contraire, continuent à alimenter celle-ci ?

b1 Choc de productivité permanent et choc d'offre temporaire

Jusqu'en 1999, comme évoqué dans l'introduction de l'article, une question relative à la "nouvelle économie" aux Etats-Unis consistait à savoir si la baisse simultanée de l'inflation et du chômage dans ce pays était due à un choc de productivité permanent tel que celui induit par l'essor et la diffusion des TIC ou à une série de chocs d'offre favorables et temporaires (Nyssens et al., 2000; Stiroh, 1999). Ces derniers comprennent la baisse du prix des matières premières et du pétrole libellés en dollar des Etats-Unis observée entre 1996 et 1998, une appréciation de la devise américaine au cours de la même sous-période ainsi qu'une orientation nouvelle dans la politique des soins de santé, qui a permis une meilleure maîtrise des coûts dans ce secteur.

Les effets macroéconomiques d'un choc de productivité permanent sur l'épargne, l'investissement et, partant, le solde courant de la balance des paiements, diffèrent de ceux d'un choc d'offre temporaire (Pakko, 1999).

Dans le cas d'un choc d'offre temporaire comme celui provoqué par la baisse du prix d'un facteur de production importé tel le pétrole, la demande d'investissement n'augmentera que dans la mesure où celui-ci s'avérera rentable à moyen terme, quand le choc ne produira plus ses effets. De la sorte, une baisse temporaire du prix du pétrole est susceptible d'accroître le taux d'utilisation des capacités de production existantes davantage que de stimuler les investissements d'extension de celles-ci. En outre, une hausse temporaire de l'activité économique, induite par le choc, devrait augmenter l'épargne globale dans la mesure où les ménages ont tendance à thésauriser des revenus non récurrents dans la perspective d'un avenir incertain. Dès lors, l'épargne domestique et la demande d'investissement augmentent simultanément. Par conséquent, les pressions à l'accroissement du déficit des balances commerciale et courante sont relativement faibles.

A l'inverse, un choc d'offre permanent, comme celui qui pourrait être généré par l'introduction des TIC dans le processus de production des entreprises, est, davantage qu'un choc d'offre temporaire, de nature à accroître le déficit des transactions courantes dans une proportion non négligeable. D'une part, il permet une augmentation continue de l'investissement et, partant, une extension des capacités productives à mesure que le nouvel équipement remplace le capital rendu de plus en plus vite obsolète. La hausse de la demande d'investissement est d'autant plus forte que la productivité du capital augmente elle-même de façon permanente ou, à tout le moins, pendant une période suffisamment longue, par suite, principalement, du progrès technologique incorporé. D'autre part, l'épargne domestique ne devrait augmenter que faiblement - voire diminuer - parce que les ménages sont moins incités à mettre de côté une partie de l'augmentation de leur revenu en raison de perspectives de croissance durablement favorables.

b2 Mise en perspective temporelle du choc de productivité lié aux TIC aux Etats-Unis

Les données relatives à la PTF présentées au graphique 13 font apparaître une vive accélération de celle-ci dans le secteur privé non agricole hors logement aux Etats-Unis après 1995. Les calculs de comptabilité de la croissance, dont les résultats ont été présentés à la sous-section 3.2.2, montrent une augmentation substantielle de la contribution des TIC à l'accélération de la croissance de la productivité après 1995 également.

Néanmoins, le choc positif de productivité lié aux TIC a-t-il effectivement débuté en 1995 dans le cas des Etats-Unis ? La réponse à cette question n'est pas sans importance quant aux perspectives de durabilité du choc. En conséquence, on replacera dans un premier temps l'évolution récente de la productivité dans son contexte historique. On comparera ensuite l'évolution de la productivité avec celle de la productivité tendancielle. Enfin, on précisera la portée de la question posée en introduction de ce paragraphe dans la perspective de la durabilité du choc.

Le graphique 13 montre que, après avoir atteint un niveau plancher pendant les années septante, le rythme de progression de la PTF a augmenté dès la fin de celles-ci. Cette accélération du taux d'accroissement de la PTF - que cette dernière soit calculée en tenant compte ou non des ajustements pour la qualité des facteurs de production - fait suite à une évolution de la productivité qui a revêtu, selon Gordon (1999a et 2000a et b), la forme d'une "grande vague" amorcée en 1870, date à partir de laquelle cet auteur

propose des données. En effet, le rythme de croissance de la productivité, particulièrement lent (moins de 0,5 p.c. en moyenne annuelle) sur la sous-période allant de 1870 à 1891, s'est accéléré constamment, approchant 1,5 p.c.³³ en moyenne au cours de la sous-période s'étendant entre 1928 et 1950, avant de ralentir constamment jusqu'à la fin des années septante. Durant la dernière sous-période de cette "grande vague", soit entre 1972 et 1979, la PTF a accusé une variation négative de -0,17 p.c.³⁴. Les résultats médiocres en matière de productivité enregistrés par les Etats-Unis à cette époque, en particulier en regard de l'expérience précédente, ont donné lieu à une vaste littérature³⁵ sur le thème du ralentissement de la productivité ("productivity slowdown"). La concomitance du ralentissement de la productivité et de l'émergence des TIC dans la foulée des inventions-phares de la puce-mémoire et du micro-processeur a amené Solow (1987) à énoncer une phrase reconnue depuis comme le "paradoxe de Solow": "on peut voir l'âge de l'informatique partout sauf dans les statistiques de productivité".

Les données relatives à la productivité présentées jusqu'ici ainsi que les calculs de comptabilité de la croissance, à l'exception de ceux de Gordon (1999b et 2000b), incorporent l'effet des cycles conjoncturels alors que ce qui importe en définitive, c'est l'évolution tendancielle de la productivité. Bassanini et al. (2000) a récemment comparé, sur longue période, les évolutions effective et tendancielle de la PTF (non corrigées pour la qualité des facteurs de production) aux Etats-Unis (graphique 19). Au contraire des données établies à partir des séries non corrigées pour le cycle, la série tendancielle a accusé une évolution quasi monotone depuis le milieu de la décennie soixante. Ainsi, la PTF tendancielle a crû à un rythme de moins en moins rapide entre 1965, quand elle avait augmenté à un rythme légèrement supérieur à 2 p.c. et 1978, année où elle a stagné. Depuis lors, le taux de croissance de la PTF tendancielle a augmenté de manière quasiment continue, d'abord lentement jusqu'en 1980, puis plus rapidement en 1981 et 1982, approchant déjà 1 p.c. cette dernière année, chiffre qu'il n'avait plus atteint depuis la fin des années soixante, avant de se maintenir un peu au-delà de 1 p.c. jusqu'à la fin des années quatre-vingt. Ce n'est qu'à partir de 1990 que la croissance de la PTF tendancielle s'est à nouveau accélérée.

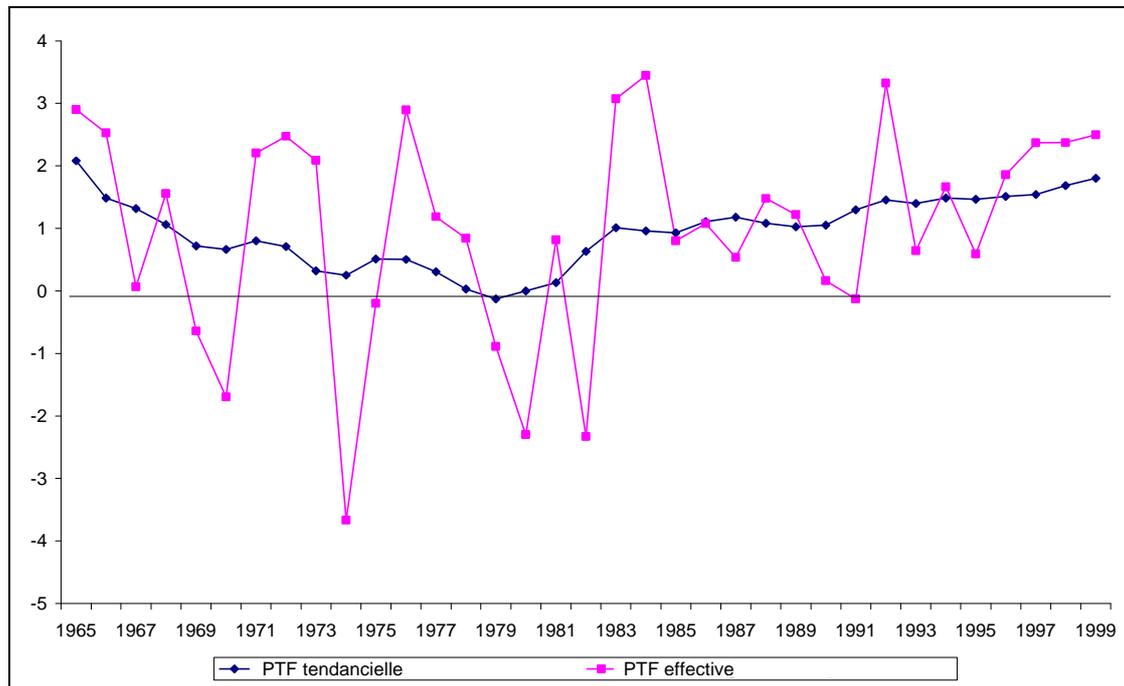
³³ Si l'on considère la série ajustée pour la qualité des facteurs travail et capital. Le taux de croissance annuel moyen de la PTF a été légèrement inférieur à 2 p.c. sur la même sous-période, si l'on se base sur les données non corrigées pour la composition des facteurs de production.

³⁴ Toujours sur la base des données ajustées pour la qualité des facteurs. Si l'on recourt aux données non corrigées pour celle-ci, la sous-période 1972-1979 est également celle où la croissance de la PTF a été la plus faible parmi les sous-périodes considérées par Gordon depuis 1870. Le taux d'accroissement annuel moyen a cependant été (légèrement) positif aux environs de 0,2 p.c.

³⁵ On citera notamment Boucekine (2000), Gordon (1999b et 2000a), Maddison (1987) et Triplett (1999).

Graphique 19 - PTF¹ effective et tendancielle aux Etats-Unis

(pourcentages de variation par rapport à l'année précédente)



Source: Bassanini et al. (2000).

¹ Concept non corrigé pour la qualité des facteurs de production.

Le graphique 19 donne lieu à une double lecture. La première consiste à situer la reprise de la croissance de la PTF tendancielle au début des années quatre-vingt. Le paradoxe de Solow pouvait dès lors être résolu dès ce moment en ce sens que la productivité avait déjà rebondi après un ralentissement limité en définitive aux années septante. Dans ce cas, deux questions peuvent être posées: le rebond de la productivité tendancielle au début des années quatre-vingt est-il lié au développement des TIC ? Dans l'affirmative, combien de temps peut-il encore durer ?

Selon la deuxième lecture, le taux de croissance de 1 p.c. que la productivité tendancielle a accusé dès 1983 représente un retour à la moyenne séculaire après les niveaux historiquement bas enregistrés au cours de la décennie précédente. Aussi, la véritable accélération de la productivité date, au plus tôt, de 1990 de sorte que le choc lié aux TIC est encore récent. Dans ce cas, au-delà de la question de la soutenabilité du choc, le problème à résoudre consiste à expliquer pourquoi il a fallu aussi longtemps pour que les TIC stimulent de manière significative la croissance de la productivité. C'est à cette question que tentent d'apporter des éléments de réponse les théories passées en revue dans la section 4 infra.

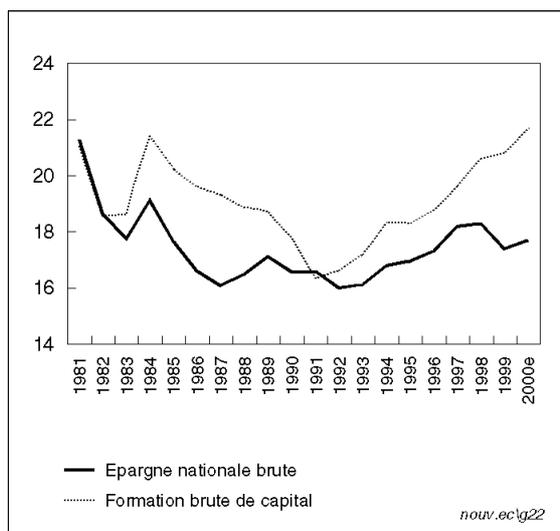
b3 Indicateurs des renversements de tendance en ce qui concerne la productivité

A l'heure actuelle, il se dégage de plus en plus un consensus parmi les économistes pour reconnaître que les Etats-Unis bénéficient d'un choc de productivité positif. Certains indicateurs macroéconomiques, s'ils amorcent un tournant, pourraient annoncer le terme de ce choc.

Ainsi en est-il du solde de la balance courante des paiements. En effet, les déficits importants, élevés et croissants de la balance commerciale des Etats-Unis observés ces dernières années peuvent être interprétés comme une part intégrante "d'une phase de transition importante vers la nouvelle économie" (Pakko, 2000). Comme expliqué supra (b1), un choc de productivité permanent tend à aller de pair avec une augmentation du taux d'investissement et une baisse du taux d'épargne. Ceci correspond à ce que l'on observe dans ce pays, au cours de la décennie nonante, du moins en ce qui concerne le taux d'investissement ainsi que le taux d'épargne des ménages, le solde net à financer des pouvoirs publics s'étant amélioré constamment à partir de 1993, notamment pour freiner la croissance du déficit courant (graphique 20). Dès lors, "la faiblesse de la balance courante des paiements des Etats-Unis est le reflet d'une économie forte en transition" (Pakko, 2000, op. cit.). Aussi, une fois passée la phase initiale de vive expansion de l'investissement, le déficit de la balance commerciale de ce pays devrait se réduire, suggérant que l'expansion économique associée à cette transition, a atteint un stade plus mature. En conséquence, une résorption du déficit courant des Etats-Unis pourrait être un indicateur de la fin du choc de productivité. Un membre du Conseil des Gouverneurs de la Réserve fédérale, E.M. Gramlich (2000), part également d'une analyse en profondeur de la balance courante comme différence entre l'épargne et l'investissement pour évaluer la probabilité d'un maintien de la nouvelle économie aux Etats-Unis. En particulier, il discute de quatre facteurs qui, selon lui, ont contribué à la hausse de la part des investissements dans le PIB. Ces facteurs se décomposent en deux émanant du côté de l'épargne - les flux nets de capitaux en provenance de l'étranger et les surplus budgétaires - et deux du côté de l'investissement, à savoir la baisse du prix relatif de l'investissement et la part croissante de l'investissement dans des biens des TIC dont le rythme d'obsolescence est plus rapide que celui des autres biens en capital.

Graphique 20 - Taux d'épargne et taux d'investissement aux Etats-Unis

(pourcentages du PIB)



Source: CE.

D'autres indicateurs entrent en ligne de compte. Contrairement au solde courant de la balance des paiements, deux d'entre eux ont comme caractéristique commune de ne pas être directement observables. Il s'agit de la croissance de la production potentielle et du NAIRU. Suivant la classification établie par Stiroh (1999) et présentée à l'encadré 4, ces deux indicateurs renvoient respectivement aux modalités d'appréhension 1 et 2 de la "nouvelle économie".

Les différences entre les versions 1 et 2 de la "nouvelle économie" décrites dans l'encadré 4 dépassent la question de l'horizon temporel. Elles ont également trait à la méthodologie et aux théories économiques sous-jacentes. En outre, ce qui importe dans la version de court terme, c'est le *niveau* du taux de chômage qui n'accélère pas l'inflation tandis que la version de long terme cherche à appréhender l'*évolution* de la productivité et de la production.

Sans vouloir entrer ni dans le détail des diverses méthodes³⁶ d'estimation de ces deux indicateurs (croissance potentielle et NAIRU) ni dans un relevé exhaustif des résultats les plus récents, on retiendra les conclusions essentielles des nombreuses études qui y ont été consacrées.

³⁶ Voir Nyssens et al. (2000) ainsi que BCE (2000) pour une description des principales catégories de méthodes d'estimation de la production potentielle.

Encadré 4 Présentation de trois modalités d'appréhension de la "nouvelle économie"

Stiroh (1999) et De Masi (2000) présentent une classification de la "nouvelle économie" en trois versions qui constituent autant de modalités d'appréhension de ce concept. Ces versions ont largement inspiré l'OCDE (2000c, op. cit.) dans l'énoncé des trois caractéristiques de la "nouvelle économie" reprises dans l'introduction de l'article.

La version dite de *long* terme ("long-run growth version"), repose sur l'idée, développée tout au long de l'article, qu'une croissance plus forte de la productivité permet actuellement à l'économie américaine de croître plus rapidement sans engendrer de pressions inflationnistes.

La version dite de *court* terme ou du cycle conjoncturel ("business-cycle version" selon Stiroh ou "resource utilisation view" selon De Masi), suggère que les termes du conflit prévalant à court terme entre les objectifs d'inflation et de chômage ont été altérés, comme le montre la combinaison observée récemment d'un taux de chômage bas et d'une inflation modérée aux Etats-Unis.

La version qualifiée par Stiroh de "sources-of-growth version" et par De Masi de "positive feedback view", postule que la productivité peut croître de plus en plus vite parce que des pans importants de l'économie bénéficient de rendements croissants, d'économies de réseau et d'externalités (Stiroh, op. cit.).

Cette croissance de plus en plus rapide de la productivité observée dans cette troisième version constitue la différence essentielle entre cette version et la version de long terme. En effet, celle-ci n'aboutit pas à la conclusion que le rythme de croissance plus élevé de la productivité observé actuellement se maintiendra durablement, voire s'accélérera encore (De Masi, 2000). Sur la base des deux premiers canaux de transmission entre TIC et augmentation de la productivité, soit le renforcement de l'intensité capitaliste et les gains de PTF réalisés dans la production de TIC, elle tend plutôt à affirmer que l'accélération du rythme de croissance de la productivité au cours des années les plus récentes, ne représente qu'une transition temporaire vers un niveau plus élevé de productivité (idem).

En particulier, un consensus émerge pour affirmer que le NAIRU a sans doute diminué aux Etats-Unis au cours des dernières années, alors même que son niveau initial pouvait être considéré comme relativement peu élevé au regard de la situation dans la zone euro. Une part réduite de cette évolution peut être directement mise en relation avec le développement du secteur des TIC. Ainsi, la réduction du coût de recherche d'un emploi grâce aux TIC aurait, selon les estimations du CEA (2000), contribué à abaisser le NAIRU tant de long terme que de court terme de 0,2 point de pourcentage. Il est cependant prématuré de vouloir esquisser des pronostics quant à une contribution supplémentaire future des TIC à l'évolution du NAIRU ou quant à d'autres canaux de transmission potentiels entre les TIC et le NAIRU.

Pour ce qui est de la croissance potentielle de la production, si un grand nombre d'études effectuées sur la base d'un large éventail de méthodes tendent à aller dans le sens d'une accélération du taux de croissance, l'unanimité n'est pas acquise. A titre d'exemple, à l'aide de modèles recourant à la technique des composantes non observées, un économiste de la Réserve fédérale de Chicago, Kouparitsas³⁷ (1999), constate que le taux de croissance de la production tendancielle qui maintient l'inflation constante n'est pas significativement différent dans les années nonante par rapport à ce qu'il était dans les années septante et quatre-vingt. En outre, les modèles de Kouparitsas suggèrent que les performances de l'économie américaine au cours des années nonante sont dues à des facteurs qui ont augmenté de manière permanente le niveau de ses capacités productives mais qui n'ont pas modifié son taux de croissance tendanciel.

b4 Evolution possible sous-tendant la croissance de la productivité tendancielle

Plutôt que de chercher à évaluer et à projeter dans le temps la croissance de la productivité tendancielle au moyen de relations macroéconomiques, une autre piste envisageable consiste à évaluer la soutenabilité des contributions des principaux facteurs à la croissance de la productivité ou de la production. Cette démarche est privilégiée entre autres par les Macroeconomic Advisers (1999) dont les analyses de comptabilité de la croissance ont, en outre, l'avantage d'être effectuées sur la base de séries potentielles³⁸.

Tableau 16 - Contributions à l'accélération de la productivité potentielle du travail aux Etats-Unis entre 1994 et 1999

(points de pourcentage)

Accélération de la productivité potentielle ¹	2,6
intensité en capital	1,1
dont: - ordinateurs	0,6
progrès technique	0,9
dont: - PTF liée à la production d'ordinateurs	0,3
- biais lié à l'introduction récente d'aspects méthodologiques nouveaux dans la mesure des prix	0,2
résidu non expliqué par le modèle	0,6

Source: Macroeconomic Advisers (1999).

¹ Différence entre les pourcentages de variation par rapport à l'année précédente calculés pour 1994 et 1999.

³⁷ Les estimations de Kouparitsas ont été effectuées à partir de données de production établies avant la révision des comptes nationaux mise en œuvre en octobre 1999.

³⁸ La productivité potentielle y est définie comme le niveau de productivité compatible avec des degrés d'utilisation "soutenables" des facteurs capital et travail.

On retiendra de l'exercice de comptabilité de la croissance résumé au tableau 16 que le rythme de progression de la productivité potentielle s'est fortement accéléré aux Etats-Unis entre 1994 et 1999, passant de 0,3 à 2,9 p.c. L'accélération de 2,6 points de pourcentage entre ces deux périodes s'explique à raison de 1,1 point de pourcentage par l'accroissement de l'intensité en capital, dont environ la moitié est liée au stock d'ordinateurs et le solde à d'autres types d'équipement, et à raison de 0,9 point de pourcentage par des aspects, expliqués par le modèle, du progrès technique. Par solde, environ 0,6 point de pourcentage de l'accélération de la productivité potentielle n'est pas expliqué par le modèle.

Dans une optique de soutenabilité du choc de productivité, on notera que les TIC jouent un rôle non négligeable dans l'accélération de la productivité potentielle, contribuant à raison d'environ 2/5 à la partie expliquée de celle-ci en dépit du fait que l'analyse a été réalisée avant la révision des comptes nationaux mise en œuvre en octobre 1999. En outre, contrairement aux phases d'expansion des années cinquante et soixante, caractérisées par une accélération de la croissance de la productivité potentielle expliquée à raison de 2/3 par le progrès technique et 1/3 par l'accroissement de l'intensité en capital, plus de 3/5 de la partie expliquée de l'accélération du rythme de progression de la productivité potentielle entre 1994 et 1999 est liée à un renforcement de l'intensité capitaliste et, donc, à une diffusion du progrès technique incorporé dans les TIC³⁹.

Certains arguments permettent de penser que l'accroissement de l'intensité en capital des TIC, le principal moteur de la croissance de la productivité potentielle aux Etats-Unis, devrait se poursuivre et, de fait, au cours du premier semestre de l'an 2000, le stock d'équipements a continué à croître rapidement. Cette évolution peut être attribuée à la prolongation de la tendance à la baisse du prix relatif des ordinateurs. Celle-ci constitue non seulement un indice des progrès techniques réalisés dans la production des TIC mais également l'incitant principal de la substitution du capital des TIC à d'autres facteurs de production dans l'ensemble des secteurs de l'économie. Or, étant donné l'important délai entre découverte et application dans l'industrie informatique - et les découvertes en cours⁴⁰ -, les Macroeconomic Advisers (1999, idem) s'attendent à ce que les prix des

³⁹ Comme on l'a évoqué plus haut (a à la fin), Jorgenson and Stiroh (2000) montrent, sur la base de calculs relatifs aux productivités sectorielles, que le progrès technique incorporé dans les biens des TIC découle en grande partie des gains de PTF non incorporés dans la production de semi-conducteurs.

⁴⁰ Intel, par exemple, a présenté en décembre 2000 une nouvelle technologie de fabrication des circuits intégrés qui permettra un décuplement des performances. Le nombre de transistors dans un microprocesseur serait porté de 42 millions dans la meilleure génération actuelle (P4) à environ 400 millions. Parallèlement, la taille des transistors élémentaires dans un circuit intégré sera considérablement réduite et les microprocesseurs, qui atteignent actuellement une fréquence de 1 GHz, atteindront, d'ici 2005, une fréquence de 10 GHz.

ordinateurs à qualité constante continuent à diminuer. Ils concluent en conséquence qu'"aussi longtemps que ce mouvement se poursuivra, la contribution des TIC à la croissance de la productivité se maintiendra et pourrait même devenir plus grande encore".

Gramlich (2000) partage cet optimisme dans la prolongation d'une croissance forte de la productivité aux Etats-Unis tirée par l'investissement notamment dans les TIC sur la base de deux arguments. D'une part, l'effet accélérateur à la baisse sur les investissements qui pourrait découler d'un ralentissement de la croissance de la production pourrait ne pas se mettre en branle en raison du niveau extrêmement bas des stocks atteint grâce, notamment, à l'apport des TIC à une gestion efficiente de ceux-ci. D'autre part, selon Tevlin et Whelan (2000), "l'effet accélérateur" s'appliquerait moins pour les investissements dans les TIC que pour les formes plus traditionnelles d'investissements. Ceci tient à la nature même du capital des TIC, lequel se caractérise par une dépréciation très rapide et, donc, par la nécessité de le remplacer par du capital neuf au contenu en haute technologie toujours plus élevé.

Les économistes restent néanmoins partagés dans leur appréciation du cours futur de la productivité potentielle aux Etats-Unis, certains d'entre eux prévoyant une relative stabilisation du rythme de progression de celle-ci au cours des prochaines années.

Un plus grand nombre d'économistes s'attendent à un repli du taux de croissance de la production potentielle car la réserve de main-d'œuvre tend à s'épuiser à mesure que le taux de participation et le nombre d'heures prestées par travailleur augmentent.

En outre, une large majorité d'économistes anticipent un taux de croissance moins élevé de la production. De la sorte, l'excédent de la demande globale sur l'offre devrait se résorber petit à petit. Au vu du ralentissement en cours de la croissance de la production, et notamment du rythme de croissance moins élevé de la consommation des ménages que l'on peut observer depuis le deuxième trimestre de l'année 2000, la correction paraît amorcée.

4 THEORIES EXPLICATIVES DES EVOLUTIONS SUR LONGUE PERIODE DE LA PRODUCTIVITE

La présente section explore les théories susceptibles d'apporter des éléments d'explication à deux phénomènes qui ont caractérisé l'économie américaine depuis le début des années septante, à savoir, successivement, le ralentissement de la productivité ("productivity slowdown") et la récente accélération de celle-ci. Selon certaines théories, le développement d'une technologie à usage général (TUG), les TIC par exemple, a pu contribuer à ces deux évolutions, ce qui apporte une solution attrayante au paradoxe de Solow évoqué à la section 3.

4.1 Paradoxe de Solow et hypothèse de changement de régime technologique

Jusqu'il y a peu a prévalu l'idée - paradoxale - selon laquelle le développement des TIC était allé de pair avec un ralentissement de la productivité de l'économie envisagée dans son ensemble, à l'exception des secteurs producteurs de TIC, ce ralentissement affectant, particulièrement, certains secteurs qui font un usage intensif de ces technologies.

Aujourd'hui, par contre, la plupart des exercices de comptabilité de la croissance, effectués au niveau macroéconomique, présentés dans la section 3, débouchent sur la conclusion que les TIC ont contribué à l'accélération récente de la productivité. Demeure toutefois la question de savoir pourquoi les TIC, dont les innovations fondamentales datent de la fin de la décennie soixante, n'ont pu empêcher le ralentissement de la productivité après 1973.

David (1999) avance trois arguments pour expliquer ces faits.

Tout d'abord, la solution du paradoxe peut être trouvée dans les statistiques elles-mêmes. En effet, si on ne peut voir la trace des ordinateurs dans les statistiques de la productivité mesurée, cela peut être dû à des problèmes de mesure⁴¹.

⁴¹ Aghion et Howitt (1998a) indiquent que lorsqu'une nouvelle TUG est introduite, plusieurs problèmes de mesure peuvent se combiner de manière à créer l'illusion d'une récession alors que l'économie croît à un rythme élevé. Les deux principaux problèmes de mesure identifiés par ces auteurs sont le "knowledge-investment problem" et le "knowledge input problem". Le premier surgit en raison du fait que la connaissance est beaucoup moins facile à mesurer que le capital physique. Le second problème vient du fait que de nombreuses activités contribuant à l'accumulation de connaissances ne sont considérées dans la comptabilité nationale que comme des facteurs de production et non comme une production.

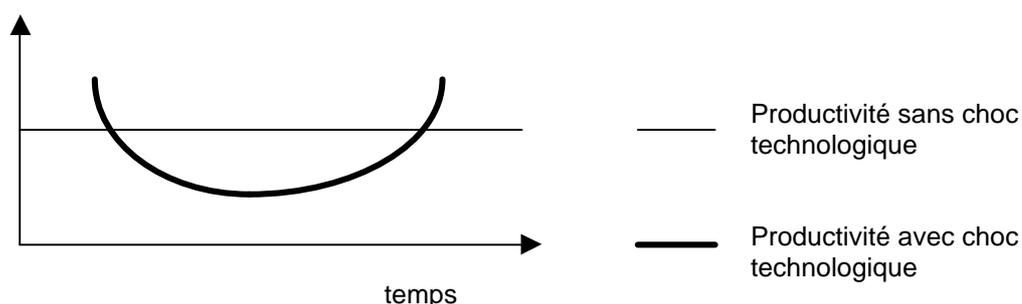
Ensuite, les attentes en termes de productivité suscitées par l'avènement des TIC ont été exagérées. Il s'en est suivi un phénomène de "désillusion" vis-à-vis des TIC. Celle-ci peut être expliquée pour deux raisons: d'une part, l'introduction des TIC sur le lieu de travail, notamment dans le secteur des services, est à l'origine d'effets pervers sur la productivité. D'autre part, des facteurs temporaires ont contribué aux taux de croissance élevés de la PTF qui ont caractérisé les performances de l'économie américaine après la Deuxième guerre mondiale. Aussi, le ralentissement de la productivité était inévitable. En effet, les anciennes technologies, celles-là même qui résultent des "grandes inventions" du siècle écoulé recensées par Gordon (2000b), ne fournissent plus de gains d'efficience dans de nombreux pans de l'industrie, tandis que l'utilisation des TIC dans d'autres secteurs, en particulier ceux des services, ne répond pas encore aux attentes en termes de productivité.

Enfin, le troisième argument repose sur l'hypothèse de "changement de régime technologique" formulée par Freeman et Perez (1990). Celle-ci signifie que de nombreuses adaptations technologiques, institutionnelles et sociales complémentaires sont nécessaires pour tirer parti de changements technologiques radicaux et qu'elles ne sont ni instantanées ni dépourvues de coût. C'est ainsi que sur la base d'autres expériences d'introduction de TUG (machine à vapeur, dynamo électrique, moteur à combustion interne, ...), David (1990 et 1991) a développé l'idée qu'il était possible qu'une phase étendue de transition était requise pour passer à un régime technologique et organisationnel construit autour d'une TUG digitale, l'ordinateur. Aussi, durant cette phase de transition, la productivité peut accuser une croissance inférieure à celle qu'elle aurait accusée en l'absence de percée d'une nouvelle TUG et ce n'est qu'après cette phase que la productivité peut atteindre puis dépasser le niveau de productivité qu'elle aurait atteint en l'absence de choc technologique (graphique 21).

La relation non linéaire, illustrée ci-dessous, entre les débuts de l'exploitation économique d'une TUG, la diffusion de celle-ci et ses effets sur la croissance de la productivité globale pourrait être appliquée à la révolution digitale. Celle-ci, dont les prémises remontent à la fin des années soixante, pourrait avoir contribué au ralentissement de la productivité observé aux Etats-Unis au cours des années septante - voire quatre-vingt - ainsi qu'à l'accélération récente de celle-ci dans ce même pays.

Graphique 21 - Productivité avec et sans choc technologique

(pourcentages de variation par rapport à la période précédente)



La thèse développée dans les théories sous-tendant cette intuition est résumée par Boucekine (2000) comme suit: "il y a bien eu une nouvelle Révolution Industrielle mais il faut du temps pour que les rouages du changement de régime technologique s'articulent. Entre-temps, les gains en productivité peuvent stagner, voire baisser".

Le reste de la section est consacrée à une présentation succincte de modèles établissant un lien de causalité (non linéaire) entre développement d'une TUG et productivité. On considérera, entre autres des modèles de croissance à générations de capital ("vintage capital models") et des modèles schumpétériens, et on mettra en évidence les mécanismes et facteurs-clés à l'origine de la relation non linéaire entre ces deux variables.

4.2 Modèles à générations de capital

4.2.1 Introduction

Le modèle néoclassique de Solow (1957) dont est inspirée la comptabilité de la croissance telle que décrite dans la section 2, ne peut expliquer cinq faits relatifs à l'économie américaine (Greenwood et Jovanovic, 1999):

- le ralentissement de la productivité après 1973;
- la baisse du prix des biens en capital par rapport au prix des biens de consommation⁴²;

⁴² Il s'agit d'un premier symptôme de l'obsolescence de l'ancienne génération de capital provoquée par l'arrivée d'une nouvelle génération de capital de meilleure qualité. L'incorporation (partielle) du progrès technique constitue un autre symptôme de ce phénomène d'obsolescence.

- le fait que la productivité d'une usine mettant en œuvre les meilleures méthodes dépasse largement celle de l'usine moyenne⁴³;
- la hausse récente des inégalités salariales;
- le fait que progrès technique est, pour partie, incorporé dans les nouvelles générations de capital⁴⁴.

Afin de rendre compte de ces faits, diverses adaptations ont été progressivement apportées au modèle, d'abord par Solow lui-même, ensuite, par d'autres auteurs. Solow (1960) a rencontré le cinquième fait directement en développant un modèle comportant trois équations (21 à 23), où le progrès technique est incorporé sous la forme de nouveaux biens en capital.

$$Y = f(K, L) = z K^\alpha L^{1-\alpha} \quad (21)$$

$$Y = C + I \quad (22)$$

$$\dot{K} = q I - \delta K \quad (23)$$

La première équation du modèle est une fonction de production usuelle caractérisée par des rendements constants, dans laquelle z ⁴⁵ est le progrès technique neutre. Cette forme de progrès technique, de nature non incorporée, affecte, dans une même mesure, la productivité de tous les facteurs de production, anciens ou nouveaux. La deuxième équation représente la contrainte des ressources d'une économie fermée: la production est égale à la somme de la consommation (C) et de l'investissement (I). La troisième équation donne la loi d'évolution du stock de capital: le stock de capital augmente avec l'investissement et diminue avec la dépréciation (physique) du capital (δ). q représente la technologie de production des nouveaux biens d'équipement. Si q augmente dans le temps, davantage de nouveaux biens de capital sont produits pour la même quantité de bien final non consommée. Cette forme de progrès technique est spécifique aux biens de capital. Dès lors, des variations de q (\hat{q}) peuvent être interprétées comme le progrès technique spécifique aux biens de capital, que l'on peut, en

⁴³ Le modèle de Solow (1956, 1960) repose sur l'hypothèse selon laquelle toutes les entreprises utilisent la même fonction de production, c'est-à-dire le même agencement des facteurs.

⁴⁴ Le modèle de Solow (1956, 1957) postule que le progrès technique est exogène. Solow suppose aussi que la mise en œuvre du progrès technique est gratuite et que celui-ci améliore la productivité de tous les facteurs de production, anciens et nouveaux, dans la même mesure. La littérature sur les théories de la croissance fait référence au concept de progrès technique neutre (Barro et Sala-i-Martin, 1995; Greenwood et Jovanovic, 1999). D'après les calculs effectués par Greenwood et Jovanovic (1999), le progrès technique neutre explique seulement 35 p.c. de la croissance économique américaine au cours de l'après-guerre, le progrès technique lié à l'investissement, concept similaire au progrès technique incorporé, expliquant 65 p.c. de celle-ci.

⁴⁵ Le terme z se distingue du terme A utilisé à la section 2 en ce qu'il ne comporte pas le progrès technique incorporé, lequel est inclus dans le facteur capital via la variable q (voir ci-après).

simplifiant, identifier au progrès technique incorporé. On notera que, dans ce modèle, il faut investir pour bénéficier du progrès technique incorporé, alors que dans le modèle néo-classique de Solow, le progrès technique s'apparente davantage à une manne céleste. En outre, à l'équilibre compétitif, le progrès technique spécifique à l'investissement est l'inverse du prix relatif des nouveaux biens en capital en termes du bien final (p). En effet, plus q augmente (en présence de progrès technique incorporé⁴⁶), plus le prix relatif du capital baisse.

$$q = 1/p \quad (24)$$

La prise en compte du progrès technique incorporé dans les biens d'investissement permet de reconstituer un stock de capital exprimé en unités d'efficience. En calculant la PTF (égale ici au progrès technique neutre) comme le résidu dans une équation de comptabilité de la croissance avec cette série "corrigée" du capital, Greenwood et Jovanovic (1999) obtiennent un ralentissement de la productivité encore plus marqué que celui dégagé dans le modèle néoclassique. A ce stade du développement du modèle à générations de capital, on peut conclure que le progrès technique lié à l'investissement a crû sensiblement après 1973 et que, dans le même temps, le rythme de progression de la productivité a baissé sans qu'on ne puisse expliquer ce dernier mouvement. Pour réconcilier le modèle et les faits présentés en introduction à la présente sous-section, ces auteurs doivent introduire un élément d'hétérogénéité au niveau des entreprises ainsi qu'un mécanisme d'ajustement aux nouvelles technologies (délais, ...).

Introduire un élément d'hétérogénéité revient à lever une des trois hypothèses suivantes posées par Solow (1960): les rendements d'échelle sont constants; la PTF est la même dans toutes les entreprises; et le nombre d'entreprises de chaque génération ne varie pas dans le temps. Ceci permet notamment de prendre en compte des phénomènes d'externalités et de rendements croissants, des divergences d'évolution de la productivité entre entreprises et des dynamiques de création et de destruction d'entreprises.

La prise en compte d'un mécanisme d'ajustement aux nouvelles technologies est une autre condition nécessaire à remplir pour que le modèle puisse rendre compte du

⁴⁶ Si on suppose q constant et égal à un, on se retrouve dans le modèle néoclassique de Solow (1956 et 1957). Dans ce cas, en effet, le progrès technique est neutre (non incorporé) et pour toute unité non consommée de bien final, on produira toujours la même quantité de biens de capital (Boucekkine, 2000).

ralentissement de la productivité observé au moment où une nouvelle technologie apparaît. Le mécanisme peut être modélisé de manière plus ou moins complexe: il peut être considéré comme un élément intégré dans un modèle où le progrès technique lié à l'investissement est exogène (4.2.2) ou comme le moteur d'un modèle de croissance endogène (4.2.3).

4.2.2 Mécanismes d'ajustement aux technologies dans des modèles où le progrès technique lié à l'investissement est exogène

On présentera ici deux mécanismes d'ajustement à des technologies nouvelles, et ce sans chercher à expliquer les évolutions du progrès technique lié à l'investissement. Il s'agit, d'une part, des effets d'apprentissage et, d'autre part, des délais dans la diffusion de technologies nouvelles.

a) *Effets d'apprentissage*

Les effets d'apprentissage peuvent expliquer le ralentissement de la productivité parce que la mise en œuvre des innovations requiert un processus d'adoption assez coûteux (Boucekkine, 2000). A supposer même que toutes les entreprises de tous les secteurs décident d'adopter instantanément les nouvelles techniques, elles n'en maîtrisent pas tous les rouages dès leur acquisition (idem). Pendant le processus d'apprentissage qui commence alors, les nouvelles techniques et les nouvelles machines ne sont pas encore utilisées de manière pleinement efficace (idem). Ce processus graduel peut durer quelques années comme le montrent les travaux empiriques sur la question.

Greenwood et Jovanovic (1999) modélisent la courbe d'apprentissage à l'aide des deux équations suivantes:

$$z_{\tau} = (1 - z^* e^{-\lambda\tau})^{\alpha} \quad (25)$$

$$z^* = \omega \hat{q}^{\mu} \quad (26)$$

où z_{τ} est la PTF d'une entreprise d'âge τ

λ , α , ω et μ sont les paramètres, tous positifs, de la courbe d'apprentissage.

Ici, le coût d'apprentissage est indirect⁴⁷ (Boucekkine, 2000): le coût réside dans le simple fait que le processus d'apprentissage suppose une utilisation suboptimale des nouveaux biens d'équipement au moins au début. En effet, la variable de PTF (z_t) ne vaut 1 que si l'entreprise est capable d'obtenir le maximum de rendement de ses investissements. Ceci est supposé être impossible juste après l'acquisition des nouveaux biens de capital: initialement, $z_0 = (1-z^*)^\alpha < 1$. La "quantité à apprendre" est égale à $1 - (1-z^*)^\alpha$.

Aussi, plus z^* est élevé, moins la productivité initiale est grande et plus il reste à apprendre. En outre, l'équation 25 signifie que plus l'entreprise prend de l'âge, plus elle devient productive car le processus d'apprentissage y a atteint un stade plus avancé. L'équation 26 ajoute à cela que, plus le taux de progrès technique lié à l'investissement \hat{q} est élevé, moins les entreprises sont familiarisées avec les dernières générations de capital, plus z^* est grand et plus le processus d'apprentissage est lent et coûteux.

b) Délais dans la diffusion des technologies

En réalité, toutes les entreprises n'adoptent pas immédiatement toute nouvelle technique disponible. Des délais peuvent apparaître dans la diffusion d'une technologie, et ce pour plusieurs raisons (Greenwood et Jovanovic, 1999):

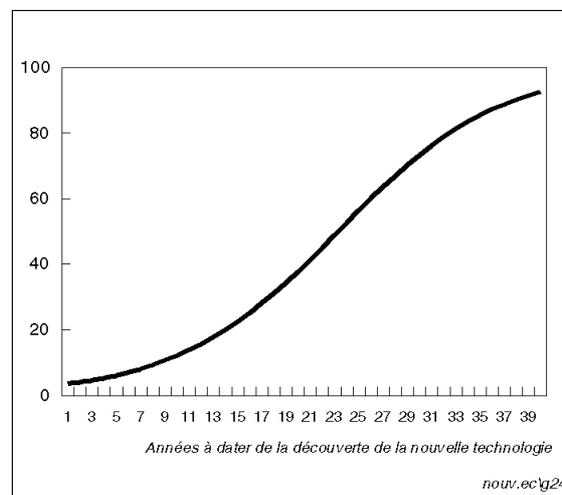
- la mise en œuvre des innovations technologiques peut requérir un investissement en capital physique au niveau des entreprises. Par exemple, Parente (1994) suppose que chaque entreprise ne peut utiliser qu'une technologie à la fois. Ceci pose le problème du remplacement. En effet, pour pouvoir bénéficier du progrès technologique, il faut passer par l'acquisition - coûteuse - de la nouvelle génération de biens en capital. En conséquence, chaque producteur pris isolément n'est pas incité à procéder au remplacement d'un équipement déjà amorti. En outre, tous les producteurs ne peuvent remplacer leurs biens de capital en même temps parce que la capacité de production de biens d'équipement d'une économie donnée est limitée;
- l'adoption d'une nouvelle technologie peut nécessiter l'acquisition de capital humain et, en particulier, de main d'œuvre qualifiée (Greenwood et Yorukoglu, 1997). Le coût/délai peut provenir des effets d'apprentissage ou de la difficulté de recruter du personnel expérimenté dans l'usage de ces nouvelles technologies;

⁴⁷ Boucekkine (2000) illustre également un cas de coût direct lié à l'apprentissage: les entreprises doivent recruter de la main d'œuvre qualifiée pour faciliter l'adoption de la nouvelle technologie (voir Greenwood et Yorukoglu, 1997).

- des avantages peuvent être tirés de l'expérience d'autres producteurs qui ont adopté la nouvelle technologie dès son lancement ("second-mover advantages"). En posant cette hypothèse, Arrow (1962) montre que, dans une économie décentralisée, les entreprises ne vont pas adopter une nouvelle technologie "en masse": certaines l'adoptent tout de suite et d'autres choisissent d'attendre;
- les entreprises peuvent ne pas être parfaitement informées des derniers développements technologiques, et encore moins de ceux qui conviendraient le mieux à leurs appareils productifs. Elles peuvent aussi ignorer comment et où acquérir les biens complémentaires. Des coûts informationnels ("search costs") peuvent ainsi justifier une diffusion lente des innovations (Jovanovic ete MacDonald, 1994);
- adopter une nouvelle technologie est un choix propre à chaque producteur. Or, chacun d'eux présente des caractéristiques différentes de sorte que le temps d'attente optimal peut varier d'un producteur à l'autre.

Graphique 22 - Diffusion d'une nouvelle t technologie auprès des entreprises

(parts, en pour cent, des entreprises recourant à cette nouvelle technologie)



Source: Greenwood et Jovanovic (1999).

Greenwood et Jovanovic (1999) présentent une formalisation paramétrique de la courbe de diffusion d'une nouvelle technologie parmi les entreprises:

$$x = \frac{1}{1 + e^{(\Delta - \epsilon t)}} \quad (27)$$

où x est le taux de diffusion, Δ est un paramètre contrôlant le nombre initial d'entreprises utilisant une (nouvelle) technologie donnée et ε est un paramètre mesurant la vitesse de diffusion. Le graphique 22 montre que, pour des valeurs positives données de Δ et de ε , la courbe de diffusion revêt une forme logistique. Dans le cas de figure illustré au graphique 22, près de 25 années sont nécessaires pour atteindre un taux de diffusion de 50 p.c.

c) *Combinaison des effets d'apprentissage et des délais dans la diffusion d'une technologie nouvelle*

Dans le modèle de Greenwood et Jovanovic (1999), les effets de retard liés à la diffusion d'une technologie s'ajoutent aux effets d'apprentissage. La diffusion d'une technologie peut être formalisée comme une externalité. Plus il y a d'utilisateurs d'une technologie particulière (par exemple, les TIC), en d'autres termes plus le taux de diffusion x est élevé, moins le processus d'apprentissage au niveau des entreprises est coûteux (moins z^* est grand). Aussi, z^* peut être réécrit comme suit:

$$z^* = \omega \hat{q}^\mu + \chi (1-x)^\sigma = \omega \hat{q}^\mu + \chi \left[1 - \frac{1}{1 + e^{(\Delta - \varepsilon t)}} \right]^\sigma \quad (28)$$

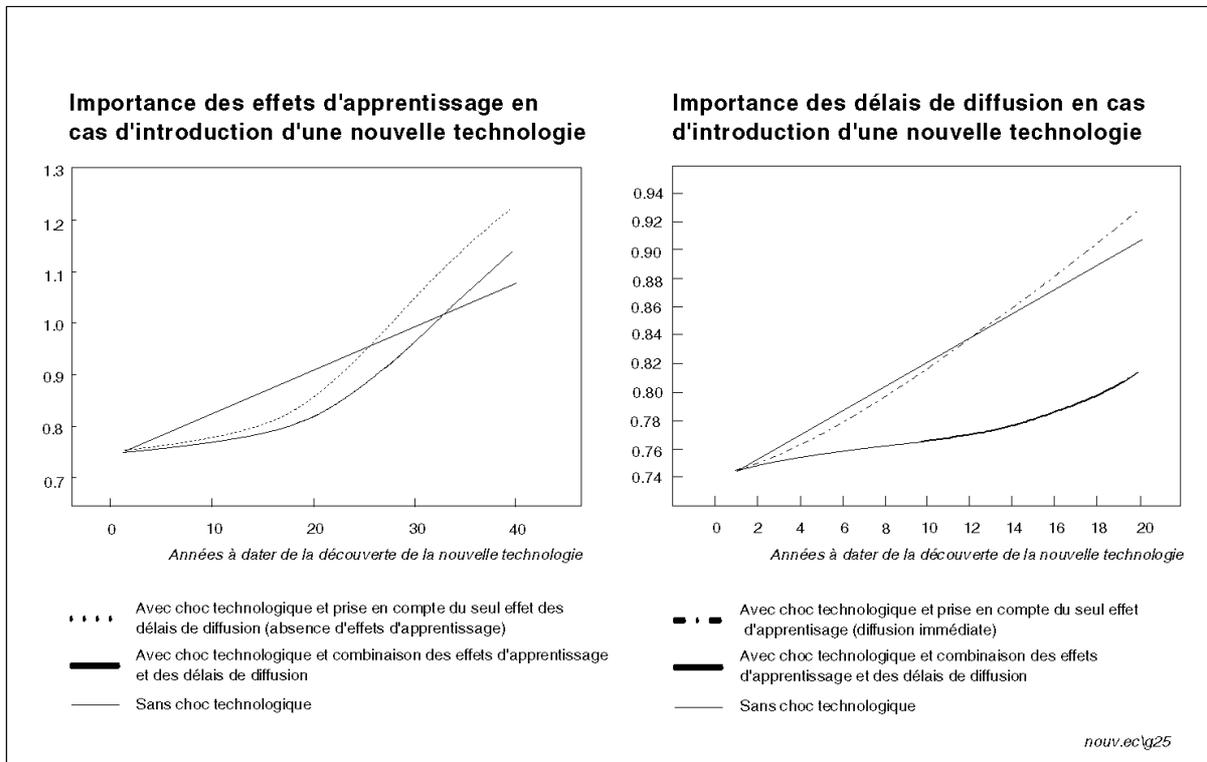
où χ et σ sont des paramètres positifs. z^* diminue avec le temps écoulé depuis le premier usage de la nouvelle technologie.

Greenwood et Jovanovic (1999) simulent alors l'influence de l'introduction d'une nouvelle TUG sur la productivité du travail en présence d'effets d'apprentissage et/ou de délais dans la diffusion.

A l'origine, l'économie se situe sur un chemin de croissance équilibré où le taux de progrès technique lié à l'investissement est \hat{q}^* . Le graphique 23 reprend comme situation de référence l'évolution de la productivité du travail en l'absence de choc technologique. En t_0 , une nouvelle technologie apparaît. Elle est caractérisée par un taux de progrès technique lié à l'investissement (\hat{q}^{**}) plus élevé. Il en résulte des courbes d'apprentissage plus pentues (équation 28).

Graphique 23 - Productivité du travail

(logarithmes)



Source: Greenwood et Jovanovic (1999, p. 26).

En raison des phénomènes d'apprentissage et de diffusion, le taux de croissance de la productivité du travail décroît dans un premier temps en réponse à une augmentation permanente non anticipée du taux de progrès technique lié à l'investissement. En fonction des valeurs (réalistes) retenues pour les paramètres, le ralentissement observé dure un peu plus de 30 ans au terme desquels la productivité repasse au-dessus du niveau correspondant au régime technologique antérieur au choc. Le ralentissement de la productivité "reconstitué" par Greenwood et Jovanovic est donc transitoire, dure autant que le double processus d'apprentissage et de diffusion et est d'autant plus marqué que le coût de ce double processus est élevé (Boucekkine, 2000, op. cit.). Dans le modèle, et toujours en fonction des valeurs retenues pour les paramètres, les effets d'apprentissage influencent moins le rythme de progression de la productivité du travail que les délais de diffusion. Ainsi, la période de ralentissement initial de la productivité est réduite d'une trentaine à une vingtaine d'années si l'on ne prend pas en compte les effets d'apprentissage (partie gauche du graphique 23) tandis qu'elle est ramenée à 13 années à peine si l'on néglige les délais de diffusion (partie droite du graphique 23). Greenwood et Jovanovic avancent deux explications à la faiblesse apparente du rôle joué par les effets

d'apprentissage dans leur modèle: il n'y a pas de coût direct d'apprentissage sous la forme de l'acquisition de ressources (recrutement de main -d'œuvre qualifiée, ...) et le facteur travail peut être réalloué librement entre les générations de capital.

Le modèle à générations de capital auquel recourent Greenwood et Jovanovic peut être amélioré pour rendre compte d'un autre fait, à savoir la hausse des inégalités salariales qui accompagne un choc technologique. Deux types de modèles parviennent à expliquer ce fait en soulignant l'interaction entre qualification et technologie. Dans le premier cas, la main-d'œuvre qualifiée tire un avantage des nouvelles technologies parce qu'elle est plus apte à utiliser les biens de capital qui incorporent celles-ci. Il s'agit de l'hypothèse de la complémentarité entre le capital et les qualifications, formulée entre autres par Griliches (1969). Dans le deuxième cas, la main-d'œuvre qualifiée voit sa situation sur le marché du travail favorisée par rapport à la main-d'œuvre non qualifiée parce qu'elle a un avantage à apprendre et est donc plus efficace pour adopter une technologie nouvelle. En d'autres termes, la qualification facilite le - coûteux - processus d'adoption ("skill in adoption", Greenwood et Yorukoglu, 1997, op. cit.).

4.2.3 Mécanisme d'ajustement aux technologies dans des modèles où le progrès technique lié à l'investissement est endogénéisé

Le ralentissement de la productivité induit par l'introduction d'une nouvelle technologie peut également être "reconstitué" dans le cadre de modèles où le progrès technique lié à l'investissement (q) est endogénéisé. Ainsi, le phénomène d'apprentissage formalisé par Arrow (1962) constitue à la fois le mécanisme sous-jacent au progrès technique dans le secteur producteur de biens de capital et au ralentissement de la productivité.

Le learning-by-doing n'est pas le seul mécanisme permettant à la fois d'expliquer le progrès technique et le ralentissement de la productivité y relatif dans une phase initiale. Par exemple, Krusell (1997) a développé un modèle où la recherche est le moteur du progrès technique incorporé dans les biens de capital. De même, Greenwood et Jovanovic (1999) se sont inspirés de Parente (1994) et ont mis au point un modèle où le progrès technique incorporé dans les biens de capital est déterminé de façon endogène par l'investissement en capital humain.

4.3 Modèles schumpétériens

Dans les modèles théoriques examinés jusqu'à présent, l'accumulation de facteurs de production, et spécialement celle du capital, constituent la source fondamentale de la croissance économique. D'autres types de modèles peuvent également rendre compte du ralentissement initial et de l'accélération subséquente de la productivité observés à la suite de l'introduction de certaines technologies. Une large gamme de ces derniers modèles expliquent la croissance avant tout⁴⁸ à partir de facteurs technologiques et font de l'innovation le moteur d'une croissance endogène.

Une littérature assez récente s'est développée autour d'une forme particulière d'innovation, à savoir les TUG. Les principaux modèles théoriques reposent sur une hypothèse de base - peu réaliste - selon laquelle une seule TUG existe à chaque instant (Lipsey et al., 1998b). Une question centrale dans l'analyse des conséquences macroéconomiques des TUG est celle de leurs effets transitoires sur les évolutions de divers agrégats (production, PTF, salaires réels, ...) entre deux états d'équilibre de long terme ("steady states").

Une TUG peut être à l'origine de cycles longs autour de la croissance tendancielle à long terme (vagues schumpétériennes) et provoquer un ralentissement de la croissance de la productivité dans l'ensemble de l'économie pour deux raisons exclusives l'une de l'autre (Lipsey et al., 1998b, op. cit.). Tout d'abord, une TUG nouvelle est appelée à remplacer une TUG ancienne parce que celle-ci atteint la limite de son potentiel de développement, induisant un ralentissement du rythme d'innovation et de croissance de la productivité. Néanmoins, cette raison est souvent invalidée par les faits. En effet, fréquemment, les nouvelles TUG n'émergent pas d'une crise liée à une TUG existante. Par exemple, les TIC ont été développées initialement pour des motifs non économiques (impératifs de la Défense nationale américaine). La deuxième raison avancée pour expliquer le ralentissement de la productivité postule qu'une nouvelle TUG apparaît de façon exogène, donc indépendamment des technologies existantes. À mesure que les investissements de R&D sont réalloués progressivement de l'ancienne à la nouvelle TUG, la croissance de la productivité de l'ancienne TUG diminue et finalement s'arrête. Dans ce

⁴⁸ L'accumulation du capital, physique ou humain, peut être greffée sur un modèle où l'innovation explique la croissance de la production (Aghion et Howitt, 1998a). Les auteurs de ces modèles estiment que l'accumulation du capital et l'innovation ne doivent pas être considérées comme des facteurs explicatifs distincts de la croissance mais comme deux aspects d'un même processus. En effet, les nouvelles technologies sont presque toujours incorporées dans de nouvelles formes de capital physique et humain, qui doivent être accumulés si on veut tirer parti du progrès technique (idem).

cas, la perte de vitesse de l'ancienne TUG est le résultat et non la cause de l'introduction d'une nouvelle technologie. Les éléments-clés à expliquer sont 1°) la raison pour laquelle les agents décident, de manière décentralisée, d'abandonner l'ancienne technologie au profit de la nouvelle alors que l'ancienne technologie conserve ici son potentiel de développement; 2°) le mécanisme par lequel cette réallocation de ressources entre technologies entraîne, en termes nets, un ralentissement initial du rythme de croissance de la productivité.

Selon Lipsey et al. (1998b), le développement d'une TUG ne débouche pas sur un ralentissement initial du rythme de croissance de la productivité si quatre hypothèses - fortes - sont satisfaites simultanément:

1. les ressources allouées à la production future (R&D) sont reprises dans le PIB à leur valeur actualisée nette;
2. la concurrence est parfaite sur les marchés, de sorte que les prix sont égaux aux coûts marginaux;
3. il n'y a pas d'externalités;
4. le sentier d'évolution de chaque nouvelle technologie est parfaitement prévisible dès le moment où elle voit le jour.

En conséquence, un ralentissement initial du rythme de croissance de la productivité peut être expliqué par l'abandon d'au moins une des quatre hypothèses énoncées ci-dessus. En particulier, les modèles d'innovation qui sont traités dans la présente section supposent la présence de concurrence monopolistique et de rentes. Les modèles de TUG reposent en effet sur une structure commune où des entreprises en situation de concurrence monopolistique produisent des biens intermédiaires et les vendent aux entreprises qui fabriquent un bien de consommation final.

Des différences apparaissent, en revanche, dans la modélisation de l'innovation.

Ainsi, à la suite de Romer (1990) notamment, certains modèles de TUG, dont ceux des travaux précurseurs de Bresnahan et Trajtenberg (1995) et de Helpman et Trajtenberg (1995), représentent le progrès technique comme une expansion du nombre de variétés de produits intermédiaires. On parle dans ce cas de modèles de croissance à innovations horizontales (modèles horizontaux) ou de modèles de variétés ("varieties models"). Souvent (Barro et Sala-i-Martin, 1995, ...), il est supposé que les nouveaux

types de biens intermédiaires n'interagissent pas directement avec les anciens; c'est pourquoi, le progrès technique se matérialise sous la forme de nouveaux produits et ne rend pas les anciens biens intermédiaires obsolètes.

A l'inverse, d'autres modèles de TUG dont ceux d'Aghion et Howitt (1992 et 1998a et b) ont l'obsolescence comme propriété essentielle. Le progrès technique y est intégré sous la forme d'améliorations dans la qualité des produits et, in casu, dans celle des biens intermédiaires. Il n'y a pas de nouveaux produits mais l'innovation permet d'améliorer les produits existants. C'est pourquoi on parle de modèles de croissance à innovations verticales (modèles verticaux) ou de modèles avec améliorations dans la qualité des produits ("quality-ladders models"). Les biens intermédiaires nouveaux d'une qualité supérieure sont représentés dans les modèles comme étant des proches substituts des biens existants. Fréquemment (Barro et Sala-i-Martin, 1995), il est supposé que les différentes qualités d'un bien intermédiaire donné sont parfaitement substituables. En conséquence, le progrès technique qui amène une nouvelle génération d'un bien intermédiaire donné tend à éliminer les rentes de monopoles de ceux qui avaient mis au point la génération antérieure de ce même bien, d'où le phénomène de "destruction créatrice" (Schumpeter, 1934). L'innovation, la création d'un produit de meilleure qualité, provoque la destruction du bien correspondant de la génération antérieure.

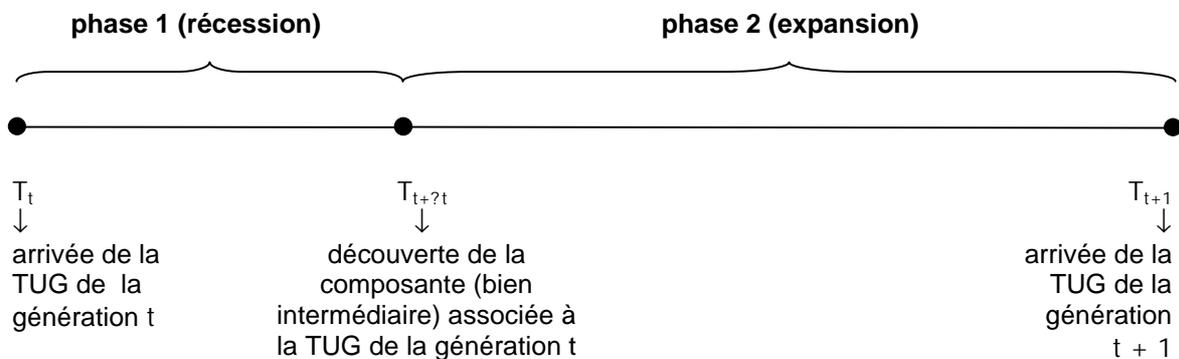
Dans le modèle de Helpman et Trajtenberg (1998), il ne peut y avoir croissance de la production à long terme que si de nouvelles TUG arrivent. Helpman et Trajtenberg modélisent les deux caractéristiques principales des TUG, à savoir, d'une part, les complémentarités dans le processus d'innovation ("innovational complementarities") et, d'autre part, l'affectation des technologies susdites à un usage général, de la manière suivante. Pour capturer la notion de complémentarités, ils supposent que chaque TUG requiert ses *propres* biens intermédiaires et, pour prendre en compte la notion d'usage général, ils analysent, dans un premier temps⁴⁹, une économie dans laquelle il n'existe qu'un seul secteur de production du bien final. Ces deux caractéristiques fournissent un mécanisme par l'intermédiaire duquel les TUG agissent comme moteur de la croissance (Bresnahan et Trajtenberg, 1995). Quand une nouvelle - et meilleure - TUG devient disponible, elle est adoptée par un nombre croissant de secteurs utilisateurs et elle stimule des innovations complémentaires qui augmentent l'attrait de son adoption. Pour ces deux raisons, la demande pour la TUG augmente, entraînant toujours plus de progrès technique

⁴⁹ Helpman et Trajtenberg étendent, dans un deuxième temps, leur modèle de base en introduisant un continuum de secteurs producteurs du bien final.

dans les TUG, ce qui amène à nouveau des innovations en aval, et ainsi de suite. A mesure que l'utilisation de la TUG se diffuse à travers l'économie, ses effets deviennent significatifs au niveau agrégé, et, partant, stimulent la croissance économique globale.

Les nouvelles TUG font leur apparition de manière exogène et à intervalles de temps fixes. Chaque fois qu'une nouvelle TUG apparaît, elle génère un cycle - long -, constitué de deux phases distinctes (graphique 24). La première phase est baptisée le "temps des semailles" par Helpman et Trajtenberg. Au cours de celui-ci, des ressources - ici le facteur travail - sont détournées de la production vers la recherche et le développement de nouveaux biens intermédiaires spécifiques à la nouvelle TUG. En conséquence, la nouvelle TUG n'est pas encore utilisée dans la production du bien final. A ce moment, la production et la productivité accusent une croissance négative et les salaires réels stagnent. Le "temps de la moisson" correspond à la deuxième phase, qui ne commence que lorsque la quantité de biens intermédiaires complémentaires mis au point est suffisante pour qu'il soit rentable d'adopter la nouvelle TUG dans la production du bien final. Cette phase est caractérisée par une forte croissance de la production, de la productivité, des salaires réels et des profits.

Graphique 24 - Découpe des cycles des TUG en deux phases dans les modèles de Helpman et Trajtenberg (1998) et d'Aghion et Howitt (1998 a et b)



Source: Aghion et Howitt (1998a)

Aghion et Howitt (1998a et b) ont développé⁵⁰ une version modifiée du modèle de Helpman et Trajtenberg en ce sens que, comme on l'a indiqué plus haut, ils ont différencié les biens intermédiaires verticalement plutôt qu'horizontalement.

⁵⁰ Ils ont adapté leur modèle antérieur (Aghion et Howitt, 1992) de manière à y introduire des TUG.

Dans une première version du modèle, le cycle provoqué par l'arrivée des TUG comporte également deux phases (Helpman, 1998). La première phase débute avec l'arrivée de la nouvelle TUG. Les entreprises investissent dans le développement d'un bien intermédiaire lié à celle-ci, dès qu'elle est disponible. Pendant ce temps, des ressources - également le facteur travail - sont retirées du secteur manufacturier et transférées à la R&D. La baisse de la production est attribuée au fait que la R&D est sous-évaluée dans les comptes nationaux en raison des problèmes de mesure évoqués supra. La phase 1 se prolonge tant qu'un bien intermédiaire adéquat n'a pas été inventé. Le processus d'invention est stochastique et sa durée moyenne décroît avec le nombre de personnes employées dans la R&D. Avec la découverte du bien intermédiaire, l'économie entre dans la deuxième phase du cycle des TUG, au cours de laquelle la nouvelle technologie est mise en oeuvre et tous les producteurs du bien final utilisent le nouveau bien intermédiaire et la nouvelle TUG.

Cette première version du modèle d'Aghion et Howitt (1998a et b) se distingue du modèle de Helpman et Trajtenberg principalement par la nature des innovations (verticales versus horizontales) et par l'endogénéisation des deux moments-clés du cycle des TUG, à savoir l'arrivée des nouvelles TUG et la découverte du bien intermédiaire spécifique à chacune de celles-ci. Elle présente néanmoins deux lacunes empiriques substantielles. Premièrement, l'ampleur des récessions, dont la première version du modèle peut rendre compte, est réduite puisqu'elle est déterminée par le transfert de personnel du secteur manufacturier à la R&D. Or, la part de l'emploi total occupée dans la R&D ne dépasse pas 2,5 p.c. aux Etats-Unis. Deuxièmement, cette version du modèle implique une récession immédiate dès que la nouvelle TUG arrive ainsi qu'une sortie de récession assez rapide; on rappellera que les travaux de David (1990, op. cit.) montrent que plusieurs décennies peuvent s'écouler avant que des innovations technologiques majeures n'exercent une influence significative sur l'activité macroéconomique et spécialement sur la productivité. Aghion et Howitt (idem) avancent trois explications possibles, complémentaires l'une à l'autre, du retard avec lequel une TUG peut engendrer une récession: des problèmes de mesure, l'existence de complémentarités stratégiques et la présence d'externalités liées à la technologie, sous la forme, par exemple, d'un processus d'apprentissage collectif ("social learning"). Les auteurs approfondissent ce dernier aspect⁵¹ par les considérations suivantes: une entreprise donnée X, ne doit pas apprendre à utiliser une technologie

⁵¹ Ils estiment que s'il faut, en effet, un certain temps pour que de nouveaux biens et services incorporant une nouvelle TUG soient intégralement comptabilisés dans les comptes nationaux, les problèmes de mesure ne peuvent expliquer, à eux seuls, des récessions différées. L'existence de complémentarités stratégiques n'est pas remise en cause par Aghion et Howitt (1998b) mais ceux-ci n'ont pas investigué davantage dans cette direction.

nouvelle en découvrant tout par elle-même. Elle peut tirer parti de l'expérience des autres entreprises qui doivent résoudre des problèmes analogues avant de mettre en œuvre avec succès la nouvelle technologie. Les procédures utilisées par l'ensemble des entreprises qui ont réussi à s'habituer à la nouvelle technologie peuvent être utilisées comme canevas à partir duquel l'entreprise X peut préparer, à son tour, l'adoption de la technologie en question.

En conséquence, Aghion et Howitt (1998a et b) proposent une deuxième version de leur modèle comportant, à présent, trois stades dans le cycle des TUG⁵². Avant la phase de développement du bien intermédiaire, ils introduisent une phase où les entreprises doivent découvrir - par elles-mêmes ou par imitation - un canevas sur lequel peut reposer la recherche. Ce canevas est spécifique à chaque TUG et chaque secteur doit développer un canevas et un bien intermédiaire ad hoc. Les externalités technologiques transcendent, quant à elles, les secteurs: le coût de mise au point d'un canevas pour un secteur donné décroît avec le nombre de secteurs qui ont déjà développé un canevas pour la nouvelle TUG. C'est la combinaison de l'introduction de ce premier stade, des externalités y associées et du report dans le temps de la phase de développement du bien intermédiaire, aussi appelée phase d'expérimentation, au cours de laquelle des ressources - le facteur travail - sont réallouées entre les secteurs qui explique le décalage, dans le temps, de l'influence d'une nouvelle TUG sur une série d'agrégats macroéconomiques dont la production.

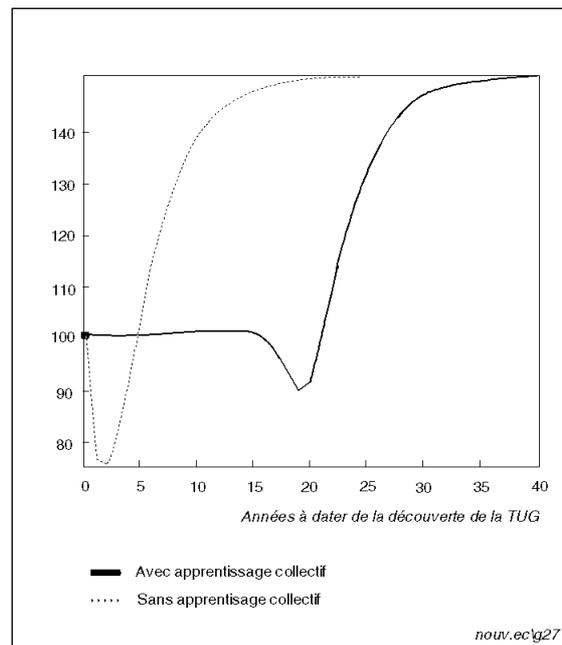
Au début, le fait que personne ne sait comment exploiter une nouvelle TUG signifie que presque rien ne se passe au niveau agrégé. Seules de petites améliorations dans la connaissance collective prennent place pendant une longue période parce que la mise en œuvre réussie de la technologie dans un secteur donné requiert que les entreprises fassent des découvertes, chacune de leur côté, avec peu d'information sur les expériences réussies des autres entreprises. A un moment, une entreprise donnée peut observer suffisamment d'autres entreprises recourant à la nouvelle technologie pour qu'elle juge intéressant de l'expérimenter. Aussi, même si la diffusion d'une nouvelle TUG

⁵² Une présentation différente de celle développée dans le corps du texte sur la base de Helpman (1998) est proposée par Aghion et Howitt (1998b). Ceux-ci précisent que, dans chaque secteur, une innovation requiert trois percées plutôt que deux dans leur modèle de base inspiré de Helpman et Trajtenberg (1998). Primo, une TUG doit être découverte à l'échelle de l'économie dans son ensemble. Secundo, une entreprise dans ce secteur doit acquérir un canevas sur lequel repose l'expérimentation. Tertio, l'entreprise doit utiliser ce canevas pour découvrir comment mettre en œuvre la nouvelle TUG dans le secteur (cette troisième étape est l'équivalent de l'étape de découverte des composantes dans le modèle d'Helpman et Trajtenberg tandis que la seconde est nouvelle). Aussi, tous les secteurs se trouvent dans un des trois stades suivants: au stade 0, le canevas n'est pas encore acquis; au stade 1, le canevas est acquis mais les modalités de mise en œuvre n'ont pas encore été découvertes; et au stade 2, la transition à la nouvelle TUG est achevée.

s'effectue lentement et sur une longue période, l'essentiel de la phase d'expérimentation - coûteuse - peut être concentrée sur une sous-période relativement courte. C'est au cours de cette période qu'une partie de la main-d'œuvre est déplacée du secteur manufacturier vers la R&D. On peut alors observer une "cascade" ou un effet "boule de neige" débouchant parfois sur une récession (différée) au niveau agrégé (graphique 25).

Graphique 25 - Production en cas d'introduction d'une nouvelle technologie à usage général

(indices $t_0=100$)



Source: Aghion et Howitt (1998b, pp. 134-135).

Le graphique 25 montre également que le report dans le temps de la récession provoquée par l'introduction d'une TUG requiert la présence d'un processus d'apprentissage (collectif). En effet, sans ce processus, soit la récession est immédiate, soit elle n'a pas lieu⁵³.

En présence d'un choc technologique (nouvelle TUG), le sentier de croissance de la production varie en fonction d'une série de paramètres contenus dans le modèle. Parmi

⁵³ L'intuition de cette possibilité d'absence de récession en cas d'introduction d'une nouvelle TUG en l'absence d'apprentissage collectif est présentée par Aghion et Howitt (1998b) comme suit: l'émergence d'une récession requiert un flux de travailleurs du secteur manufacturier vers la R&D au cours de la phase d'expérimentation (stade 1). Or, en l'absence d'apprentissage (collectif), ce flux doit diminuer quand une récession est en cours puisque l'accroissement de la part des travailleurs occupés aux stades 1 (et 2) réduit, au plein emploi, la part de travailleurs encore occupés au stade 0 et augmente le flux d'entreprises innovantes qui peuvent passer du stade 1 au stade 2 (production à l'aide de la nouvelle TUG). Selon les valeurs des paramètres, soit la récession est immédiate et son intensité diminue de façon constante, soit elle n'a pas lieu.

ceux-ci, on citera le degré de substitution entre les biens intermédiaires, l'importance des gains de productivité induits par une nouvelle TUG, le nombre de travailleurs transférés de l'industrie manufacturière vers la R&D par chaque entreprise dans sa phase d'expérimentation, le nombre d'entreprises potentiellement "similaires" dans un secteur donné, le nombre requis d'observations d'expérimentations réussies pour pouvoir acquérir un canevas par imitation, la fréquence d'apparition d'idées indépendantes pour de nouveaux canevas et la fréquence d'apparition de succès pour les entreprises dans leur phase d'expérimentation.

Afin de remédier à l'autre carence empirique que constitue la faible ampleur des récessions obtenues par simulation, Aghion et Howitt (1998a et b) ont intégré, tour à tour, d'autres caractéristiques dans la seconde version de leur modèle: une distinction entre travailleurs qualifiés et non qualifiés, des coûts de recherche sur le marché du travail à la base d'un chômage frictionnel lors de l'arrivée d'une nouvelle TUG et la prise en compte de l'obsolescence du capital provoquée par la vague des innovations complémentaires au niveau des biens intermédiaires.

5 NOUVELLE ECONOMIE ET POLITIQUE ECONOMIQUE

Dans une première sous-section, on examinera la mesure dans laquelle les conditions d'environnement ("framework conditions") dont la politique économique fait partie, peuvent favoriser l'émergence d'une nouvelle économie. Dans la deuxième sous-section, on étudiera la causalité inverse, à savoir les implications de l'émergence - possible - d'une nouvelle économie pour la politique économique et, en particulier, pour la politique monétaire.

5.1 Politique économique, conditions d'environnement et nouvelle économie

Si le facteur technologique a joué un rôle important dans l'accélération du rythme de croissance de la productivité et, partant, de la production potentielle, spécialement aux Etats-Unis, s'il a également contribué à réduire le NAIRU et la volatilité du taux de croissance de la production, d'autres facteurs ont contribué à l'avènement d'une nouvelle économie présentant ces caractéristiques. "Les mécanismes de l'"ancienne économie" restent cruciaux pour bien comprendre le processus de croissance" (OCDE, 2000d). En outre, quand bien même les innovations technologiques expliqueraient l'essentiel de la croissance économique, ceci n'explique ni pourquoi elles ont pu apparaître ni pourquoi elles se sont concentrées dans un pays, les Etats-Unis.

La plupart des organisations internationales (OCDE⁵⁴, BCE, ...) s'accordent quant aux facteurs favorisant la croissance. Selon la BCE (2000a), "plusieurs facteurs combinés contribuent à la nouvelle économie. En premier lieu, on estime que les progrès technologiques importants, observés dans les domaines de l'informatique et des télécommunications, ont induit des gains de productivité. Grâce aux avancées en matière de TIC, il se peut que la productivité bénéficie également de l'amélioration des techniques organisationnelles. En deuxième lieu, on assiste à un processus de mondialisation et d'intensification de la concurrence, qui a contribué à la plus grande efficacité des marchés de biens et services et a réduit le pouvoir des entreprises en matière de fixation des prix. La diminution significative des prix à la production dans les secteurs mêmes des TIC exerce également un effet immédiat favorable sur l'inflation. En troisième lieu, un marché extrêmement compétitif et non réglementé facilite l'apparition de nouveaux secteurs

⁵⁴ Dans le cadre du projet "Croissance" développé par l'OCDE, plusieurs études évoquent les facteurs sous-jacents à la croissance économique ou susceptibles d'expliquer les divergences constatées entre les rythmes de croissance des pays avancés. Voir à ce sujet Bassanini et al. (2000), Elmeskov et Scarpetta (2000), OCDE (2000c et d) et OECD (2000 b).

d'activité ainsi que la diffusion des nouvelles technologies, augmentant ainsi l'efficacité. Ce phénomène est renforcé par l'existence de marchés de capitaux plus profonds - grâce aux progrès des TIC -, qui permettent aux entrepreneurs, dans le domaine de la haute technologie, de se lancer dans de nouvelles branches d'activité. Enfin, un des facteurs essentiels tient à l'existence d'un contexte favorable en matière de politique économique: engagement en faveur d'une gestion saine des finances publiques et de la stabilité des prix sur le plan macroéconomique et, au niveau microéconomique, fiscalité et réglementation limitées favorables aux entreprises. Un tel environnement réduit l'incertitude, encourage l'esprit d'entreprise et facilite la croissance de l'investissement.

Ces influences bénéfiques ont toutes pu être observées isolément et, dans le cas de l'économie américaine, il apparaît qu'un certain nombre d'entre elles se sont produites simultanément ces dix dernières années, conduisant aux résultats exceptionnels de croissance, conjuguée à une hausse de prix comparativement faible" (BCE, 2000a, op. cit.).

Tant la théorie que les vérifications empiriques disponibles suggèrent que le véhicule pour la pénétration de la nouvelle TUG que constituent les TIC sont principalement les nouvelles entreprises ou des entreprises anciennes dotées d'une nouvelle gestion et d'une nouvelle organisation (Bassanini et al., 2000). Les coûts d'opportunité liés au passage d'une ancienne technologie à une nouvelle sont en effet plus élevés pour les entreprises déjà en place que pour des entreprises entrant sur le marché (idem). En outre, un autre mécanisme important de diffusion de technologies radicalement nouvelles opère par l'intermédiaire de fusions ou de reprises hostiles, qui, en remplaçant d'anciens gestionnaires par des nouveaux, redistribuent les avantages comparatifs (idem).

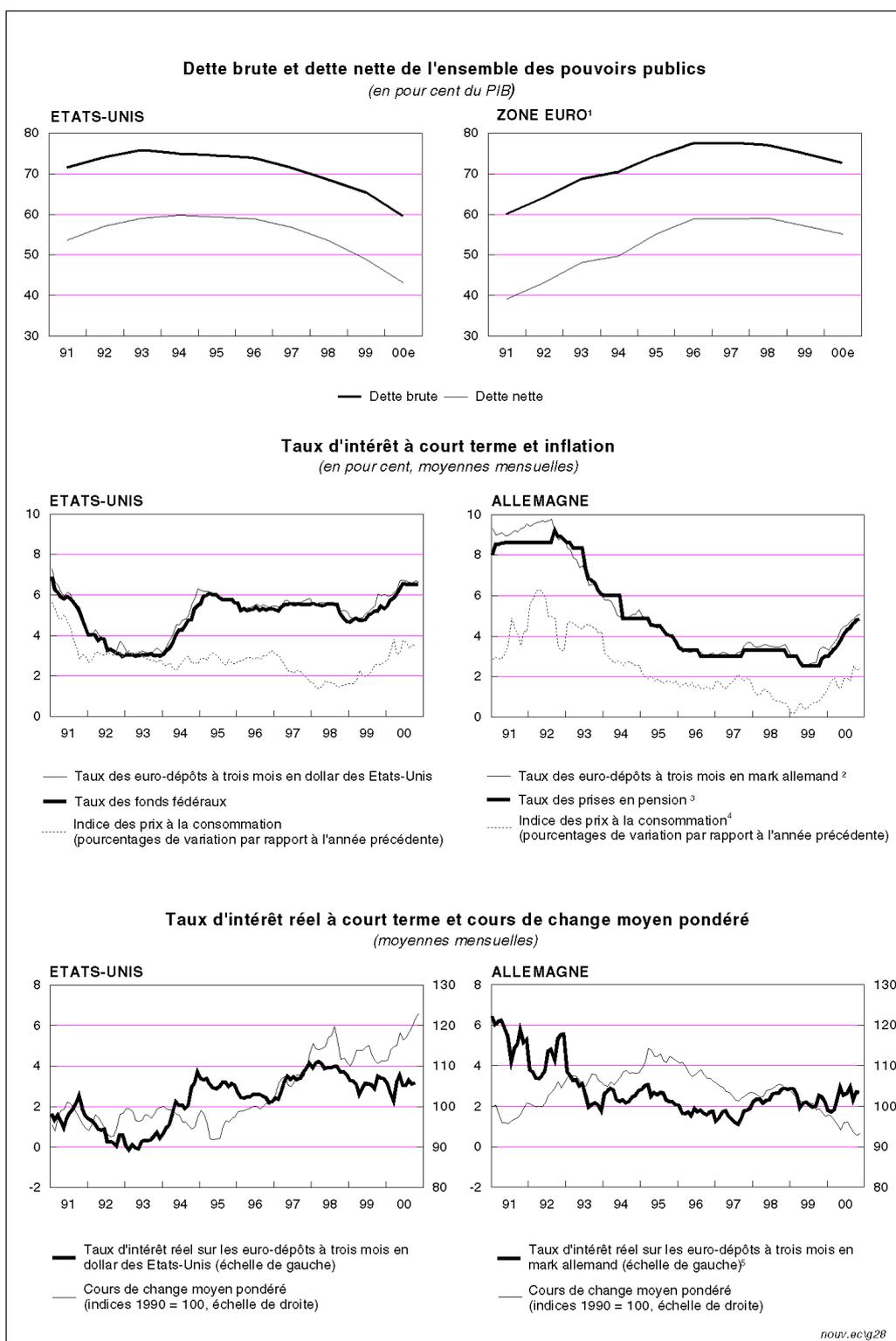
La transition entre des systèmes économiques basés sur des TUG différentes implique, en conséquence, une réallocation des ressources vers de nouvelles entreprises et de nouvelles activités. Dans les théories présentées à la section 4, on a souligné l'importance des hypothèses d'hétérogénéité des firmes et d'obsolescence. Ces théories montrent également que la vitesse à laquelle une économie peut opérer cette réallocation des ressources exerce une influence sur l'ampleur et sur la durée du ralentissement de la productivité inhérent à la mise en place d'une nouvelle TUG. Un environnement économique et social propice à une réallocation optimale des ressources sur les marchés du capital, du travail et des biens et services est dès lors une condition nécessaire pour l'avènement d'une nouvelle économie.

Pour expliquer les différences de rythmes de croissance entre les principales économies, les travaux de l'OCDE précités distinguent des facteurs "traditionnels" et des facteurs davantage spécifiques aux TIC. Ces travaux reconnaissent l'avance des Etats-Unis dans la plupart de ces deux catégories de facteurs.

Le principal facteur traditionnel d'explication des différences de croissance économique entre les pays développés est la capacité de mobilisation de la population en âge de travailler (Bassanini et al., 2000). Nyssens et al. (2000) mettent en évidence que le marché de travail a été plus efficace, au cours des années nonante, aux Etats-Unis que dans la zone euro en raison d'une croissance économique plus rigoureuse, d'une croissance plus soutenue de la démographie compte tenu de l'apport de l'immigration, ainsi que d'une hausse plus importante du taux d'activité et du taux d'emploi. Cette même étude rappelle quelques-unes des caractéristiques de l'économie américaine qui favorisent la flexibilité sur le marché du travail: le coin fiscal global relativement faible et le faible niveau absolu et relatif des cotisations patronales; des taux de remplacement des prestations de chômage relativement faibles par comparaison avec ceux de la plupart des pays de la zone euro, en particulier pour les périodes de chômage de longue durée; la législation la moins stricte de l'OCDE en matière de protection de l'emploi; l'allongement du nombre d'heures prestées, tant sur une base hebdomadaire que sur une base annuelle; une faible implication des pouvoirs publics sur le marché de travail; la faible contrainte que représente l'existence d'un salaire minimum légal; ainsi que le mode de formation décentralisé des salaires, qui permet une plus grande adéquation des salaires réels à la productivité et implique un éventail plus large des salaires réels.

Un autre facteur traditionnel contribuant, *ceteris paribus*, à un rythme de croissance économique plus élevé, est la mise en œuvre de politiques macroéconomiques orientées vers une inflation faible et des finances publiques saines (OCDE, 2000d). Nyssens et al. (2000, *op. cit.*) montrent que les Etats-Unis ont signé, au cours des années nonante, des performances supérieures à celles de la zone euro en termes de croissance, en dépit d'une politique budgétaire sensiblement plus restrictive et de conditions monétaires plus restrictives, à partir de 1994, que celles de la Bundesbank puis de la BCE (graphique 26).

Graphique 26 - Politique économique aux Etats-Unis et dans la zone euro au cours de la décennie nonante



Sources: OCDE, (2000d), Réserve fédérale, BRI, BNB.

¹ En ce compris la Grèce

² Taux des euro-dépôts à trois mois en euro à partir du 1er janvier 1999.

³ Taux de refinancement de la BCE à partir du 1er janvier 1999.

⁴ Jusqu'en 1992 compris, Allemagne de l'Ouest.

⁵ Taux d'intérêt réel sur les euro-dépôts en euro à partir du 1er janvier 1999.

Au rang des facteurs davantage spécifiques aux TIC, l'OCDE (2000c) relève les politiques visant à créer un climat propice à l'activité, à développer de nouveaux types de financement et à progresser dans la gestion des risques, à accroître le financement des activités scientifiques et de la recherche à haut risque, à renforcer la coopération et à stimuler la diffusion des technologies, à promouvoir le capital humain et à tirer un meilleur parti des investissements dans les TIC.

5.2 Implications de la nouvelle économie pour la politique monétaire

Dans un univers certain, et en l'absence de faiblesse de la demande globale, un choc positif et durable de productivité comme celui résultant de la nouvelle économie, est une bonne chose en soi puisqu'il permet, à long terme, un relèvement de l'offre potentielle, de la production et du niveau de vie.

La manière dont la nouvelle économie au sens d'un choc durable sur la productivité est susceptible d'influencer la politique monétaire dépend de la présence ou non d'incertitudes, des positions initiales de l'offre et de la demande globale ainsi que des évolutions respectives de l'offre et de la demande à la suite du choc de productivité.

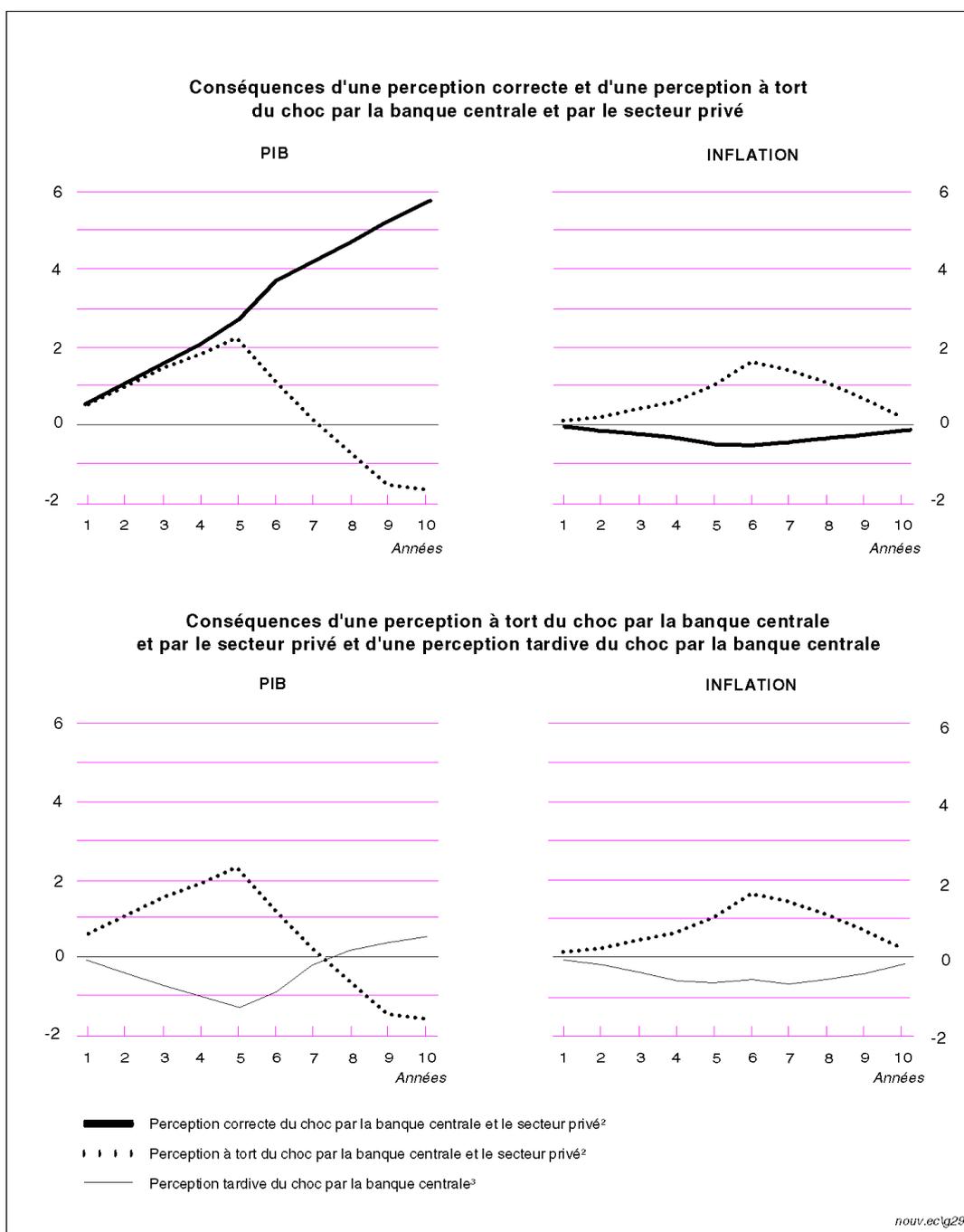
Pour éclairer les conséquences d'un choc de productivité sur la politique monétaire, on procédera en deux étapes en empruntant des pistes de réflexion émises respectivement par le FMI et par la Réserve Fédérale. Premièrement, on illustrera la difficulté de déterminer la politique monétaire appropriée quand la nouvelle économie génère des incertitudes quant au cours futur de la productivité (IMF, 2000). Deuxièmement, on rappellera les canaux par lesquels un choc de productivité permanent peut affecter l'équilibre entre l'offre et la demande et, partant, requérir une réaction de politique économique (pour la Réserve fédérale: Meyer, 2000 a et b).

5.2.1 Incertitudes liées à la nouvelle économie et politique monétaire

Les incertitudes liées à des variations possibles dans la croissance de la productivité posent deux défis aux autorités monétaires, à savoir identifier un choc de productivité au moment où il se produit et répondre aux incertitudes présentes quand le taux de croissance de celle-ci est en train de changer (IMF, 2000).

Graphique 27 - Production et inflation dans divers scénarios de perception d'un choc positif de productivité¹

(pourcentages de variation par rapport à un scénario de référence)



Source: IMF (2000).

¹ Le choc positif de productivité consiste en une hausse durable de 0,5 point de pourcentage du rythme annuel de croissance de la productivité à dater de 2000.

² Le scénario de référence est celui retenu dans la projection centrale des perspectives économiques mondiales d'octobre 2000.

³ Le scénario de "perception tardive" est comparé à un scénario de référence où le taux de croissance annuel de la productivité est augmenté de 0,5 point de pourcentage à dater de 2000 et où ce choc positif de productivité est correctement perçu, dès le commencement de la période de projection, par la banque centrale et par le secteur privé.

Le FMI présente trois simulations macroéconomiques afin d'illustrer ces défis (graphique 27). Ces simulations se distinguent, l'une de l'autre, par la réaction de la banque centrale et/ou du secteur privé à un choc positif de productivité augmentant le rythme annuel de croissance de celle-ci de 0,5 point de pourcentage à dater de 2000 par rapport au scénario de référence retenu dans les Perspectives économiques mondiales.

Dans la première simulation, la banque centrale et le secteur privé *perçoivent correctement* le choc. Les agents du secteur privé s'attendent à une hausse des taux de rendement des investissements et de leur richesse future et, partant, la demande domestique et la production augmentent. Dans ce scénario, il n'y a pas d'accélération de l'inflation puisqu'une croissance plus élevée de la productivité augmente l'offre globale.

Dans une deuxième simulation, *la banque centrale et le secteur privé perçoivent à tort* un choc positif de productivité de même amplitude. Au cours des premières années, la demande et la production augmentent de manière analogue à ce que l'on peut observer dans le premier scénario, et ce pour les mêmes raisons, liées aux canaux de transmission relatifs aux attentes. Après quelques années cependant (cinq ans dans le modèle), l'erreur d'appréciation quant à l'évolution de la productivité commence à provoquer une accélération de l'inflation à mesure que la production potentielle de l'économie n'augmente pas au rythme attendu. En outre, au moment où le secteur privé prend conscience du fait que le rythme de croissance de la productivité n'a pas augmenté, la production décroît et devient même significativement inférieure à celle atteinte dans le scénario de base des Perspectives économiques mondiales, en raison de l'effet du renversement des attentes sur l'investissement et la consommation.

La troisième simulation examine les coûts d'une *perception tardive du choc de productivité par la banque centrale*. Celle-ci ne parvient pas à détecter dès 2000 une hausse, effective, de 0,5 point de pourcentage du taux de variation de la productivité. Son erreur la conduit à mettre en œuvre une politique monétaire indûment restrictive qui réduit les attentes de rendement futur des agents et maintient la demande domestique et la production à un niveau inférieur à ceux de la première simulation dans laquelle le choc positif de productivité est perçu correctement par toutes les parties. Après environ 5 ans, quand la banque centrale prend conscience de son erreur de jugement, elle baisse les taux d'intérêt officiels et la demande augmente à mesure que le secteur privé cherche à rattraper le temps perdu en termes d'opportunité de consommation et d'investissement.

Dans les deux derniers cas (simulations 2 et 3), les erreurs débouchent sur une instabilité macroéconomique significative dont les coûts s'accroissent avec le temps.

L'enseignement majeur pour la politique économique que le FMI tire de cette analyse succincte est que, dans une situation où l'évolution future de la productivité est hautement incertaine, les coûts liés à la mise en œuvre d'une politique inappropriée pendant une période étendue peuvent être relativement importants. Aussi, le FMI suggère aux banquiers centraux confrontés à des risques de perturbation du rythme de croissance de la productivité d'être particulièrement flexibles et de faire usage d'une vaste gamme d'outils analytiques. Pour le FMI, ceci implique d'opérer de manière pragmatique quand on explore les limites de la croissance non inflationniste et de donner plus de poids à une vaste gamme d'indicateurs de performance économique au détriment de constructions comme l'écart de production, puisque celui-ci dépend d'hypothèses de croissance de la productivité.

5.2.2 Conséquences d'un choc de productivité permanent sur l'équilibre entre l'offre et la demande globale et politique monétaire appropriée

Un Gouverneur de la Réserve fédérale, L. Meyer (2000a et b), a exposé les conséquences d'un choc permanent de productivité sur quelques variables macroéconomiques. Cet auteur fait une distinction (intéressante) entre les effets de court terme et les effets de long terme (Meyer, 2000b).

Sur le long terme, un choc permanent de productivité implique une hausse du rythme soutenable de la croissance de la production et, donc, du bien-être. Les théories classiques enseignent par ailleurs qu'une hausse du taux de croissance de la productivité tendancielle entraîne, en général, toutes autres choses étant égales par ailleurs, une hausse du taux d'intérêt réel d'équilibre (Meyer, 2000b). Ce résultat s'explique par le fait qu'un choc de productivité permanent augmente la rentabilité des investissements et la demande de ceux-ci. Ainsi, le taux d'intérêt réel d'équilibre de plein emploi, censé équilibrer l'épargne et l'investissement, est porté à un niveau plus élevé que celui atteint en l'absence de choc (Meyer, 2000a).

Les effets de court terme d'une accélération du taux de croissance de la productivité font, en revanche, l'objet d'une controverse parmi les économistes. Meyer (2000b) présente deux effets qui sont intégrés dans le modèle FRB-US développé sous

l'égide du Conseil des Gouverneurs de la Réserve fédérale. Il s'agit, d'une part, d'un effet de demande ("demand effect") et, d'autre part, d'un effet désinflationniste direct ("direct disinflationary effect"). La controverse porte, notamment, sur la pertinence de ces effets: certains économistes ne retiennent qu'un seul d'entre eux dans leur modèle.

Par l'effet de demande, un choc permanent de productivité peut accroître la demande globale à court terme et ce, même en excès de la croissance de l'offre globale à ce moment. La stimulation de la demande s'effectue par le biais de deux canaux de transmission: la consommation et l'investissement. Le choc de productivité lié aux TIC a permis un "boum" de l'investissement des entreprises. Celui-ci résulte des opportunités de profit découlant de l'exploitation des nouvelles technologies, des baisses des prix relatifs de l'équipement à contenu élevé en haute technologie ainsi que de la baisse du coût de financement des investissements dans ces technologies en raison de la hausse de la valorisation boursière des entreprises de ce secteur. L'essor des TIC a également permis un "boum" de la consommation, provoqué par l'effet de richesse engendré par la hausse des cours boursiers ainsi que par des perspectives, revues à la hausse, pour la croissance des revenus du travail. Dans le modèle FRB-US, l'incidence à court terme de la hausse du taux de croissance tendanciel de la productivité, sur la demande globale peut excéder son incidence sur l'offre globale, de sorte que le taux de chômage diminue.

Par l'effet désinflationniste direct, un choc de productivité permanent peut initialement, dans la mesure où il est inattendu, contribuer à réduire l'inflation. Cet effet ne résulte pas des évolutions à court terme de l'offre et de la demande globale, mais plutôt d'une asymétrie dans la réponse des salaires nominaux et des prix au choc de productivité. En effet, si les salaires s'ajustent plus lentement que les prix à une hausse non anticipée de la croissance de la productivité tendancielle, la conséquence initiale du choc de productivité sera une baisse du taux de progression des coûts salariaux par unité produite et, partant, une réduction de l'inflation⁵⁵. L'effet désinflationniste direct se dissipe progressivement à mesure que le taux de croissance de la productivité se stabilise et que

⁵⁵ Un cercle vertueux entre modération de la hausse des salaires et inflation réduite peut aussi apparaître. En effet, la baisse du coût salarial par unité produite a pour effet immédiat d'augmenter les bénéfices, mais, en raison de la pression que la concurrence exerce à la baisse sur les prix, l'inflation peut être réduite. Le ralentissement du rythme de progression des prix permet, à son tour, de modérer les demandes de hausse des salaires nominaux et, donc, d'enclencher un cercle vertueux prix-salaires.

les salaires nominaux convergent vers la productivité. La force⁵⁶ et la persistance de cet effet dépend à la fois du profil d'évolution de la productivité (voir graphique 6 supra) et de la vitesse du processus d'ajustement des salaires à la productivité (Meyer, 2000b).

Les effets de court terme définis ci-avant ont des implications opposées pour l'inflation (Meyer, 2000b). La croissance de la production en sus de son potentiel induite par l'effet de demande réduit le taux de chômage, et le resserrement du marché du travail qui en résulte accentue les pressions à la hausse sur l'inflation. L'effet désinflationniste direct, en revanche, diminue l'inflation pour un taux de chômage donné. L'effet net peut être une inflation inchangée, augmentée ou diminuée selon que l'accélération de la croissance de la productivité se maintient et en fonction du niveau de chômage atteint.

Meyer (2000a, op. cit.) précise ensuite que, si un rythme plus élevé de croissance de la productivité est une bonne chose en soi, la politique monétaire qui accompagne un choc de productivité peut être appropriée ou non. En effet, les conséquences d'un tel choc sur l'équilibre entre offre et demande globale et donc sur l'inflation dépendent largement de la conduite de la politique monétaire.

C'est particulièrement vrai quand l'effet désinflationniste initial s'est dissipé. Meyer (2000b) distingue deux phases pour la politique monétaire: la première correspond au moment du choc de productivité et la seconde au moment où l'effet désinflationniste direct se dissipe. Pour ce raisonnement, Meyer (idem) n'envisage que cet effet de court terme, et ne prend donc pas en compte l'effet de demande.

Quand le rythme de croissance de la productivité s'accélère, les autorités monétaires sont confrontées à un choix entre des scénarios ("outcomes") favorables. Elles peuvent tirer profit de l'accélération de la productivité soit pour accroître temporairement le taux de croissance de la production, et réduire ainsi temporairement le taux de chômage, à taux d'inflation inchangé, soit pour réduire l'inflation sans devoir subir de hausse temporaire du taux de chômage, soit pour opérer un compromis entre les deux solutions extrêmes susvisées. Compte tenu, notamment, de l'évolution de l'inflation sous-jacente, Meyer (2000b) estime que l'économie américaine a largement profité de

⁵⁶ Suivant les hypothèses "extrêmes" quant à la vitesse - incertaine - d'ajustement des salaires à productivité, Meyer (2000b) estime que l'effet désinflationniste direct d'une accélération du rythme de croissance de la productivité a pu contribuer à réduire le NAIRU de court terme dans une fourchette comprise entre 0,5 et 1,5 point de pourcentage. Compte tenu d'un NAIRU de long terme supposé égal à 5,5 p.c., Meyer (idem) évalue le NAIRU de court terme, calculé comme la différence entre le NAIRU de long terme et l'effet désinflationniste direct, dans une fourchette allant de 4 à 5 p.c.

l'accélération de la croissance de la productivité pour augmenter temporairement le rythme de croissance de la production et, dans une bien moindre mesure, pour réduire l'inflation.

Dans le futur, cependant, les autorités monétaires vont se retrouver, à mesure que le rythme de croissance de la productivité se ralentit, face à un dilemme opposé: elles devraient opter soit pour un taux de chômage plus élevé (à taux d'inflation constant) soit pour un taux d'inflation plus élevé (à taux de chômage constant) soit pour une combinaison de ces deux solutions extrêmes impliquant à la fois un taux de chômage et un taux d'inflation plus élevés, mais dans une moindre mesure.

Selon les options retenues par la banque centrale au cours de chacune de ces deux phases (accélération puis décélération de la productivité), le taux d'inflation peut être finalement plus élevé, moins élevé ou inchangé par rapport au taux prévalant avant le choc de productivité.

CONCLUSION

1. Cet article pose la question de savoir si, et dans quelle mesure, l'émergence des technologies de l'information et de la communication (TIC) peut amener un relèvement durable des gains de productivité. Le champ d'investigation choisi est l'économie américaine, en raison à la fois des brillantes performances affichées par celle-ci dans la seconde moitié des années nonante et de l'avance des Etats-Unis dans la production et la diffusion des TIC.

2. Les entreprises et ménages américains affectent une partie de plus en plus importante du volume de leurs dépenses à l'achat de biens et services de TIC. Quant au secteur producteur des TIC, il représente actuellement près de 10 p.c. de la valeur ajoutée des Etats-Unis, et a contribué directement à près de 30 p.c. de la croissance totale dans ce pays de 1994 à 1999. En outre, la plupart des autres secteurs y utilisent intensivement les TIC.

Le rythme de croissance de la productivité du travail s'est considérablement accéléré après 1995, contribuant à une croissance particulièrement vigoureuse, sans résurgence notable de l'inflation, et cela à un stade avancé du cycle conjoncturel. Les TIC expliquent l'essentiel de ce phénomène, communément appelé "nouvelle économie". Dans la littérature consacrée à cette question, il est reconnu que les TIC y ont contribué par deux canaux: premièrement, via les gains de productivité totale des facteurs (PTF) réalisés dans le secteur producteur de biens et services de TIC, qui ont été de pair avec une baisse ininterrompue de leurs prix; deuxièmement, du fait même de cette baisse des prix, via la substitution de l'équipement en TIC à d'autres facteurs de production, et la hausse de la productivité du travail qui en résulte, dans les autres secteurs de l'économie. En revanche, il n'y a pas d'unanimité dans la littérature sur l'existence du troisième canal possible, à savoir celui de gains de "PTF résiduelle"- c'est-à-dire la PTF des autres secteurs de l'économie -, associés à la diffusion des TIC. La plupart des auteurs considèrent à cet égard que les TIC ont aussi exercé un effet de cet ordre, mais cette position est contestée par Gordon (2000).

3. Il n'existe pas de réponse simple à la question importante et difficile de la durabilité du choc de productivité introduit par les TIC dans la deuxième moitié des années nonante. Etait-il de nature purement conjoncturelle ? A-t-il au contraire élevé durablement le niveau de la productivité ? Dans l'affirmative, faut-il s'attendre en outre à

ce que la croissance de la productivité continue à être aussi élevée au cours des années à venir ?

Suivant le dernier rapport annuel du CEA (2001), la partie cyclique de la croissance de la productivité est marginale et, dès lors, la quasi-totalité des progrès, tant de la PTF que de la productivité du travail, sont de nature structurelle. Même si la croissance de la productivité devait revenir rapidement à son rythme tendanciel, le choc technologique paraît avoir élevé de manière durable le niveau de la productivité. Mais l'incertitude subsiste quant au maintien, pendant encore un certain nombre d'années, d'un taux de croissance de la productivité supérieur à sa moyenne séculaire.

4. Ce qui peut être dit de la productivité potentielle n'est pas transposable à la production potentielle, qui est aussi affectée par l'offre de travail potentielle. Or cette dernière a également joué un rôle important dans l'accélération de la croissance des Etats-Unis dans les années nonante. Le rythme de croissance de la production potentielle de ce pays pourrait à présent se ralentir, puisque la réserve de main d'oeuvre tend à s'épuiser à mesure que les taux de participation et d'emploi atteignent des niveaux records.

5. A cela s'ajoute le ralentissement conjoncturel en cours. Jusqu'en 1999, la vigueur de l'économie américaine a bénéficié d'autres chocs d'offres temporaires, tels la baisse du prix des produits pétroliers et, jusqu'en 2000, de chocs de demandes en partie liés à l'émergence du secteur des TIC. En effet, la vive expansion de la consommation privée a été attisée par l'effet de richesse généré par les plus-values sur actions, spécialement celles des sociétés du secteur des TIC. A présent, l'économie américaine accuse un ralentissement marqué, qui devrait contribuer à résorber certains des déséquilibres résultant de la croissance soutenue de ces dernières années, tels l'endettement croissant du secteur privé et la détérioration de la balance des paiements courants.

6. Il peut paraître étonnant que les TIC n'aient contribué que relativement récemment à l'accélération de la productivité. Entre le début des années septante et le milieu des années nonante, le développement des TIC était allé de pair avec un ralentissement de la productivité de l'économie américaine dans son ensemble, évolution connue comme le paradoxe de Solow. L'article explore les théories selon lesquelles une technologie à usage général, les TIC dans le cas d'espèce, peut contribuer dans une

première phase à un ralentissement de la productivité et dans une phase ultérieure à son accélération.

7. Les conditions de politique économique permettant l'émergence d'une "nouvelle économie" ont été brièvement examinées. Aux Etats-Unis, une politique budgétaire rigoureuse et des conditions monétaires strictes n'ont pas empêché la réalisation d'une croissance économique élevée. En outre, le développement et la diffusion des innovations requièrent la mise en œuvre d'une politique structurelle, dont certains éléments sont spécifiques aux TIC et d'autres ont un caractère plus général. A cet égard, les modèles présentés dans l'article font apparaître l'importance d'un fonctionnement fluide des marchés des capitaux et des biens et services, et plus spécialement des facteurs facilitant l'entrée et la sortie des entreprises sur le marché.

8. Des études nationales sur l'émergence possible d'une nouvelle économie existent pour certains pays de la zone euro, et des essais d'agrégation partielle ont été entrepris (EC, 2000), encore que les comparaisons internationales soient ardues en raison notamment de différences méthodologiques. Pour l'instant, rien n'indique encore avec suffisamment de certitude une hausse quantifiable et durable des gains de productivité dans la zone euro (BCE, 2000b).

A l'avenir, une accélération de la productivité du travail semble pouvoir provenir moins des gains de PTF dans la production de biens et services des TIC, en raison de la - relativement - faible spécialisation de la zone dans ce secteur, que des gains de PTF et des effets de substitution induits par la diffusion de ces technologies dans les entreprises.

9. Enfin, une section de l'article est consacrée à la discussion de l'influence que peut exercer la nouvelle économie sur la politique monétaire. Cette influence dépend de nombreux facteurs, et notamment de la présence ou non d'incertitudes, des positions initiales de l'offre et de la demande ainsi que des évolutions respectives de l'offre et de la demande à la suite du choc technologique.

Si les signes d'une nouvelle économie devaient se confirmer dans la zone euro, ceci affecterait la stratégie de la BCE. D'une part, le Conseil des Gouverneurs pourrait revoir, à la hausse, la valeur de référence pour la croissance monétaire. D'autre part, une hausse du taux de croissance potentiel de l'économie influencerait les indicateurs du second pilier de la stratégie de la BCE que sont les prix, la croissance, ... A long terme, un

relèvement du taux de croissance potentiel devrait entraîner, ceteris paribus, une hausse du taux d'intérêt réel.

La possible émergence d'une nouvelle économie requiert donc dans le chef de la BCE une attention constante à l'évolution de la productivité potentielle et une certaine dose de pragmatisme.

Références

- Aghion Ph. et P. Howitt (1998a), *Endogenous growth theory*, MIT Press, Cambridge, Massachussets.
- Aghion Ph. et P. Howitt (1998b), "On the macroeconomic effects of major technological change", in Helpman E. (1998), *General Purpose Technologies and economic growth*, MIT Press, Cambridge, Massachussets.
- Arrow K. (1962), "The economic implications of learning-by-doing", *Review of Economic studies*, vol. 29, n° 3, June, pp. 155-173.
- Barro R.J. (1998), "Notes on growth accounting", *NBER Working Paper*, n° 6654, Cambridge, Massachussets.
- Barro R.J. et X. Sala-i-Martin (1995), *Economic growth*, Mc Graw-Hill.
- Bassanini A., Scarpetta S. et Visco I. (2000), "Knowledge, technology and economic growth: recent evidence from OECD countries", *Working Paper*, n° 6, National Bank of Belgium, May.
- BCE (2000a), "PIB potentiel et écart de production: concepts, utilisations et évaluations", *Bulletin mensuel*, octobre, pp. 37-48.
- BCE (2000b), *Bulletin mensuel*, Décembre.
- Boucekkine R. (2000), "Progrès technique incorporé et l'énigme du ralentissement de la croissance", *Analyses économiques et prévisions*, Institut de Recherches économiques et sociales, mars.
- Brynjolfsson E. et L.M. Hitt (1998a), "Beyond the productivity paradox: computers are the catalyst for bigger changes", *communications of the ACM*, August.
- Brynjolfsson E. et L.M. Hitt (1998b), "Beyond computation: information technology, organizational transformation and business performance", MIT Sloan School of Management, September.

Brynjolfsson E. et L.M. Hitt (2000), "Computing productivity: are computers pulling their weight ?", MIT Sloan School of Management, January.

Cecchetti S.G. (2000), "Early warning signs of the US productivity pickup: implications for Europe", unpublished working paper, Ohio State University and NBER, 14 August.

Council of Economic Advisers (2000), *Economic Report of the President of the United States*, transmitted to the Congress, February.

Council of Economic Advisers (2001), *Economic Report of the President of the United States*, transmitted to the Congress, January.

David P.A. (1990), "The dynamo and the computer: an historical perspective on the modern productivity paradox", *American Economic Review*, vol. 80, pp. 355-361.

David P.A. (1991), "Computer and dynamo: the modern productivity paradox in a not-too-distant-mirror", in OECD (1991), *Technology and productivity: the challenge for economic policy*, Paris.

David P.A. (1999), "Digital technology and the productivity paradox: after ten years, what has been learned ?", paper presented to the conference "Understanding the Digital Economy: Data, Tools and Research" held at the US Department of Commerce, Washington, D.C., 25-26 May.

De Masi P.R. (2000), "Does the pickup in productivity growth mean that there is a 'New Economy'", United States - Selected Issues, SM/00/146, IMF, pp. 4-15.

EC (2000), "The EU Economy 2000 Review", *European Economy*, n° 71.

Elmeskov J. et S. Scarpetta (2000), "New sources of economic growth in Europe ?", paper presented at the Oesterreichische Nationalbank 28th Economics Conference, Vienna, 15-16 June.

ESA (2000), *Digital economy*, Economics and Statistics Administration, US Department of Commerce, June.

- Freeman C. et C. Perez (1990), "The diffusion of technical innovations and changes of techno-economic paradigm" in Arcangeli F. et al. (eds), *The diffusion of new technologies, vol. 3: technology diffusion and economic growth: international and national policy perspectives*, Oxford University Press, New York.
- Gordon R.J. (1999a), "US economic growth since 1870 : one big wave ?", *American Economic Review*, vol. 89, n° 2, May, pp. 123-128.
- Gordon R. J. (1999b), "Has the 'New Economy' rendered the productivity slowdown obsolete ?"; unpublished working paper, Northwestern University and NBER, 14 June.
- Gordon R.J. (2000a), "Interpreting the 'One big wave' in U.S. long-term productivity growth", in Van Ark B., S. Kuipers et G. Kuper (eds.), *Productivity, technology and economic growth*, Kluwer Publishers, Amsterdam.
- Gordon R.J. (2000b), "Does the 'New Economy' measure up to the great inventions of the past ?", *Journal of Economic Perspectives*, vol. 14, n° 4, pp. 49-74.
- Gramlich E.M. (2000), "Investment and saving", *remarks at the University of Oregon*, 20 April.
- Greenspan A. (2000), "Technology and the economy", *remarks before the Economic Club of New York*, New York, 13 January.
- Greenwood J. et B. Jovanovic (1999), "Accounting for growth" in C. Hulten (ed.), *Studies in income and wealth: new directions in productivity analysis*, University of Chicago Press, Chicago.
- Greenwood J. et M. Yorukoglu (1997), "1974", *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy*, vol. 46, pp. 49-95, North-Holland.
- Griliches Z. (1969), "Capital-skill complementarity", *The Review of Economics and Statistics*, vol. 51, n° 4, November, pp. 465-468.

- Gust C. et J. Marquez (2000), "Productivity developments abroad", *Federal Reserve Bulletin*, Board of Governors of the Federal Reserve System, October, pp. 665-681.
- Haltiwanger J. (2000), "Aggregate growth: what have we learned from microeconomic evidence ?", *Economics Department Working Paper*, n° 267, OECD.
- Helpman E. et M. Trajtenberg (1998), " A time to sow and a time to reap: growth based on General Purpose Technologies", in Helpman E. (1998), *General Purpose Technologies and economic growth*, MIT Press, Cambridge, Massachussets.
- Helpman E. (1998), *General Purpose Technologies and economic growth*, MIT Press, Cambridge, Massachussets.
- Hicks J. (1932), *The theory of wages*, Macmillan, London.
- Hornstein A. et P. Krusell (2000), "New technology and productivity: a macroeconomic perspective" (forthcoming).
- Howitt P. (1998), "Measurement, obsolescence, General Purpose Technologies", in Helpman E. (1998), *General Purpose Technologies and economic growth*, MIT Press, Cambridge, Massachussets.
- IMF (2000), *World Economic Outlook*, October.
- Jorgenson D.W. et K.J. Stiroh (1999), "Information technology and growth", *American Economic Review (Papers and Proceedings)*, May, pp.109-115.
- Jorgenson D.W. et K.J. Stiroh (2000), "Raising the speed limit: U.S. economic growth in the information age", *Brookings Papers on Economic Activity*, n° 1, pp. 125-211.
- Jovanovic B. et G. MacDonald (1994), "Competitive diffusion", *Journal of Political Economy*, vol. 102, n° 1, February, pp. 24-52.
- Kendrick J.W. (1961), *Productivity trends in the United States*, Princeton University Press.

- Kouparitsas M.A. (1999), "Is there evidence of the new economy in the data ?", *Working paper series*, WP 99-21, Federal Reserve Bank of Chicago, December.
- Krusell P. (1998), "Investment-specific R&D and the decline in the relative price of capital", *Journal of Economic Growth*, vol. 3, n° 2, June, pp. 131-141.
- Lasfargue Y. (1991), *Vivre l'informatique*, Les éditions d'organisation, 5e édition, Paris
- Lucas R.E. Jr (1988), "On the mechanics of development planning", *Journal of Monetary Economics*, vol. 22, pp. 3-42.
- Lipsey R.G., C. Bekar et K. Carlaw (1998a), "What requires explanation ?" in Helpman E. (1998), *General Purpose Technologies and economic growth*, MIT Press, Cambridge, Massachussets.
- Lipsey R.G., C. Bekar et K. Carlaw (1998b), "The consequences of changes in GPTs" in Helpman E. (1998), *General Purpose Technologies and economic growth*, MIT Press, Cambridge, Massachussets.
- Macroeconomic Advisers (1999), "Productivity and potential GDP in the 'New US economy'", LLC, September.
- Maddison A. (1987), "Growth and slowdown in advanced capitalist economies : techniques of quantitative assessment", *Journal of Economic Literature*, vol. XXV, June, pp. 649-698.
- Mc Guckin R.H. et K.J. Stiroh (2000), "Do computers make output harder to measure ?", *Journal of Technology Transfer* (forthcoming).
- Mc Guckin R.H., M.L. Streitwieser et M. Doms (1998), "The effect of technology use on productivity growth", *Economics of Innovation and New Technology*, Vol. 7, pp. 1-26.
- Meyer L.H. (2000a), "The economic outlook and the challenges facing monetary policy", remarks before the Toronto Association for Business and Economics, 12 April.

Meyer L.H. (2000b), "The economic outlook and the challenges facing monetary policy", remarks at the Century Club Breakfast Series, Washington University, St. Louis, Missouri, 19 October.

Moulton B. R. (1999), "GDP and the digital economy: keeping up with the changes", paper presented at the Conference *Understanding the Digital Economy: Data, Tools and Research*, 25-26 May, Department of Commerce, Washington, DC.

Nyssens A., P. Butzen et P. Bisciari (2000), "Performances économiques des Etats-Unis dans les années nonante", *Working paper*, n° 3, Banque Nationale de Belgique, mars.

OCDE (2000a), *Perspectives des technologies de l'information*, OCDE, Paris.

OCDE (2000b), *Perspectives économiques*, OCDE, Paris, Juin.

OCDE (2000c), *Une nouvelle économie ?, transformation de rôle de l'innovation et des technologies de l'information dans la croissance*, OCDE, Paris.

OCDE (2000d), *Perspectives économiques*, OCDE, Paris, Décembre.

OECD (2000a), "Growth literature review", document prepared for the Working Party n° 1 on Macroeconomic and Structural Policy Analysis, ECO/CPE/WP1(2000)7.

OECD (2000b), "Is there a new economy ? First report on the OECD Growth Project", Meeting of the OECD Council at Ministerial Level.

OECD (2000c), *Measuring the ICT sector*, OECD, Paris.

Oliner S.D. et D.E. Sichel (1994), "Computers and output growth revisited; how big is the puzzle ?", *Brookings Papers on Economic Activity*, 2, pp. 273-334.

Oliner S.D. et D.E. Sichel (2000), "The resurgence of growth in the late 1990s: is information technology the story ?", *Finance and Economics Discussion Series, Working Paper*, n°20, Board of Governors of the Federal Reserve System, May.

- Pakko M.R. (1999), "The US trade deficit and the 'New economy'", *Federal Reserve Bank of St. Louis Review*, September-October, pp. 11-19.
- Pakko M.R. (2000), "The US trade deficit: sideshow to the 'New economy' ?", *The Regional Economist*, Federal Reserve Bank of St. Louis, April.
- Parente S. (1994), "Technology adoption, learning-by-doing, and economic growth", *Journal of Economic Theory*, vol. 63, n° 2, August, pp. 346-369.
- Romer P.M. (1986), "Increasing returns and long-run growth", *Journal of Political Economy*, vol. 94, n° 5, pp. 1002-1034.
- Romer P.M. (1990), "Endogenous technological change" *Journal of Political Economy*, vol. 98, n° 5, pp. 71-102.
- Scarpetta S., A. Bassanini, D. Pilat et P. Schreyer (2000), "Economic growth in the OECD area: recent trends at the aggregate and sectoral level, *Economics Department Working Papers*, n° 248, OECD.
- Schreyer P. (2000), "The contribution of information and communication technology to output growth : a study of the G7 countries", *STI Working Paper 2000/2*, OECD.
- Schumpeter J.A. (1934), *The theory of economic development*, Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts.
- Seskin E.P. (1999), "Improved estimates of the National Income and Product Accounts for 1959-98: results of the comprehensive revision", *Survey of Current Business*, US Department of Commerce, December.
- Shapiro C. et H. R. Varian (1999), *Information rules: a strategic guide to the network economy*, Harvard Business School Press, Boston.
- Solow R.M. (1956), "A contribution to the theory of economic growth", *Quarterly Journal of Economics*, vol. 70, n° 1, pp. 65-94.

- Solow R.M. (1957), "Technical change and the aggregate production function", *Review of Economics and Statistics*, vol. 39, pp. 312-320.
- Solow R.M. (1960), "Investment and technological progress" in Arrow K. et al. (eds), *Mathematical methods in the Social Sciences 1959*, Stanford University Press, Stanford.
- Solow R.M. (1987), "We'd better watch out", *New York Review of Books*, 12 July.
- Stiroh K. (1999), "Is there a new economy ?", *Challenge*, July-August, pp. 82-101.
- Swan T.W. (1956), "Economic growth and capital accumulation", *Economic Record*, vol. 32, pp. 334-361.
- Tevlin S. et K. Whelan (2000), "Explaining the investment boom of the 1990s", *Finance and Economics Discussion Series, Working Paper*, n° 11, Board of Governors of the Federal Reserve System.
- Tinbergen J. (1942), "Zur Theorie der langfristigen wirtschaftsentwicklung", *Weltwirtschaftliches Archiv*, vol. 55, n° 1, pp. 512-549.
- Triplett J.E. (1996), "High-tech industry productivity and hedonic price indices", OECD Proceedings: industry productivity, international comparison and measurement issues, pp. 119-142.
- Triplett J. E. (1999), "Economic statistics, the New Economy, and the Productivity Slowdown", *Business Economics*, vol. 34, n° 2, pp. 13-17.
- Van Ark B. (2000), "Measuring productivity in the 'New economy' towards a european perspective", *De Economist*, vol. 148, n° 1, pp. 87-105.
- Whelan K. (2000), "Computers, obsolescence and productivity", *Finance and Economics Discussion Series, Working Paper*, n° 6, Board of Governors of the Federal Reserve System.

NATIONAL BANK OF BELGIUM - WORKING PAPERS SERIES

1. "Model-based inflation forecasts and monetary policy rules" by M. Dombrecht and R. Wouters, *Research Series*, February 2000
2. "The use of robust estimators as measures of core inflation" by L. Aucremanne, *Research Series*, February 2000
3. "Performances économiques des Etats-Unis dans les années nonante" by A. Nyssens, P. Butzen, P. Bisciari, *Document Series*, March 2000.
4. "A model with explicit expectations for Belgium" by P. Jeanfils, *Research Series*, March 2000.
5. "Growth in an open economy: some recent developments" by S. Turnovsky, *Research Series*, May 2000.
6. "Knowledge, technology and economic growth: an OECD perspective" by A. Bassanini, S. Scarpetta, I. Visco, *Research Series*, May 2000.
7. "Fiscal policy and growth in the context of European integration" by P. Masson, *Research Series*, May 2000.
8. "Economic growth and the labor market: Europe's challenge" by C. Wyplosz, *Research Series*, May 2000.
9. "The role of the exchange rate in economic growth: a euro-zone perspective" by R. MacDonald, *Research Series*, May 2000.
10. "Monetary union and economic growth" by J. Vickers, *Research Series*, May 2000.
11. "Politique monétaire et prix des actifs: le cas des Etats-Unis" by Q. Wibaut, *Document Series*, August 2000.

12. "The Belgian industrial confidence indicator: leading indicator of economic activity in the euro area ?" by J.J. Vanhaelen, L. Dresse, J. De Mulder, *Document Series*, November 2000.
13. "Le financement des entreprises par capital-risque" by C. Rigo, *Document Series*, February 2001.
14. "Nouvelle économie" by P. Bisciari, *Document Series*, April 2001.

