

LE PARADOXE DE LA PRODUCTIVITÉ : L'APPORT DES MICRO-DONNÉES

Dirk Pilat

TABLE DES MATIÈRES

Introduction	42
Questions de mesure	44
Éléments sur les incidences des TIC au niveau de l'entreprise	48
Liens entre les TIC et la performance de l'entreprise	48
Incidences dans les services	53
Facteurs influant sur l'impact des TIC au niveau de l'entreprise	55
Qualifications	56
Facteurs liés à l'organisation	57
Innovation	59
Effets sur la concurrence et rôle de l'expérimentation	60
Taille et âge des entreprises	62
Facteur temps	63
Éléments au niveau de l'entreprise et paradoxe de la productivité	64
Remarques de conclusion	66
Notes	69
Bibliographie	70

Économiste principal, Division des analyses économiques et des statistiques, Direction de la science, de la technologie et de l'industrie. Les vues exprimées dans ce document sont celles de l'auteur et elles ne reflètent pas nécessairement celles de l'Organisation ou de ses pays membres.

INTRODUCTION

L'analyse économétrique de la croissance économique et de la productivité distingue en général trois effets des technologies de l'information et des communications (TIC). Premièrement, l'investissement dans les TIC contribue à accroître le stock de capital et améliore donc la productivité du travail. Deuxièmement, le progrès technologique rapide dans la production de biens et services des TIC peut contribuer à faire progresser l'efficacité du capital et du travail, ou la productivité multifactorielle (PMF), dans le secteur producteur de TIC. Et troisièmement, une plus large utilisation des TIC dans l'ensemble de l'économie peut aider les entreprises à être globalement plus efficaces et donc accroître la productivité multifactorielle. L'utilisation des TIC peut également accentuer les effets de réseau, tels que la réduction des coûts de transaction et l'accélération de l'innovation, ce qui peut également améliorer la PMF.

Ces incidences peuvent être examinées à différents niveaux d'analyse, au moyen soit de données macroéconomiques, soit de données par branche soit de données au niveau des différents établissements et entreprises. Plusieurs études ont déjà examiné l'impact des TIC au niveau macroéconomique (par exemple Colecchia et Schreyer, 2001 ; Van Ark *et al.*, 2003 ; Jorgenson, 2003 ; Schreyer *et al.*, 2003). Ces études montrent que l'investissement dans les TIC a contribué à l'intensification du capital et à la croissance dans la plupart des pays de l'OCDE au cours des années 90, mais avec des variations considérables selon les pays¹. Plusieurs études ont également été réalisées au niveau des branches (Van Ark *et al.*, 2002 ; Pilat *et al.*, 2002 ; O'Mahony et Van Ark, 2003 ; Inklaar *et al.*, 2003 ; Pilat et Wölfl, 2004). Celles-ci montrent que le secteur manufacturier producteur de TIC a contribué sensiblement à l'amélioration de la productivité du travail et de la PMF dans certains pays membres de l'OCDE comme la Finlande, l'Irlande et la Corée et que les États-Unis ont davantage bénéficié du secteur manufacturier producteur de TIC que l'Union européenne (O'Mahony et Van Ark, 2003). Elles ont également montré que les services utilisateurs de TIC aux États-Unis et en Australie ont enregistré une progression de la productivité du travail et de la productivité multifactorielle dans la seconde moitié des années 90, qui semble en partie associée à leur usage des TIC². Les autres pays ayant jusqu'à présent enregistré des gains similaires de productivité dans les services utilisateurs de TIC sont peu nombreux (OCDE, 2003). De plus, l'Union européenne tarde par rapport aux États-Unis à enregistrer une progression des gains de productivité dans les services utilisateurs de TIC (O'Mahony et Van Ark, 2003).

Les éléments disponibles au niveau agrégé et à celui des branches apportent d'utiles éclairages sur les incidences des TIC sur la productivité, mais ils soulèvent aussi de nouvelles questions, notamment en ce qui concerne les conditions dans lesquelles l'investissement dans les TIC devient efficace pour améliorer la productivité³. De plus, les éléments au niveau des agrégats et des branches mettent en évidence des incidences très limitées des TIC sur la productivité dans de nombreux pays, malgré d'importants investissements en la matière. Cela tendrait à indiquer que l'informatique n'apparaît pas encore dans les statistiques de productivité de plusieurs pays membres de l'OCDE, c'est-à-dire que le paradoxe de la productivité de Solow pourrait ne pas encore être résolu pour certains pays (Solow, 1987). Des données au niveau des entreprises pourraient aider à comprendre pourquoi l'investissement dans les TIC ne s'est pas encore traduit par une plus grande incidence sur la productivité, car elles pourraient attirer l'attention sur des facteurs influençant les incidences des TIC qui ne peuvent être observés au niveau agrégé, par exemple les facteurs liés à l'organisation ou à la disponibilité de qualifications⁴. Les données au niveau de l'entreprise peuvent également mettre en évidence des effets dynamiques et concurrentiels pouvant accompagner la diffusion des TIC, comme l'arrivée sur le marché de nouvelles entreprises, la disparition d'un certain nombre d'autres et des évolutions dans les parts de marché des entreprises en place. Le rapprochement entre des données au niveau de l'entreprise et des éléments plus agrégés peut donc améliorer notre compréhension de la façon dont les TIC influent sur la productivité et contribuer à apporter des réponses à certaines des questions qui entourent encore les incidences des TIC sur la productivité.

On dispose désormais de données au niveau de l'entreprise sur l'adoption des TIC pour un grand nombre de pays membres de l'OCDE. En effet, au cours des dernières années, on a beaucoup progressé dans le développement de statistiques sur l'utilisation de diverses technologies des TIC dans l'économie (OCDE, 2002)⁵. La plupart des pays de l'OCDE recueillent désormais des informations au niveau de l'entreprise sur l'investissement dans les TIC ou sur l'adoption de technologies spécifiques. De plus, de nombreux pays ont développé des bases de données fournissant des données détaillées et complètes sur la performance des entreprises individuelles. En combinant ces sources, il est possible d'établir un lien entre la performance de l'entreprise et son utilisation des TIC. De plus, dans la mesure où ces bases de données couvrent une forte proportion de l'économie ou sont suffisamment représentatives de la performance globale, elles peuvent aider à établir un lien entre la performance des entreprises considérées individuellement et celle de l'économie dans son ensemble⁶.

L'article examine tout d'abord certaines questions de mesures liées aux données au niveau de l'entreprise, car des données de meilleure qualité ont permis de contribuer de façon significative à quantifier les impacts des TIC. Il résume

ensuite les données empiriques sur l'incidence des TIC qui se dégagent des études au niveau de l'entreprise. Vient ensuite une analyse des principaux facteurs qui complètent l'adoption réussie des TIC. Ces sections font ressortir des éléments sur la façon dont les TIC peuvent améliorer la productivité que ne peuvent mettre en évidence des études réalisées à un niveau plus agrégé. L'analyse ne couvre toutefois pas l'ensemble des publications disponibles, et insiste surtout sur les travaux réalisés dans le contexte d'un projet récent de l'OCDE sur les TIC, la productivité et la croissance économique (OCDE, 2003 ; 2004). L'avant-dernière section revient sur un thème clé de l'article, qui est de savoir pourquoi la diffusion des TIC pourrait ne pas avoir encore produit d'éléments probants d'une plus forte croissance de la productivité dans de nombreux pays de l'OCDE et pourquoi les données au niveau de l'entreprise pourraient conduire à des conclusions différentes de celles issues d'éléments extraits à un niveau plus agrégé. L'article s'achève par une courte section finale.

QUESTIONS DE MESURE

L'amélioration des mesures a joué un rôle important dans le renforcement des éléments disponibles sur l'impact des TIC⁷. Une bonne partie des travaux initiaux utilisant des données au niveau de l'entreprise pour étudier les TIC et la productivité reposait sur des données privées. Ainsi, Brynjolfsson et Hitt (1997) ont étudié plus de 600 grandes entreprises des États-Unis sur la période 1987-94, en s'appuyant partiellement sur la base de données Compustat, tandis que Bresnahan, Brynjolfsson et Hitt (2002) se sont penchés sur plus de 300 des 1 000 plus grosses entreprises américaines de la liste du magazine *Fortune*. Des études similaires fondées sur des données privées existent dans d'autres pays. Ces travaux assis sur des sources privées ont contribué à créer un intérêt pour les incidences des TIC sur la productivité et donné un élan certain à la mise au point de statistiques officielles sur les TIC. Les sources privées présentent toutefois un certain nombre d'inconvénients méthodologiques. Tout d'abord, les données privées ne reposent souvent pas sur un échantillon représentatif d'entreprises, et on peut craindre que les résultats de ces études soient faussés. Ainsi, des études fondées sur un échantillon limité de grosses entreprises peuvent être biaisées, car les grandes entreprises bénéficient davantage des TIC que les petites. De plus, des études fondées sur un échantillon fixe d'entreprises auront tendance à ignorer les effets dynamiques, comme l'arrivée de nouvelles entreprises ou la disparition d'autres, qui peuvent accompagner la diffusion des TIC. Deuxièmement, la qualité et la comparabilité des données privées ne sont pas toujours connues, car elles ne correspondent pas nécessairement aux conventions, procédures et définitions statistiques communément acceptées.

Au cours de la décennie écoulée, l'analyse des incidences des TIC au niveau de l'entreprise a bénéficié de la mise en place dans les instituts statistiques de

bases de données diachroniques. Ces bases couvrent des échantillons bien plus grands et statistiquement représentatifs que les données privées, ce qui a son importance au vu de l'extrême hétérogénéité des performances des usines et des entreprises (Bartelsman et Doms, 2000). Ces données permettent de suivre les entreprises au fil du temps et peuvent être rapprochées de nombreuses enquêtes et sources de données. Parmi les précurseurs de cette tendance il faut mentionner la base de données diachronique de recherche (Longitudinal Research Database) du CES (Center of Economic Studies) de l'US Bureau of the Census (McGuckin et Pascoe, 1988). Depuis, plusieurs autres pays ont eux aussi mis en place des bases de données diachroniques et des centres d'analyse de ces données ; on citera ainsi l'Australie, le Canada, la Finlande, la France, les Pays-Bas et le Royaume-Uni. Les données intégrées à ces bases peuvent varier un peu d'un pays à l'autre, car leurs sources ne sont pas identiques, mais de nombreux éléments fondamentaux sont communs. Les sources premières de l'analyse sont généralement des enquêtes ou des recensements portant sur la production, par exemple l'enquête américaine *US Annual Survey of Manufactures*. Habituellement, ces données concernent le secteur manufacturier, mais de plus en plus souvent les bases de données diachroniques couvrent aussi le secteur des services (ou une partie de celui-ci).

Ces dernières années, les bases de données diachroniques ont de plus en plus été reliées à des données sur l'utilisation des TIC par les entreprises ; les données ainsi liées peuvent ensuite être explorées dans des études analytiques. Les premières études dans ce domaine s'appuyaient généralement sur des données sur les TIC extraites d'enquêtes concernant l'utilisation de la technologie, telles que l'Enquête sur la technologie manufacturière des Pays-Bas ou des États-Unis et l'Enquête sur les technologies de pointe du Canada⁸. D'autres études s'appuyaient sur des données concernant l'investissement dans les TIC tirées d'enquêtes sur la production ou l'investissement. Au cours des années récentes, les données sur les TIC sont devenues plus largement disponibles, par exemple par le biais des enquêtes sur l'utilisation des TIC et le commerce électronique réalisées dans de nombreux pays membres. Par ailleurs, des enquêtes sur l'innovation telles que l'Enquête communautaire sur l'innovation comportent souvent des questions sur l'utilisation de l'informatique dont on peut en principe utiliser les résultats pour un travail analytique empirique. Enfin, plusieurs pays mènent d'autres enquêtes spéciales qui abordent des aspects de l'utilisation des TIC par les entreprises. En principe, ces enquêtes sont aussi utilisables pour des analyses au niveau de l'entreprise.

Les études au niveau de l'entreprise de l'incidence des TIC sur la performance économique imposent aux chercheurs et statisticiens de rattacher des données pour les mêmes entreprises dérivées d'enquêtes statistiques différentes, par exemple des données issues d'une enquête sur la production et celles issues d'une enquête sur l'utilisation des TIC. D'autres types de données peuvent égale-

ment être intégrés, ce qui est important car les enquêtes empiriques tendent à montrer que l'incidence des TIC dépend de tout un éventail d'investissements et facteurs complémentaires, comme la disponibilité de qualifications, les facteurs liés à l'organisation, l'innovation et la concurrence (OCDE, 2003). Un examen des incidences des TIC qui ne se limiterait qu'à tel ou tel aspect risquerait d'être d'un intérêt limité.

Contrairement à l'analyse des incidences économiques des TIC aux niveaux agrégé et sectoriel, l'analyse au niveau de l'entreprise se caractérise par tout un éventail de données et de méthodes (tableau 1). Cette diversité tient en partie à des différences dans les données de base, mais elle reflète aussi le fait qu'une large gamme de méthodes peut être appliquée à ces données. Dans une certaine

Tableau 1. **Approche suivies dans certaines études récentes au niveau de l'entreprise sur les TIC et la performance économique**

Étude	Pays	Enquête couvrant les TIC	Méthode	Incidences économiques
Arvanitis (2004)	Suisse	Enquête du secteur des entreprises suisses	Régressions de la productivité du travail	Productivité du travail et complémentarités
Atrostic <i>et al.</i> (2004)	Danemark, Japon, États-Unis	Enquête sur l'usage des réseaux informatiques aux États-Unis, enquête sur l'utilisation des TIC au Danemark, enquête sur l'informatique sur le lieu de travail au Japon, enquête sur les technologies de pointe	Régressions de la productivité du travail	Productivité du travail (États-Unis, Japon), productivité multifactorielle (Japon)
Baldwin et Sabourin (2002)	Canada	Enquête sur les technologies de pointe	Régressions de la productivité du travail et des parts de marché	Part de marché, productivité du travail
Clayton <i>et al.</i> (2003)	Royaume-Uni	Enquête ONS sur le commerce électronique	Régressions de la productivité du travail et de la PTF	Productivité du travail, PTF, effets sur les prix
Crepon et Heckel (2000)	France	Fichier d'employeurs BRN	Comptabilisation de la croissance	Productivité, production
Criscuolo et Waldron (2003)	Royaume-Uni	Annual Respondents Database	Régressions de la productivité du travail	Productivité du travail
De Gregorio (2002)	Italie	Enquête structurelle sur les entreprises	Analyse multivariée	Adoption des TI, commerce électronique, aspects liés à l'organisation

Tableau 1. Approche suivies dans certaines études récentes au niveau de l'entreprise sur les TIC et la performance économique (suite)

Étude	Pays	Enquête couvrant les TIC	Méthode	Incidences économiques
De Panniza <i>et al.</i> (2002)	Italie	Enquête sur le commerce électronique	Composantes principales	Productivité du travail
Doms, Jarmin et Klimek (2002)	États-Unis	Enquête sur les actifs et dépenses	Régressions de la productivité du travail et de la croissance des établissements	Productivité du travail, croissance des établissements
Gretton <i>et al.</i> (2004)	Australie	Enquête longitudinale sur les entreprises, enquête sur l'utilisation des TI	Régressions de la productivité du travail	Productivité du travail, PMF, adoption des TI
Haltiwanger <i>et al.</i> (2003)	Allemagne, États-Unis	Enquête sur l'utilisation des réseaux informatiques aux États-Unis, panel sur les établissements EAB en Allemagne	Régressions de la productivité du travail	Productivité du travail
Hempell (2002)	Allemagne	Panel sur l'innovation à Mannheim	Régressions basées sur la fonction de production	Ventes, contribution du capital de TIC, innovation, productivité du travail
Hempell <i>et al.</i> (2004)	Allemagne, Pays-Bas	Enquête sur l'innovation, statistiques structurelles sur les entreprises	Régressions basées sur la fonction de production	Valeur ajoutée, contribution du capital de TIC, innovation, productivité du travail
Hollenstein (2004)	Suisse	Enquête sur le secteur des entreprises suisse	Modèle hiérarchique de l'adoption des TIC	Adoption des TIC
Maliranta et Rouvinen (2004)	Finlande	Enquête sur l'utilisation d'Internet et le commerce électronique	Régressions de la productivité du travail, ventilation de la croissance de la productivité	Productivité du travail, décomposition de la productivité
Milana et Zeli (2004)	Italie	Enquête des comptes économiques et financiers des entreprises	Indice de Malmquist de la croissance de la PTF, corrélations de la PTF	Croissance de la PTF
Motohashi (2003)	Japon	Enquête de base sur la structure et les activités des entreprises (BSBSA); enquête sur les TIC sur le lieu de travail	Fonction de production, régression de la PTF	Production, PTF, productivité

Source : Voir OCDE (2003 ; 2004).

mesure, cette diversité est souhaitable car les éléments empiriques sur les incidences sont plus convaincants quand ils peuvent être confirmés par différentes méthodes.

En revanche, les comparaisons entre pays nécessitent des méthodes communes et des données comparables. Certains chercheurs ont entrepris récemment des comparaisons entre pays (par exemple Atrostic *et al.*, 2004; Hempell, *et al.*, 2004; Haltiwanger, *et al.*, 2003) et les méthodes utilisées dans ces études sont de plus en plus reprises par d'autres pays. Ainsi, l'approche suivie par Atrostic *et al.* (2004) a également été appliquée par Criscuolo et Waldron (2003) et, dans une certaine mesure par Gretton, *et al.* (2004).

ÉLÉMENTS SUR LES INCIDENCES DES TIC AU NIVEAU DE L'ENTREPRISE

Un certain nombre d'études ont proposé une synthèse des premières publications sur les TIC, la productivité et les performances de l'entreprise (par exemple Brynjolfsson et Yang, 1996). Nombre de ces premières études ne trouvaient aucune incidence ou une incidence simplement négative des TIC sur la productivité. La plupart mettait également l'accent sur la productivité du travail et le rendement de l'utilisation de l'informatique, et non sur la TPF ou d'autres incidences des TIC sur la performance de l'entreprise. De plus, la plupart utilisaient également des sources privées, car les sources officielles n'étaient pas encore disponibles. Les impacts limités des TIC observés dans ces premières études ont contribué à ce que l'on a appelé le « paradoxe de la productivité » (encadré).

Des travaux récents menés par des chercheurs et offices de statistique, au moyen de données officielles, ont apporté un grand nombre d'éclairages nouveaux sur le rôle des TIC. Ces dernières années, l'OCDE a travaillé étroitement avec un groupe de chercheurs et de statisticiens de 13 pays membres pour recueillir davantage d'indications sur le lien entre les TIC et la performance des entreprises (OCDE, 2003, 2004). Certaines des conclusions de ce groupe sont examinées ci-après.

Liens entre les TIC et la performance de l'entreprise

Des études récentes au niveau de l'entreprise apportent des éléments montrant que l'utilisation des TIC peut avoir une incidence positive sur la performance de l'entreprise. Les conclusions de ces études varient. Le graphique 1 illustre la conclusion la plus fréquente d'un grand nombre d'études au niveau de l'entreprise indiquant que les entreprises qui utilisent les TIC ont une meilleure productivité⁹. De plus, l'écart entre les entreprises utilisatrices de technologie et les autres s'est accentué entre 1988 et 1997, les premières ayant enregistré une croissance relative plus élevée de leur productivité que les autres. Le graphique montre aussi que certaines technologies de l'information et des communications

Encadré 1. Le paradoxe de la productivité

De nombreuses études dans les années 70 et 80 ont montré que l'investissement dans les TIC avait une incidence négative ou nulle sur la productivité, ce qui a conduit l'économiste Robert Solow à dire que « on voit des ordinateurs partout, sauf dans les données sur la productivité » (Solow, 1987). Nombre de ces études étaient axées sur la productivité du travail, ce qui rendait ces conclusions surprenantes dans la mesure où l'investissement dans les TIC accroît le stock de capital productif et devrait donc, en principe, contribuer à la croissance de la productivité du travail. Des études ultérieures ont bien révélé certains signes d'une incidence positive des TIC sur la productivité du travail. Certaines ont également montré que le capital de TIC avait des incidences plus fortes sur la productivité du travail que d'autres formes de capital, ce qui tendait à suggérer qu'il pourrait exister des effets d'entraînement liés à l'investissement dans les TIC. Des travaux plus récents pour certains pays de l'OCDE, par exemple les États-Unis et l'Australie, ont montré de façon plus concluante la façon dont les TIC pourraient améliorer la productivité du travail et la productivité multifactorielle (Gretton, *et al.*, 2004; Bosworth et Triplett, 2003).

Les études réalisées ces dix dernières années ont mis en évidence plusieurs facteurs ayant contribué au paradoxe de la productivité. Tout d'abord, certaines retombées des TIC n'ont pas été prises en compte dans les statistiques de productivité (Triplett, 1999). Ces problèmes se posent surtout dans le secteur des services, dans lequel est réalisé l'essentiel des investissements des TIC. Ainsi, le fait que les guichets automatiques de banque (GAB) améliorent la commodité des services financiers n'est comptabilisé que comme une amélioration qualitative des services financiers dans certains pays membres de l'OCDE. Des problèmes similaires se posent pour d'autres activités comme l'assurance, les services aux entreprises et les services de santé ; Les mesures se sont améliorées dans certains secteurs et dans certains pays membres, mais cela reste un problème important pour l'examen de l'incidence des TIC sur les performances, notamment d'un pays à l'autre.

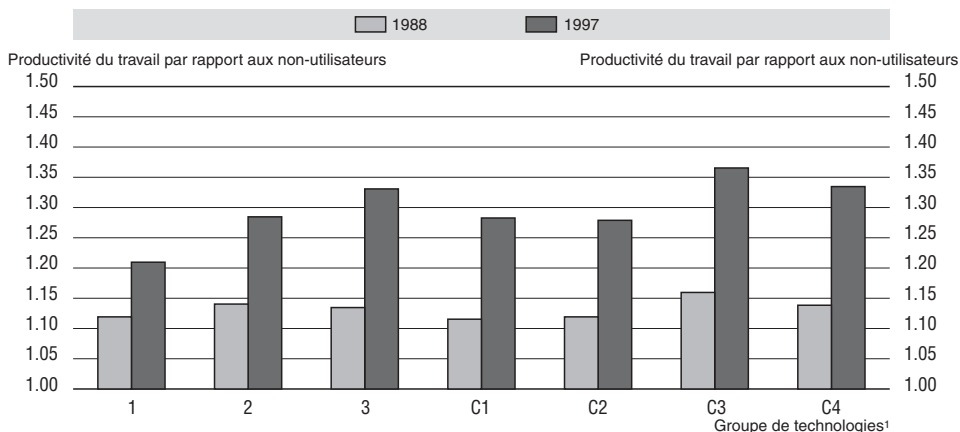
Une deuxième raison de cette difficulté à mettre en évidence les impacts des TIC est que les retombées de leur utilisation pourraient avoir nécessité un temps considérable pour se manifester, comme ce fut le cas pour d'autres technologies clés, par exemple l'électricité. La diffusion des nouvelles technologies est souvent lente et les entreprises peuvent mettre longtemps à s'adapter, par exemple pour modifier leur organisation, améliorer leur main-d'œuvre ou inventer et mettre en place des procédés efficaces. De plus, dans l'hypothèse où les TIC contribuent à l'amélioration de la PMF en partie grâce aux réseaux qu'elles rendent possibles, il faut du temps pour édifier des réseaux suffisamment développés pour que cela ait un effet sur l'économie. Les TIC se sont diffusés très rapidement dans de nombreux pays membres de l'OCDE au cours des années 90 et des études économétriques récentes font ressortir une plus grande incidence des TIC sur les performances économiques que ce n'était le cas dans les études réalisées avec des données datant des années 70 ou 80. Toutefois, ces incidences n'ont pas été observées dans une même proportion dans tous les pays, et elles sont plus manifestes aux États-Unis que partout ailleurs. Cela pourrait indiquer que les autres pays sont toujours engagés dans un processus d'ajustement aux TIC.

Encadré 1. Le paradoxe de la productivité (suite)

Une troisième raison est que beaucoup d'études antérieures visant à retracer l'incidence des TIC au niveau de l'entreprise s'appuyaient sur des échantillons relativement réduits d'entreprises, provenant de sources privées. Si l'incidence initiale des TIC sur les performances était faible, ces études ne pouvaient faire apparaître que peu d'éléments, car ceux-ci pouvaient être facilement noyés dans le « bruit » économétrique. Il se peut également que ces échantillons n'aient pas été représentatifs de la population totale ou que les données étaient de médiocre qualité. De plus, plusieurs études ont suggéré que l'incidence des TIC sur les performances économiques pouvait varier selon l'activité, et il est donc important que l'analyse distingue selon les secteurs. Des études plus récentes s'appuyant sur des échantillons plus vastes de données « officielles » et couvrant plusieurs branches sont donc davantage susceptibles que les études antérieures de mettre en évidence une incidence des TIC. Des progrès considérables ont été réalisés au cours des années récentes dans la mesure de l'investissement des TIC et dans la diffusion des TIC, ce qui implique que l'éventail des données disponibles est plus vaste, plus robuste et statistiquement plus significatif qu'auparavant.

Graphique 1. Productivité relative des utilisateurs et non-utilisateurs de technologies de pointe

Secteur manufacturier au Canada, 1988 par rapport à 1997



Note : Les groupes de technologies considérés sont les suivants: groupe 1 – logiciel ; groupe 2 – matériel ; groupe 3 – communications ; groupe C1 – logiciel et matériel ; groupe C2 – logiciel et communications ; groupe C3 – matériel et communications ; et groupe C4 – logiciel, matériel et communications.

1. L'illustration indique la productivité relative parmi les utilisateurs de technologie par rapport à des groupes n'utilisant aucune technologie de pointe.

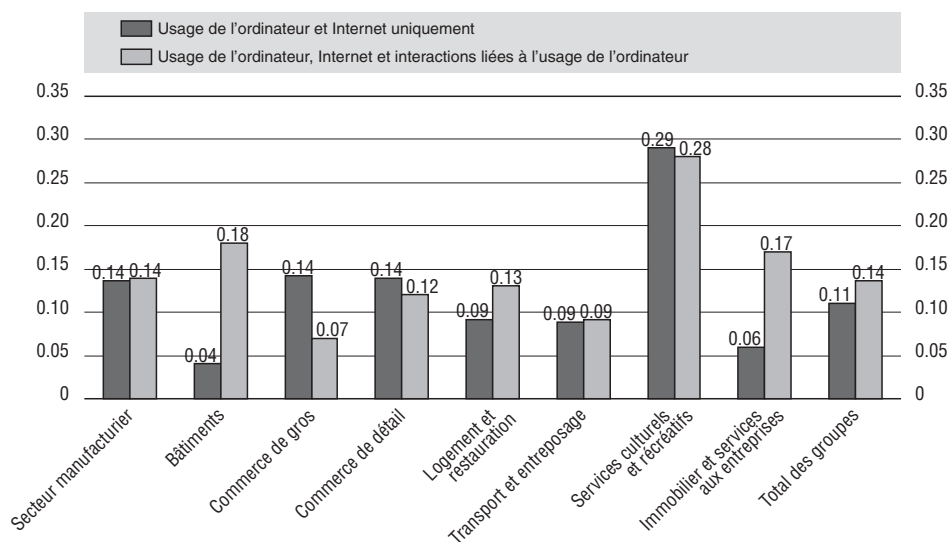
Source : Baldwin et Sabourin (2002).

sont plus importantes que d'autres pour améliorer la productivité, notamment les technologies des réseaux de communication.

Le graphique 2 est basé sur une étude de données australiennes au niveau de l'entreprise (Gretton *et al.* 2004). L'Australie est généralement considérée comme un pays de l'OCDE dans lequel les TIC ont déjà eu des incidences considérables. L'étude met en évidence, au moyen d'une comptabilisation agrégée de la croissance et de l'agrégation des résultats au niveau des entreprises, le fait que les TIC et les effets connexes ont augmenté la croissance annuelle de la PMF en Australie d'environ 2/10^e de point de pourcentage. C'est une contribution significative, même si elle ne représente qu'une proportion relativement faible de la croissance de la PMF en Australie dans les années 90, qui a atteint 1.8 pour cent par an. L'utilisation des ordinateurs affectait donc déjà la croissance de la PMF en Australie au milieu des années 90, c'est-à-dire avant que l'investissement dans les TIC n'atteigne son sommet. De plus, cet effet s'ajoutait à la contribution substantielle des TIC à l'intensification globale du capital, laquelle a été estimée à 1 pour cent par an sur les années 90. Mais surtout, l'analyse économétrique au niveau de l'entreprise, qui prend en compte les autres influences, a fait ressortir des liens

Graphique 2. Contribution estimée des TIC à la croissance de la productivité multifactorielle en Australie

1994-95 à 1997-98, en points de pourcentage



Source : Gretton *et al.* (2004).

positifs entre l'utilisation des TIC et la croissance de la productivité dans tous les secteurs industriels examinés. L'analyse a également montré que les effets des TIC sur la productivité diminuaient au fil du temps ; l'effet ultime de l'adoption (d'un type) de TIC sur la productivité est donc une augmentation de niveau plutôt qu'une augmentation permanente du taux de croissance.

Les résultats des graphiques 1 et 2 sont confirmés par un grand nombre d'études montrant également les incidences des TIC sur la performance économique. Ainsi Hempell, *et al.* (2004) ont observé que l'approfondissement du capital de TIC s'est traduit par une augmentation de la productivité du travail dans les entreprises de services tant en Allemagne qu'aux Pays-Bas. Arvanitis (2004) note que la productivité du travail dans les entreprises suisses est étroitement corrélée avec l'utilisation des TIC. Une étude concernant la Finlande, réalisée par Maliranta et Rouvinen (2004) a également montré de façon convaincante les incidences des TIC sur la productivité. Il en ressort, une fois pris en compte les effets liés à la branche et à la période, ainsi que les spécificités de l'entreprise et des travailleurs utilisant les TIC, que le gain de productivité pour le personnel équipé de TIC varie de 8 pour cent à 18 pour cent, ce qui correspond à une élasticité de 5 à 6 pour cent du capital de TIC. Cet effet est beaucoup plus fort dans les entreprises de création récente et dans le secteur de producteurs de TIC, notamment dans les services producteurs de TIC.

Baldwin, *et al.* (2004) ont trouvé des éléments convaincants indiquant qu'au Canada l'utilisation des TIC s'accompagne de meilleures performances. L'utilisation accrue des technologies de l'information et des communications de pointe, notamment, s'est accompagnée d'une croissance plus forte de la productivité du travail durant les années 90. Dans une autre étude concernant le Canada, Baldwin et Sabourin (2002) ont observé qu'une proportion considérable des parts de marché avait été transférée des entreprises en déclin vers les entreprises en croissance au cours de la décennie. Dans le même temps, les entreprises en croissance augmentaient leur productivité, par rapport aux entreprises en déclin. Les entreprises utilisant des technologies de communications ou combinant plusieurs technologies de différentes catégories étaient celles dont la productivité relative augmentait le plus, et les gains ainsi enregistrés se traduisaient par des progressions de parts de marché.

Clayton, *et al.* (2004) ont analysé les incidences économiques au Royaume-Uni d'une application particulière des TIC, le commerce électronique. Ils ont observé un effet positif sur la productivité du travail et la productivité multifactorielle des entreprises en relation avec l'utilisation des réseaux informatiques pour les transactions. Toutefois, il existe une différence importante entre l'achat électronique et la vente électronique, l'achat électronique ayant des incidences positives sur la croissance de la production alors que la vente électronique avait en général des incidences négatives. Cela tient sans doute à des effets sur les prix, car une partie

au moins des gains procurés par l'investissement dans les systèmes d'achat électronique par les entreprises vient de la possibilité d'utiliser la transparence des prix apportée par ces systèmes pour conclure des transactions plus compétitives. Une partie vient des gains d'efficience, mais une partie aussi est sans doute réalisée au détriment des fournisseurs.

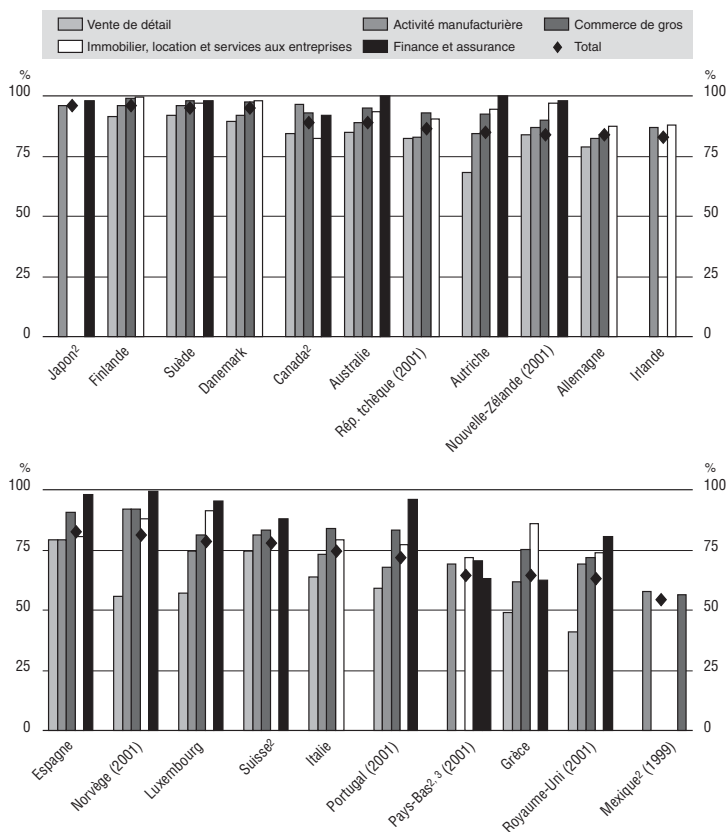
En ce qui concerne les États-Unis, Atrostic et Nguyen (2002) ont été les premiers à établir un lien entre l'utilisation des réseaux informatiques (aussi bien EDI qu'Internet) et la productivité. Ils ont montré que la productivité moyenne du travail était plus élevée dans les établissements dotés de réseaux et que l'incidence des réseaux était positive et significative, une fois pris en compte tout un ensemble de facteurs liés à la production et aux caractéristiques de l'établissement. Selon les estimations, les réseaux augmentent la productivité du travail d'environ 5 pour cent suivant les spécifications du modèle. Atrostic *et al.* (2004) ont examiné l'impact des réseaux informatiques dans trois pays membres de l'OCDE, le Danemark, le Japon et les États-Unis. En ce qui concerne le Japon, l'étude a montré que l'existence de réseaux aussi bien inter-entreprises qu'intra-entreprises est corrélée avec des niveaux plus élevés de PMF dans les entreprises, ce qui confirme les conclusions de Motohashi (2003). Des coefficients positifs et statistiquement significatifs ont été observés pour plusieurs types de réseaux, notamment les réseaux ouverts (Internet), les technologies de CFAO et l'échange de données informatisées (EDI).

Incidences dans les services

L'utilisation des TIC est davantage généralisée dans certaines branches des services que dans l'industrie manufacturière (OCDE, 2003). De plus, tous les secteurs n'utilisent pas les mêmes technologies. Dans de nombreux pays, ce sont les services financiers qui utilisent le plus les TIC (graphique 3). Des données concernant le Royaume-Uni donnent à penser que l'intermédiation financière est également le secteur le plus susceptible d'utiliser des technologies de réseau (OCDE, 2003) et aussi celui le plus susceptible d'utiliser des combinaisons de différentes technologies de réseau. Cela montre que ce secteur est un gros consommateur d'informations et qu'il est donc potentiellement le plus à même de tirer parti des TIC.

Les études au niveau des branches ne donnent que peu d'éléments sur le fait que l'utilisation des TIC aurait conduit à une plus forte croissance de la productivité dans le secteur des services, à l'exception des États-Unis et de l'Australie (OCDE, 2004). Toutefois les études au niveau des entreprises donnent à penser que les TIC peuvent améliorer les performances du secteur des services, même dans les pays pour lesquels on ne dispose que de peu d'éléments au niveau des branches. Pour l'Australie et les États-Unis, les études au niveau de l'entreprise confirment les éléments recueillis au niveau des branches. Ainsi, Gretton, *et al.*

Graphique 3. Pénétration d'Internet par activité, 2002¹
 Pourcentage de l'ensemble des entreprises employant dix salariés ou plus qui utilisent Internet



1. Dans les pays européens, seules les entreprises du secteur privé, à l'exclusion des activités NACE E (production et distribution d'électricité, de gaz et d'eau), F (construction) et J (activités financières) sont incluses. La source de ces données est l'Enquête communautaire d'EUROSTAT sur l'utilisation des TIC par les entreprises. En Australie, toutes les entreprises ayant des salariés sont comptabilisées, à l'exception des entreprises des secteurs suivants : administration générale, agriculture, sylviculture et pêche, administration et défense, enseignement, particuliers employeurs et organisations religieuses. Le Canada inclut le secteur industriel. Le Japon inclut l'agriculture, la sylviculture et les industries minières. La Nouvelle-Zélande exclut la production et la distribution d'électricité, de gaz et d'eau, et n'inclut que les entreprises dont le chiffre d'affaires a atteint au moins 30 000 NZD. La Suisse inclut l'industrie, la construction et les services.
2. Pour le Canada, entreprises employant de 50 à 299 salariés, au lieu de 50 à 249, et 300 salariés ou plus, au lieu de 205 ou plus. Pour le Japon, entreprises comptant au moins 100 salariés. Pour les Pays-Bas, entreprises comptant de 50 à 199 salariés au lieu de 50 à 249. Pour la Suisse, entreprises comptant de 5 à 49 salariés au lieu de 10 à 49, et 5 salariés ou plus au lieu de 10 ou plus. Pour le Mexique, entreprises comptant au moins 21 salariés, de 21 à 100 salariés au lieu de 10 à 49, de 101 à 250 au lieu de 50 à 249 et de 151 à 1 000 au lieu de 250 ou plus.
3. Internet et autres réseaux informatisés.

Source : OCDE, base de données sur les TIC et Eurostat, Enquête communautaire sur l'utilisation des TIC dans les entreprises 2002, mai 2003.

(2004) ont observé des incidences des TIC sur la croissance de la TMF dans plusieurs secteurs de services. Pour les États-Unis, Doms, Jarmin et Klimek (2002) ont montré que la croissance du secteur de la vente de détail aux États-Unis s'est accompagnée du remplacement des détaillants traditionnels par des détaillants avisés, introduisant de nouvelles technologies et de nouveaux procédés.

Mais on observe également des incidences pour d'autres pays. En Allemagne, Hempell (2002) a mis en évidence les effets significatifs des TIC sur la productivité dans le secteur des services. De plus, l'expérience acquise grâce à d'anciennes innovations de procédé a aidé les entreprises à rendre leurs investissements dans les TIC plus productifs. Une étude comparative de l'Allemagne et des Pays-Bas (Hempell, *et al.*, 2004) a confirmé le lien entre les TIC et l'innovation dans le secteur des services en Allemagne et également montré l'existence d'un tel lien dans le secteur des services aux Pays-Bas. De plus, l'étude a mis en évidence le fait que le capital des TIC avait une incidence significative sur la productivité dans le secteur des services aux Pays-Bas.

En ce qui concerne la Finlande, Maliranta et Rouvinen (2004) ont observé que le gain de productivité du travail induit par les TIC semble plus marqué dans les services que dans l'activité manufacturière. Les entreprises manufacturières bénéficient notamment d'une plus grande efficacité attribuable aux TIC dans le domaine de la communication interne, qui est en général liée à l'utilisation de réseaux locaux (LAN), alors que les entreprises de services bénéficient de gains d'efficacité dans la communication externe (Internet). Pour la Suisse, Arvanitis (2004) observe que l'utilisation d'Internet a eu moins d'importance pour les performances de l'entreprise dans le secteur manufacturier que dans le secteur des services, sans doute car beaucoup d'ouvriers de production n'exécutent pas de tâches de bureau et ne sont pas équipés d'un ordinateur et d'une connexion Internet.

FACTEURS INFLUANT SUR L'IMPACT DES TIC AU NIVEAU DE L'ENTREPRISE

Les éléments résumés plus haut donnent à penser que l'utilisation des TIC a effectivement des incidences positives sur les performances et la productivité de l'entreprise, même dans les pays pour lesquels on ne dispose que de peu d'indications dans ce sens à des niveaux d'analyse plus agrégés, par exemple en Allemagne. Ces éléments suggèrent toutefois aussi que ces incidences se concrétisent principalement ou uniquement quand l'investissement dans les TIC s'accompagne d'autres changements et investissements. Ainsi, selon de nombreuses études économétriques, les TIC auraient surtout des effets dans les entreprises dont les niveaux de qualifications ont été améliorées et dans lesquelles des changements d'organisation ont été introduits. L'innovation est un autre facteur important, dans la mesure où par leurs propres expérimentations et innovations

les utilisateurs contribuent à rendre plus utiles les investissements dans des technologies comme les TIC. Sans ce processus de co-invention, qui est souvent plus lent que l'innovation technologique, l'incidence économique des TIC pourrait être limitée. Les données au niveau de l'entreprise indiquent également que l'adoption et l'incidence des TIC varient selon les entreprises, suivant la taille, l'âge, l'activité, etc. La section qui suit examine certains de ces éléments et analyse les principaux facteurs complémentaires qui sont associées à l'investissement dans les TIC.

Qualifications

Un nombre appréciable d'études longitudinales traitent de l'interaction entre la technologie et le capital humain, et de leur incidence conjointe sur la productivité (Bartelsman et Doms, 2000). Bien que les bases de données longitudinales comportant des données sur les qualifications des travailleurs ou sur leur profession soient peu nombreuses, beaucoup prennent en compte le capital humain par le biais des salaires, selon le principe que les salaires sont corrélés de façon positive avec les qualifications. Plusieurs de ces études au niveau de l'entreprise confirment la complémentarité entre technologie et qualifications.

Ainsi des études concernant le Canada ont montré que l'utilisation des technologies de pointe est associée à des demandes de qualifications plus élevées (Baldwin, *et al.*, 1995). Dans les établissements canadiens utilisant des technologies de pointe, cela se traduit souvent par une plus forte incidence de la formation. Les auteurs de l'étude ont également observé que les entreprises adoptant des technologies de pointe augmentaient leurs dépenses d'enseignement et de formation. Baldwin, *et al.* (2004) ont observé que quand l'équipe de direction privilégiait l'amélioration de la qualité de ses produits par l'adoption d'une stratégie agressive en matière de ressources humaines – en relevant constamment les qualifications de son personnel par la formation et le recrutement – cela s'accompagnait d'une croissance plus forte de la productivité.

En ce qui concerne l'Australie, Gretton *et al.*, (2004) ont observé que les retombées positives de l'utilisation des TIC sur les gains de PMF étaient en général liées au niveau du capital humain et des qualifications à l'intérieur des entreprises, ainsi qu'à l'expérience acquise par ces entreprises en matière d'innovation, d'introduction de pratiques professionnelles avancées et d'intensité de changement organisationnel. Les données pour l'Australie ont également montré que celles qui adoptaient le plus tôt et de la façon la plus intensive les TIC et Internet étaient en général de grosses entreprises comptant des cadres et des travailleurs qualifiés.

Pour la France, les données disponibles comportent des informations sur les caractéristiques des travailleurs, ce qui permet une analyse plus détaillée. Entorf

et Kramarz (1998) ont constaté que les technologies fondées sur l'informatique sont souvent utilisées par des travailleurs plus qualifiés. Ces travailleurs deviennent plus productifs à mesure qu'ils acquièrent davantage d'expérience dans l'utilisation de ces technologies. L'introduction de nouvelles technologies a également contribué à un léger accroissement des écarts de salaires à l'intérieur des entreprises. Greenan *et al.* (2001) ont examiné des données portant sur la fin des années 80 et le début des années 90 et observé de fortes corrélations positives entre les indicateurs d'informatisation et de recherche d'une part et la productivité, les salaires moyens et la proportion de cadres administratifs d'autre part. Ils ont également observé des corrélations négatives entre ces indicateurs et la proportion d'ouvriers de production.

Pour le Royaume-Uni, Haskel et Heden (1999) ont utilisé la base de données britannique Annual Respondents Database (ARD) ainsi qu'un ensemble de données sur l'informatisation. Ils ont constaté que l'informatisation réduisait la demande de travailleurs manuels, même une fois prises en compte l'endogénéité, la valorisation du capital humain et les possibilités technologiques. Caroli et Van Reenen (1999) ont observé pour le Royaume-Uni que le capital humain, la technologie et le changement organisationnel étaient complémentaires et que le changement organisationnel réduisant la demande de travailleurs non qualifiés.

Quelques études ont également été consacrées à d'autres incidences en relation avec les travailleurs. Ainsi, Luque et Miranda (2000) observent que le changement technologique associé à l'adoption de technologies de pointe influe aussi sur la mobilité des travailleurs. Plus le nombre de technologies de pointe adoptées dans un établissement industriel est élevé, plus grande est la probabilité qu'un travailleur quittera l'entreprise. Leur interprétation est que les travailleurs dans les établissements technologiquement avancés ont des capacités (souvent non observées) plus élevées et qu'ils peuvent donc prétendre à un meilleur salaire lorsqu'ils partent. L'autre mécanisme en jeu est que les travailleurs moins qualifiés ont tendance à être dirigés vers des établissements industriels moins avancés sur le plan technologique.

Facteurs liés à l'organisation

En relation étroite avec le capital humain, il faut également mentionner le rôle du changement organisationnel. Les études montrent en général que les retombées des TIC sont maximales quand l'investissement dans ces technologies est associé à d'autres changements organisationnels, tels que nouvelles stratégies, nouveaux processus et pratiques industrielles ou nouvelles structures organisationnelles. L'élément commun à toutes ces pratiques est qu'elles impliquent une plus grande responsabilité des travailleurs quant au contenu de leur travail et, dans une certaine mesure, un plus grand rapprochement entre l'encadrement et la

main-d'œuvre. Comme ces changements organisationnels varient en général selon l'entreprise, les études économétriques indiquent en moyenne une incidence positive de l'investissement dans les TIC, mais avec des variations considérables selon les organisations.

Plusieurs études ont examiné le lien entre les TIC et le capital humain, le changement organisationnel et la croissance de la productivité. Black et Lynch (2001), par exemple ont observé que l'introduction de nouvelles pratiques dans le domaine des ressources humaines est importante pour la productivité, comme le fait de donner aux employés davantage de poids dans la prise de décision ou l'introduction de mécanismes d'intéressement aux bénéficiaires ou de nouvelles pratiques en matière de relations sociales. Ils ont également observé que la productivité était plus élevée dans les entreprises comptant une forte proportion de personnel non cadre utilisant des ordinateurs, ce qui tendrait à indiquer que l'utilisation de l'ordinateur et l'introduction de pratiques en matière de ressources humaines vont de pair.

Plusieurs études sur le changement organisationnel sont également disponibles pour des pays d'Europe. Pour l'Allemagne, Falk (2001) a constaté que l'introduction des TIC et la part des dépenses de formation étaient des facteurs importants dans des changements organisationnels comme l'introduction de la maîtrise totale de la qualité, d'une administration réduite, du raccourcissement des chaînes hiérarchiques et de la délégation des pouvoirs. En ce qui concerne la France, Greenan et Guellec (1998) ont observé que l'utilisation des technologies de pointe et les qualifications de la main-d'œuvre étaient deux éléments positivement liés aux variables organisationnelles. Les entreprises qui permettaient la communication interne et qui innovaient au niveau organisationnel semblaient davantage en mesure de créer les conditions d'une adoption fructueuse des technologies de pointe. De plus, ces changements semblaient également accroître la capacité de l'entreprise à s'adapter à l'évolution des conditions du marché grâce par exemple à l'innovation technologique et la réduction des stocks.

Gretton, *et al.* (2004) ont également trouvé pour l'Australie des interactions significatives entre l'utilisation des TIC et des variables organisationnelles complémentaires dans la quasi-totalité des secteurs. Les facteurs complémentaires pour lesquels des données sont disponibles et une influence significative a été observée sont : le capital humain, l'expérience de l'entreprise en matière d'innovation, son utilisation de pratiques professionnelles avancées et l'intensité de la restructuration organisationnelle. L'usage de l'ordinateur est également couramment associé à l'utilisation de pratiques commerciales de type avancé, la transformation en société de capitaux et la réorganisation de l'entreprise.

Arvanitis (2004) a observé d'importantes complémentarités pour la Suisse. Il constate que la productivité du travail est corrélée positivement avec l'intensité

de capital humain et également avec des facteurs organisationnels comme le travail en équipe, la rotation des postes et la décentralisation de la prise de décision. Son étude fait également apparaître certains signes de complémentarité entre le capital humain et le capital de TIC en ce qui concerne la productivité. Toutefois, il n'a pas trouvé de signe de complémentarité entre le capital organisationnel, le capital humain et le capital de TIC, combinaison qui est observée dans quelques autres études.

Maliranta et Rouvinen (2004) observent certains signes de complémentarité pour la Finlande, notamment pour le capital humain et les facteurs organisationnels. Les facteurs organisationnels sont importants en Finlande car les effets des TIC sur la productivité dans le secteur manufacturier semblent beaucoup plus importants dans les entreprises récentes que dans les entreprises plus anciennes. Un petit nombre d'autres études ont également montré que la productivité du capital (essentiellement non TIC) tend à être plus forte dans les installations *anciennes*, ce qui est peut-être dû à des effets d'apprentissage. S'il est incontestable que les effets d'apprentissage existent également avec les TIC, les observations au sujet de la Finlande concordent avec l'opinion selon laquelle il est peut-être encore plus important de pouvoir effectuer des ajustements organisationnels complémentaires. De tels changements sont peut-être plus faciles à mettre en œuvre dans les entreprises récentes et plus encore dans les entreprises nouvelles.

Innovation

Plusieurs études relèvent un lien important entre l'utilisation des TIC et la capacité d'une entreprise à innover. Le rôle de l'innovation a été soulevé par Bresnahan et Greenstein (1996), qui ont fait valoir que les utilisateurs aidaient à rendre les investissements dans des technologies comme les TIC plus utiles, grâce à leurs propres expérimentations et innovations. Sans ce processus de co-invention, qui est souvent plus lent que l'invention technologique, l'incidence économique des TIC pourrait être limitée. Par exemple, des travaux concernant l'Allemagne et basés sur des enquêtes sur l'innovation ont montré que les entreprises qui avaient introduit des innovations de procédés par le passé obtenaient des résultats particulièrement positifs dans l'utilisation des TIC (Hempell, 2002) ; l'élasticité de la production par rapport au capital de TIC dans ces entreprises était estimée aux environs de 12 pour cent, soit quatre fois plus que pour les autres entreprises. On peut penser de ce fait que l'utilisation productive des TIC est étroitement liée à l'innovation en général, et notamment à l'innovation dans les procédés. Les études dans d'autres pays confirment également ce lien. Ainsi Greenan et Guellec (1998) ont noté que le changement organisationnel et l'adoption de technologies de pointe augmentaient la capacité des entreprises à s'adapter à l'évolution des conditions du marché, par le biais de l'innovation technologique.

Hempell, *et al.* (2004) relèvent la complémentarité de l'innovation et des TIC aussi bien pour l'Allemagne que pour les Pays-Bas. Ils ont testé l'hypothèse selon laquelle les entreprises qui introduisent de nouveaux produits ou de nouveaux procédés, ou qui adaptent leurs structures organisationnelles peuvent récolter davantage de retombées d'un investissement dans les TIC que les entreprises qui s'abstiennent de tels efforts complémentaires. Pour ces deux pays, les résultats indiquent que les TIC sont utilisées de façon plus productive si elles sont complétées par des efforts propres de l'entreprise pour innover. Ces effets de retombées sont une spécificité du capital de TIC, car aucune complémentarité entre le capital hors TIC et l'innovation n'a été mise en évidence dans l'étude. Les résultats montrent aussi que le fait d'innover en permanence semble être davantage payant en ce qui concerne les effets sur la productivité des TIC qu'une activité occasionnelle d'innovation. Cet effet est observé pour l'innovation dans les produits (Allemagne) et pour les innovations non techniques (Pays-Bas) et, dans une bien moindre mesure, pour les innovations dans les procédés. En ce qui concerne l'Allemagne, les auteurs relèvent également des signes de retombées directes de l'innovation dans les produits et les procédés dans les services sur la productivité multifactorielle (PMF). Les entreprises de services qui innovent en permanence affichent des niveaux plus élevés de PMF. Cet effet direct positif de l'innovation sur la productivité, toutefois, ne peut être relevé pour les Pays-Bas.

Baldwin, *et al.* (2004) constatent que ces caractéristiques sont également importantes au Canada. La stratégie d'innovation de l'entreprise, ses pratiques professionnelles et ses stratégies en matière de ressources humaines sont autant d'éléments qui influent sur le degré d'adoption de nouvelles technologies de pointe par l'entreprise. Un thème central qui se dégage des données sur le Canada est qu'une orientation stratégique axée sur la haute technologie est souvent l'élément capital d'une stratégie payante pour l'entreprise. L'étude note également que les entreprises ayant combiné les TIC avec d'autres technologies de pointe obtiennent de meilleurs résultats que celles qui n'utilisent qu'une technologie. De plus, les résultats font ressortir l'importance de combinaisons de technologies ne se limitant pas aux seules TIC. Ainsi, l'adoption de technologies avancées de gestion de processus par elle-même a peu d'effet sur la croissance de la productivité d'une entreprise, mais combinée aux TIC et à des technologies avancées de conditionnement, les effets sont significatifs. Des effets analogues apparaissent quand les performances de l'entreprise sont mesurées d'après la progression des parts de marché, plutôt que la croissance de la productivité.

Effets sur la concurrence et rôle de l'expérimentation

Dans une économie concurrentielle, l'utilisation efficace des TIC peut aider des entreprises efficaces à gagner des parts de marché au détriment des entreprises moins productives, ce qui améliore la productivité globale. Ainsi, Maliranta

et Rouvinen (2004) signalent le rôle de la sélection des entreprises en Finlande. Bien que la progression de l'utilisation des TIC en Finlande soit due pour l'essentiel à la croissance interne des entreprises, la restructuration (croissance de certaines entreprises et déclin d'autres) joue également un rôle important. Cela est notamment le cas parmi les entreprises de création récente, dont certaines réussissent et croissent, et beaucoup échouent.

Plusieurs autres études soulignent aussi l'incidence de la concurrence. Selon Baldwin et Diverty (1995), les établissements à capitaux étrangers sont davantage susceptibles que les établissements nationaux d'adopter des technologies de pointe. Pour l'Allemagne, Bertschek et Fryges (2002) ont observé que la concurrence internationale était un facteur important dans la décision d'une entreprise d'adopter le commerce électronique interentreprises. Ces résultats doivent être mis en parallèle avec ceux de plusieurs études au niveau de l'entreprise qui montrent que l'introduction de technologies de pointe peut aider les entreprises à gagner des parts de marché et réduire la perspective d'éviction (par exemple Doms *et al.*, 1995 ; Doms, Jarmin et Klimet, 2002 ; Baldwin *et al.* 1995a ; Baldwin et Sabourin, 2002).

Une question étroitement liée est celle de l'expérimentation. Elle a été soulevée dans une comparaison récente entre les États-Unis et l'Allemagne (Haltiwanger *et al.* 2003), qui examinent la relation entre la productivité du travail et les indicateurs du choix de la technologie. L'étude distinguait entre différentes catégories d'entreprises selon leur niveau total d'investissement et leur niveau d'investissement dans les TIC. Il en est ressorti que les entreprises dans toutes les catégories d'investissement enregistraient des progressions de la productivité beaucoup plus fortes aux États-Unis qu'en Allemagne. De plus, les entreprises réalisant d'importants investissements dans les TIC affichaient une croissance de la productivité plus forte que les entreprises ayant peu ou pas investi dans les TIC. L'étude montrait également que les entreprises des États-Unis enregistraient des gains de productivité beaucoup plus variables que les entreprises en Allemagne.

Ces différences peuvent s'expliquer par le fait que les entreprises américaines expérimentent beaucoup plus que les entreprises allemandes ; elles prennent davantage de risques et choisissent des perspectives potentiellement plus intéressantes (voir Bartelsman *et al.*, 2003). Cela tient peut-être à des différences dans l'environnement économique entre les deux régions ; l'environnement dans lequel opèrent les entreprises américaines permet une plus grande expérimentation dans la mesure où les barrières à l'entrée et à la sortie sont relativement faibles, à la différence de nombreux pays européens. Le fait de disposer de possibilités d'expérimentation peut être un avantage dans les périodes de grande incertitude technologique, quand les entreprises ont besoin d'apprendre sur le marché ce qui fonctionne et ce qui ne fonctionne pas. La période actuelle de croissance induite par les TIC est peut être caractéristique d'une telle période.

Taille et âge des entreprises

Plusieurs études ont porté sur la relation entre les TIC et la taille de l'entreprise, notamment en ce qui concerne les différences dans l'adoption des TIC suivant la taille de l'entreprise. Cette question a été abordée dans un grand nombre d'études qui pour la plupart constatent que l'adoption de technologies de pointe, comme les TIC, augmente avec la taille des entreprises et des établissements.

Des données concernant le Royaume-Uni, basées sur des chiffres de 2000 pour un éventail de technologies de réseau utilisées selon des combinaisons différentes, montrent que les grandes entreprises de plus de 250 salariés sont davantage susceptibles d'utiliser des technologies de réseau comme l'Intranet, Internet ou l'EDI que les entreprises plus petites ; elles sont également davantage susceptibles de disposer de leur propre site Web. Toutefois, les petites entreprises comptant de 10 à 49 salariés sont davantage susceptibles d'utiliser Internet comme unique technologie de réseau. Les grandes entreprises sont également davantage susceptibles d'utiliser une combinaison de technologies de réseau. Ainsi, les entreprises utilisant des Intranets, l'EDI et Internet et disposant également de leur propre site Web représentent de 38 pour cent de l'ensemble des grandes entreprises britanniques, mais moins de 5 pour cent des petites. De plus, près de 45 pour cent de l'ensemble des grandes entreprises utilisent déjà des technologies à haut débit alors que la proportion est de moins de 7 pour cent parmi les petites.

Ces différences sont dues en partie à des usages différents des technologies de réseau dans les grandes et petites entreprises. Les grandes entreprises peuvent utiliser ces technologies pour réorganiser la circulation de l'information et la communication au plan interne, et intégrer ces flux dans l'ensemble du processus de production. Certaines petites entreprises n'utilisent Internet qu'à des fins de marketing. De plus, dans les grandes entreprises, des cadres et employés qualifiés aident souvent à faire fonctionner la technologie (Gretton *et al.* 2004).

On peut également se demander si les TIC ont une incidence sur la taille des entreprises ou redessinent les contours des entreprises au fil du temps. Cette question est liée à l'idée que les TIC pourraient aider à abaisser les coûts de transaction et donc modifieraient les fonctions et les tâches qui devraient être réalisées en interne et celles qui pourraient être réalisées à l'extérieur de l'entreprise. Cette question n'a été examinée que par un nombre limité d'études au niveau de l'entreprise, qui pour la plupart utilisent des données de sources privées. Ainsi, Hitt (1998) a constaté que l'utilisation accrue des TIC était associée à un recul de l'intégration verticale et à un accroissement de la diversification. De plus, on enregistre parmi les entreprises qui étaient moins intégrées verticalement et davantage diversifiées une plus forte demande de capital de TIC. Motohashi (2001) a

observé que les entreprises équipées en réseaux informatiques externalisaient davantage d'activités.

L'interaction entre la taille et l'âge est également importante, car elle fournit un lien avec la création d'entreprise. Dunne (1994) a constaté que l'incidence de l'âge sur la probabilité d'adoption des technologies de pointe était assez faible. Luque (2000) a confirmé ce résultat, mais a observé que l'âge pourrait avoir un rôle, selon la taille de l'entreprise. Les petits établissements nouveaux sont davantage susceptibles d'adopter des technologies de pointe que les petits établissements anciens. Maliranta et Rouvinen (2004) ont toutefois observé certaines incidences de la création d'entreprises en Finlande dans la mesure où une partie de l'accroissement de l'adoption des TIC était due à l'apparition de nouvelles entreprises et à la disparition d'autres.

Facteur temps

En raison du temps nécessaire pour s'adapter aux TIC, il n'est guère surprenant que les avantages des TIC puissent n'apparaître qu'après un certain délai¹⁰. C'est ce que montre par exemple la relation entre l'usage des TIC et l'année où les entreprises ont adopté pour la première fois ces technologies. Des données concernant le Royaume-Uni montrent que parmi les entreprises qui avaient déjà adopté des TIC en 1995 ou avant, près de 50 pour cent effectuaient des achats par commerce électronique en 2000 (Clayton et Waldron, 2003). Parmi les entreprises qui n'avaient adopté les TIC qu'en 2000, moins de 20 pour cent effectuaient des achats par commerce électronique. Les éléments présentés par Clayton et Waldron donnent également à penser que les entreprises évoluent vers des formes plus complexes d'activités électroniques au fil du temps ; parmi les entreprises ayant commencé à utiliser les TIC avant 1995, seules 3 pour cent n'avaient pas encore évolué au-delà d'une utilisation de base des TIC en 2000. La plupart avaient créé un site Internet, ou effectuaient des achats ou des ventes par commerce électronique. Parmi les entreprises ayant adopté les TIC en 2000, plus de 20 pour cent n'avaient pas encore dépassé l'utilisation de base des TIC.

L'étude de l'Australie révèle aussi le rôle joué par le temps. Gretton *et al.* (2004) ont utilisé des données au niveau de l'entreprise sur l'augmentation de la productivité et la durée d'utilisation des ordinateurs pour examiner la dynamique qui résultait de l'introduction de l'informatique. Ils ont trouvé que les ordinateurs avaient une incidence positive sur la croissance de la PMF mais que cette incidence variait selon le secteur d'activité et que les effets positifs se faisaient sentir le plus nettement dans les premières années mais semblaient s'atténuer lorsque les entreprises, après la hausse de la productivité due à la nouvelle technologie, revenaient à leur trajectoire de croissance « normale ». Cela indique que l'effet ultime de l'adoption des TIC sur la productivité est une augmentation de niveau

plutôt qu'une augmentation permanente du taux de croissance. Toutefois, de nouveaux développements techniques peuvent déboucher sur de nouveaux processus qui améliorent la productivité.

ÉLÉMENTS AU NIVEAU DE L'ENTREPRISE ET PARADOXE DE LA PRODUCTIVITÉ

L'étude du rôle des TIC au niveau des grands agrégats, des secteurs et des entreprises soulève certaines questions complexes (voir Gretton *et al.* 2004 ; OCDE, 2004). Les éléments au niveau de l'entreprise tendraient à indiquer que l'utilisation des TIC est bénéfique – mais sous certaines conditions – pour les performances de l'entreprise dans tous les pays sur lesquels les études au niveau microéconomique ont été réalisées. Les éléments au niveau des agrégats et des secteurs sont toutefois moins concluants quant aux retombées de l'utilisation des TIC. Ils montrent que l'investissement dans le capital de TIC a contribué à l'intensification capitaliste et à la croissance dans le plupart des pays membres de l'OCDE, et que le secteur producteur de TIC a contribué à la croissance de la productivité dans certains pays membres. Mais il n'y a que peu d'éléments indiquant que les industries utilisatrices de TIC ont enregistré une croissance plus rapide du travail ou de la PMF, à l'exception notable des États-Unis et de l'Australie. Il ressort de l'analyse présentée dans les sections qui précèdent que plusieurs raisons peuvent expliquer ce phénomène ainsi que le fait que les données agrégées peuvent suggérer la possibilité d'un paradoxe de la productivité alors que les données au niveau de l'entreprise ne le montrent guère.

Premièrement, le regroupement des données entre entreprises et secteurs, de même que les effets d'autres changements économiques peuvent masquer certaines incidences des TIC dans une analyse au niveau des secteurs et des agrégats. Il se peut aussi que l'incidence des TIC dépende d'autres facteurs et changements, qui peuvent différer selon les branches. L'importance des effets agrégés au fil du temps dépend du rythme de développement des TIC, de leur diffusion, des effets dans le temps, des changements complémentaires, des coûts d'ajustement et des possibilités d'amélioration de la productivité offertes par les TIC dans les différentes branches (Gretton *et al.*, 2004). Il n'est pas simple de dissocier ces facteurs au niveau des agrégats ou des branches.

Deuxièmement, il se peut que les retombées des TIC au niveau de l'entreprise dans de nombreux pays membres de l'OCDE ne soient pas suffisamment importantes pour produire de meilleurs résultats au niveau agrégé. Il se peut que les retombées au niveau de l'entreprise soient plus importantes aux États-Unis (et peut-être aussi en Australie) que dans d'autres pays de l'OCDE, et donc apparaissent plus clairement dans les données agrégées et sectorielles. Ainsi, Haltiwanger *et al.* (2003) indiquent que l'impact des TIC est plus faible en Allemagne qu'aux

États-Unis. Étant donné que la diffusion des TIC est plus importante aux États-Unis et qu'elle y a débuté plus tôt, cette interprétation n'est guère surprenante. Il faut notamment du temps avant que les retombées des TIC deviennent apparentes, notamment en raison des coûts élevés d'ajustement à la nouvelle technologie. De plus, les conditions qui font que les TIC ont des effets positifs sur les performances de l'entreprise, par exemple l'existence de possibilités suffisantes de changement organisationnel ou d'innovation dans les procédés, pourraient être plus solidement établies aux États-Unis que dans un grand nombre d'autres pays de l'OCDE. Il se pourrait donc que de faibles retombées au niveau de l'entreprise dans la plupart des pays de l'OCDE se traduisent par des retombées relativement faibles sur la productivité au niveau agrégé.

Troisièmement, les entreprises qui sont parvenues avec succès à utiliser les TIC sont peut-être mieux en mesure de gagner des parts de marché et de croître sur un marché concurrentiel, comme celui des États-Unis, que sur des marchés qui le sont moins. Cela pourrait expliquer les incidences globales plus fortes des TIC aux États-Unis. Ainsi, une partie de la reprise de la croissance de la productivité aux États-Unis dans la seconde moitié des années 90 peut être attribuée à la croissance de la part de marché de Wal-Mart, société qui a remplacé des détaillants moins efficaces, grâce en partie au fait qu'elle a su utiliser avec efficacité les TIC dans l'ensemble de sa chaîne de valeur. Si les entreprises européennes les plus efficaces ont des difficultés à se développer et à gagner des parts de marché, même quand elles bénéficient des retombées des TIC, les incidences globales sur la productivité pourraient être plus limitées qu'aux États-Unis.

Quatrièmement, les conditions des mesures peuvent également jouer un rôle. Il se peut que l'incidence des TIC soit insuffisamment prise en compte dans les données macroéconomiques et sectorielles en dehors des États-Unis, du fait de différences dans la mesure de la production. Ainsi, les États-Unis sont l'un des rares pays à avoir modifié leur méthode de mesure de la production bancaire pour tenir compte de la commodité accrue offerte par les guichets automatiques de banque¹¹. Comme les secteurs des services sont les principaux utilisateurs de TIC, le fait que la production des services soit mal mesurée pourrait poser un problème considérable.

Cinquièmement, il se pourrait que les pays extérieurs à l'exclusion des États-Unis n'aient pas encore bénéficié des effets d'entraînement qui permettraient de dissocier les incidences observées pour les entreprises individuelles de celles opérant au niveau macroéconomique. L'analyse qui précède a déjà montré que les incidences des TIC pourraient ne pas se limiter aux retombées directes dont bénéficient les entreprises utilisant les TIC. Ainsi, les TIC peuvent abaisser les coûts de transactions, ce qui pourrait améliorer le fonctionnement des marchés (en permettant un meilleur rapprochement de l'offre et de la demande) et rendre possible l'apparition de nouveaux marchés. Un autre effet susceptible de créer un

écart entre les retombées pour l'entreprise et les retombées globales est l'incidence des TIC sur la création de connaissances et d'innovations. Les TIC permettent de traiter davantage de données et d'informations de façon plus rapide et elles peuvent donc accroître la productivité du processus de création de connaissances. Une utilisation accrue des TIC pourrait donc progressivement améliorer le fonctionnement de l'économie. Il se pourrait que ce type d'effet d'entraînement apparaisse déjà dans les statistiques agrégées aux États-Unis, mais pas encore dans celles d'autres pays.

Enfin, le niveau de concurrence pourrait également jouer un rôle dans l'importance des effets d'entraînement. Sur un marché vaste et hautement compétitif, comme celui des États-Unis, les entreprises utilisant les TIC pourraient ne pas être les principales bénéficiaires de l'investissement dans les TIC. Les consommateurs pourraient bénéficier d'une large part de ces retombées, sous forme de prix plus bas, d'amélioration de la qualité, d'une commodité accrue, etc. En d'autres termes, les entreprises qui sont en amont ou en aval de la chaîne de valeur des entreprises utilisant les TIC pourraient bénéficier d'une meilleure efficacité dans d'autres parties de la chaîne. Dans les pays où la concurrence est limitée, les entreprises pourraient être en mesure de s'approprier une plus grande part des gains, et les effets d'entraînement pourraient donc être plus réduits. Des recherches internationales complémentaires pourraient aider à examiner ces questions et apporter de nouveaux éclairages sur l'importance des retombées liées aux TIC.

REMARQUES DE CONCLUSION

Les études présentées plus haut démontrent que les données économétriques sur les incidences économiques des TIC se sont sensiblement améliorées par rapport à il y a seulement quelques années. De nombreux pays membres de l'OCDE fournissent désormais des estimations de l'investissement dans les TIC qui permettent des calculs des services du capital et de la contribution du capital de TIC à la croissance du PIB (Schreyer *et al.*, 2003). Des données sur l'industrie des TIC et sur les segments du secteur des services gros consommateurs de TIC sont également disponibles pour de nombreux pays, ce qui permet une ventilation de la croissance de la productivité par branche. Par ailleurs, de nombreux pays procèdent régulièrement à des enquêtes auprès des entreprises sur l'utilisation des TIC qui donnent un aperçu de la diffusion de ces technologies. Ces enquêtes fournissent une somme d'informations pour la recherche économétrique.

Les éléments issus de ces enquêtes donnent aussi à penser que la transformation de l'investissement dans les TIC en gains de productivité ne répond pas un mécanisme simple. Il faut généralement des changements et mutations complémentaires, par exemple dans le capital humain, le changement organisa-

tionnel et l'innovation. De plus, les changements liés aux TIC s'inscrivent dans un processus de recherche et d'expérimentation, dans lequel certaines entreprises connaissent le succès et croissent, et d'autres échouent et disparaissent. Les pays dans lesquels l'environnement économique permet ce processus de destruction créatrice peuvent être mieux à même de s'approprier les bénéfices des TIC que des pays dans lesquels ces changements sont plus difficiles et lents à s'opérer.

Les éléments plus concrets sur les impacts économiques des TIC et sur les conditions dans lesquelles ces impacts interviennent sont importants pour l'action publique, car ils aident à élaborer des politiques fondées sur les résultats. Ainsi, l'analyse économétrique a démontré aux décideurs que les TIC contribuent bien à la croissance. De plus, elle a montré que les TIC ne sont pas une panacée et qu'il existe d'importantes différences entre pays quant à l'ampleur des retombées dont ils ont jusqu'à présent bénéficié.

Malgré ces résultats, de nouveaux progrès tant dans la mesure que dans l'analyse économique sont réalisables et souhaitables. Un domaine important est celui des mesures des incidences économiques qui sont disponibles au niveau des agrégats ou des branches (voir Ahmad *et al.*, 2004 ; Pilat et Wöflfl, 2004). Cela nécessitera davantage de données comparables sur les investissements, un recours accru à des déflateurs ajustés pour tenir compte de la qualité et de meilleures mesures de la production pour les services. Des travaux plus analytiques seraient également utiles, par exemple, pour lier de façon plus systématique l'investissement dans les TIC aux incidences économiques, notamment par une analyse économétrique au niveau des agrégats ou des branches.

Toutefois, les travaux futurs qui offrent le plus fort potentiel concernent sans doute les données au niveau de l'entreprise. Deux aspects au moins sont à souligner. Premièrement, les études entre pays sur l'impact des TIC au niveau de l'entreprise sont encore relativement peu nombreuses, principalement du fait que des sources de données comparables ne sont disponibles que de depuis assez peu de temps. Certaines études examinées plus haut comportaient déjà des comparaisons internationales (Atrostic *et al.*, 2004 ; Hempell *et al.*, 2004 ; Haltiwanger *et al.*, 2003). Pour comprendre les raisons des différences entre les pays signalées dans ces études, de nouveaux travaux seraient utiles, et pourraient apporter des éclairages utiles pour l'action publique.

Deuxièmement, il subsiste plusieurs questions clés mal analysées, sur lesquelles il serait possible de progresser. Par exemple, des travaux plus approfondis utilisant des données au niveau de l'entreprise pourraient mieux éclairer la contribution de la dynamique des entreprises aux gains de productivité, comme le rôle des créations d'entreprises, les conditions qui assurent la pérennité des entreprises et les facteurs qui déterminent l'éviction de certaines. De plus, le lien entre l'innovation et les TIC n'a été étudié que pour certains pays de l'OCDE. Il

est d'une grande importance de comprendre ce lien car la croissance à long terme dépend dans une large mesure du rythme futur d'innovation. Par ailleurs, l'analyse quantitative des impacts du commerce électronique et de l'e-business sur les prix et la productivité ne fait que débiter, mais elle constitue un domaine prometteur de travaux complémentaires, comme suggère une étude récente pour le Royaume-Uni (Clayton *et al.*, 2004). Enfin, si l'on dispose d'éléments convaincants pour certains pays de l'OCDE sur le fait que les TIC peuvent contribuer à transformer le secteur des services et le rendre plus innovant et productif, on comprend encore mal l'impact des TIC sur le secteur des services, en partie en raison de problèmes épineux de mesures, mais aussi faute d'une analyse empirique entre pays.

Enfin, les travaux examinés ci-dessus servent également à mettre en lumière l'importance d'une étroite interaction entre le développement statistique et l'analyse des politiques. Nombre des données utilisées dans les études analysées plus haut n'étaient pas encore disponibles il y a cinq ou six ans ; l'essentiel a été développé pour répondre aux demandes des décideurs souhaitant disposer de données nouvelles et de meilleure qualité sur la diffusion des TIC. La réponse des bureaux de statistique à cette demande a été rapide et détaillée. Toutefois, cette interaction fonctionne également dans l'autre sens ; une utilisation efficace des vastes ensembles de données détenus par les bureaux de statistique pourrait déboucher sur une somme d'informations utiles pour l'action publique si les données étaient rendues disponibles pour des recherches par des universitaires et autres analystes, mais cela reste un problème dans plusieurs pays membres de l'OCDE.

NOTES

1. Un grand nombre d'études sur l'investissement dans les TIC et leur impact au niveau des branches sont également disponibles au niveau national. Celles-ci ne sont pas examinées dans cet article. Plusieurs sont résumées dans OCDE (2003).
2. Gretton *et al.* (2004) examinent plus en détail les éléments disponibles sur l'Australie tandis que Bosworth et Triplett (2003) rendent compte de façon détaillée des éléments disponibles au niveau des branches pour les États-Unis.
3. Les incidences des TIC sur la productivité peuvent concerner à la fois la productivité du travail et la productivité multifactorielle, comme on le verra plus loin. Les publications disponibles analysent les deux, tout comme le présent article. Quand cela est nécessaire, le texte fait la distinction entre les deux.
4. Cette section propose des références à certaines des données disponibles au niveau de l'entreprise. Les travaux de l'OCDE ont bénéficié d'une étroite coopération avec les chercheurs de 13 pays qui ont été associés aux travaux sur les données au niveau de l'entreprise. On pourra trouver davantage de précisions sur leurs travaux et sur les autres études au niveau de l'entreprise dans OCDE (2003) et OCDE (2004).
5. Les progrès dans ce domaine doivent beaucoup aux efforts du Groupe de travail de l'OCDE sur les indicateurs pour la société de l'information, groupe constitué en 1999 pour développer et améliorer les statistiques sur la société de l'information.
6. Même si l'agrégation entre branches ou entreprises ne conduit pas nécessairement à une cohérence entre résultats agrégés et résultats désagrégés (Fox, 2004).
7. Cela est également le cas au niveau agrégé. L'introduction d'indices de prix hédonistes dans les comptes nationaux de nombreux pays membres de l'OCDE a contribué à rendre la contribution de l'investissement dans les TIC beaucoup plus visible dans l'analyse de la productivité et la comptabilisation de la croissance.
8. Vickery et Northcott (1995) proposent un aperçu de ces enquêtes sur l'utilisation de la technologie.
9. Bien évidemment, le graphique ne démontre pas que l'utilisation des TIC s'est traduite par une productivité plus forte. Des techniques économétriques plus élaborées peuvent distinguer l'impact des TIC de celui d'autres caractéristiques qu'au niveau de l'entreprise susceptible d'améliorer la productivité, comme la taille ou l'âge de l'entreprise, ou les investissements de celle-ci dans le capital humain.
10. L'existence de décalages liés à l'incidence des TIC est conforme à l'idée selon laquelle les TIC constituent une technologie générique, c'est-à-dire une technologie imposant une profonde refonte des modes existants de travail (Lipsev, 2002).
11. Bien qu'une meilleure méthode de mesure ne conduit pas nécessairement à une plus forte croissance de la production et de la productivité.

BIBLIOGRAPHIE

- AHMAD, N., P. SCHREYER et A. WÖLFL (2004), « ICT Investment in OECD Countries and its Economic Impacts », dans OCDE (2004), *The Economic Impact of ICT – Measurement, Evidence and Implications*, OCDE, Paris, pp. 61-83.
- ARVANITIS, S. (2004), « Information Technology, Workplace Organisation, Human Capital and Firm Productivity: Evidence for the Swiss Economy », dans OCDE (2004), *The Economic Impact of ICT – Measurement, Evidence and Implications*, OCDE, Paris.
- ATROSTIC, B.K., P. BOEGH-NIELSEN, K. MOTOHASHI et S. NGUYEN (2004), « IT, Productivity and Growth in Enterprises: Evidence from New International Micro Data », dans OCDE (2004), *The Economic Impact of ICT – Measurement, Evidence and Implications*, OCDE, Paris.
- ATROSTIC, B.K. et S. NGUYEN (2002), « Computer Networks and US Manufacturing Plant Productivity: New Evidence from the CNUS Data », *CES Working Paper 02-01*, Center for Economic Studies, Washington DC.
- BALDWIN, J.R. et B. DIVERTY (1995), « Utilisation des technologies de pointe dans les établissements de fabrication », *Document de travail n° 85*, Division de l'analyse micro-économique, Statistique Canada, Ottawa.
- BALDWIN, J.R., B. DIVERTY, et D. SABOURIN (1995a), « Utilisation des technologies et transformation industrielle : Perspectives empiriques », *Document de travail n° 75*, Division de l'analyse micro-économique, Statistique Canada, Ottawa.
- BALDWIN, J.R., T. GRAY, et J. JOHNSON (1995b), « L'utilisation de la technologie, la formation et les connaissances spécifiques dans les établissements de fabrication », *Document de travail n° 86*, Division de l'analyse microéconomique, Statistique Canada, Ottawa.
- BALDWIN, J.R. et D. SABOURIN (2002), « Impact of the Adoption of Advanced Information and Communication Technologies on Firm Performance in the Canadian Manufacturing Sector », *Document de travail de la DSTI 2002/1*, OCDE, Paris.
- BALDWIN, J.R., D. SABOURIN et D. SMITH (2004), « Firm Performance in the Canadian Food Processing Sector: the Interaction between ICT Advanced Technology Use and Human Resource Competencies », dans OCDE (2004), *The Economic Impact of ICT – Measurement, Evidence and Implications*, OCDE, Paris, pp. 153-181.
- BARTELSMAN, E.J. et M. DOMS (2000), « Understanding Productivity: Lessons from Longitudinal Micro Datasets », *Journal of Economic Literature*, vol. 38, septembre.
- BARTELSMAN, E.J., S. SCARPETTA et F. SCHIVARDI (2003), « Comparative Analysis of Firm Demographics and Survival: Micro-Level Evidence for the OECD Countries », *Documents de travail du Département des affaires économiques n° 348*, OCDE, Paris.

- BERTSCHEK, I. et H. FRYGES (2002), « The Adoption of Business-to-Business E-Commerce: Empirical Evidence for German Companies », *ZEW Discussion Paper n° 02-05*, ZEW, Mannheim.
- BLACK, S.E. et L.M. LYNCH (2001), « How to Compete: The Impact of Workplace Practices and Information Technology on Productivity », *The Review of Economics and Statistics*, août, vol. 83, n° 3, pp. 434-445.
- BOSWORTH, B.P et J.E. TRIPLETT (2003), « Services Productivity in the United States: Griliches' Services Volume Revisited », document préparé pour la Conférence du CRIW à la mémoire de Zvi Griliches, Brookings Institution, Washington, DC, septembre.
- BRESNAHAN, T.F., E. BRYNJOLFSSON et L.M. HITT (2002), « Information Technology, Workplace Organization and the Demand for Skilled Labor: Firm-Level Evidence », *Quarterly Journal of Economics*, vol. 117, février, pp. 339-376.
- BRESNAHAN, T.F. et S. GREENSTEIN (1996), « Technical Progress and Co-Invention in Computing and the Use of Computers », *Brookings Papers on Economic Activity: Microeconomics*, pp. 1-77.
- BRYNJOLFSSON, E. et L. HITT (1997), « Computing Productivity: Are Computers Pulling Their Weight? », *document non publié*, MIT et Wharton, <http://ccs.mit.edu/erik/cpg/>.
- BRYNJOLFSSON, E. et S. YANG (1996), « Information Technology and Productivity: A Review of the Literature », *document non publié*, <http://ecommerce.mit.edu/erik/>.
- CAROLI, E. et J. VAN REENEN (1999), « Organization, Skills and Technology: Evidence from a Panel of British and French Establishments », *IFS Working Paper Series W99/23*, Institute of Fiscal Studies, août.
- CLAYTON, T., C. CRISCUOLO, P. GOODRIDGE et K. WALDRON (2004), « Enterprise E-commerce: Measurement and Impact », dans OCDE (2004), *The Economic Impact of ICT – Measurement, Evidence and Implications*, OCDE, Paris, pp. 241-260.
- CLAYTON, T. et K. WALDRON (2003), « E-Commerce Adoption and Business Impact, A Progress Report », *Economic Trends*, n° 591, février, pp. 33-40.
- COLECCHIA, A. et P. SCHREYER (2001), « The Impact of Information Communications Technology on Output Growth », *Documents de travail de la DSTI 2001/7*, OCDE, Paris.
- CREPON, B. et T. HECKEL (2000), « Informatisation en France: une évaluation à partir de données individuelles », G2000/13, *Document de travail*, INSEE.
- CRISCUOLO, C. et K. WALDRON (2003), « Computer Network Use and Productivity in the United Kingdom », Centre for Research into Business Activity and Office of National Statistics, *document non publié*.
- DE GREGORIO, C. (2002), « Micro Enterprises in Italy: Are ICTs and Opportunity for Growth and Competitiveness? », document présenté à l'atelier de l'OCDE sur les TIC et les performances des entreprises, ISTAT, Rome, décembre.
- DE PANNIZA, A., L. NASCIA, A. NURRA, F. OROPALLO et F. RICCARDINI (2002), « ICT and Business Performance in Italy », document présenté à l'atelier de l'OCDE sur les TIC et les performances des entreprises, ISTAT, Rome, décembre.
- DOMS, M., T. DUNNE, et M.J. ROBERTS (1995), « The Role of Technology Use in the Survival and Growth of Manufacturing Plants », *International Journal of Industrial Organization* 13, n° 4, décembre, pp. 523-542.
- DOMS, M., R. JARMIN et S. KLIMEK (2002), « IT Investment and Firm Performance in US Retail Trade », *CES Working Paper 02-14*, Center for Economic Studies, Washington DC.

- DUNNE, T. (1994), « Plant Age and Technology Use in US Manufacturing Industries », *Rand Journal of Economics*, vol. 25, n° 3, pp. 488-499.
- ENTORF, H. et F. KRAMARZ (1998), « The Impact of New Technologies on Wages: Lessons from Matching Panels on Employees and on their Firms », *Economic Innovation and New Technology*, vol. 5, pp. 165-197.
- FALK, M. (2001), « Organizational Change, New Information and Communication Technologies and the Demand for Labor in Services », *ZEW Discussion Paper n° 01-25*, ZEW, Mannheim.
- FOX, K.J. (2004), « Problems with (Dis)Aggregating Productivity, and Another Productivity Paradox », document présenté à l'Atelier « Productivity: Performance, Prospects and Policies », Wellington, juillet.
- GREENAN, N. et D. GUELLEC (1998), « Firm Organization, Technology and Performance: An Empirical Study », *Economics of Innovation and New Technology*, vol. 6, n° 4, pp. 313-347.
- GREENAN, N., J. MAIRESSE et A. TOPIOL-BENSAID (2001), « Information Technology and Research and Development Impacts on Productivity and Skills: Looking for Correlations on French Firm Level Data », *NBER Working Paper 8075*, Cambridge, MA.
- GRETTON, P., J. GALI et D. PARHAM (2004), « The Effects of ICTs and Complementary Innovations on Australian Productivity Growth », dans OCDE (2004), *The Economic Impact of ICT – Measurement, Evidence and Implications*, OCDE, Paris.
- HALTIWANGER, J., R. JARMIN et T. SCHANK (2003), « Productivity, Investment in ICT and Market Experimentation: Micro Evidence from Germany and the United States », *Center for Economic Studies Working Paper CES-03-06*, US Bureau of the Census, Washington, DC.
- HASKEL, J. et Y. HEDEN (1999), « Computers and the Demand for Skilled Labour: Industry- and Establishment-Level Panel Evidence for the UK », *The Economic Journal*, 109, C68-C79, mars.
- HEMPELL, T. (2002), « Does Experience Matter? Productivity Effects of ICT in the German Service Sector », *Discussion Paper n° 02-43*, Centre for European Economic Research, Mannheim.
- HEMPELL, T., G. VAN LEEUWEN et H. VAN DER WIEL (2004), « ICT, Innovation and Business Performance in Services: Evidence for Germany and the Netherlands », dans OCDE (2004), *The Economic Impact of ICT – Measurement, Evidence and Implications*, OCDE, Paris.
- HITT, L.M. (1998), « Information Technology and Firm Boundaries: Evidence from Panel Data », University of Pennsylvania, *document non publié*.
- HOLLENSTEIN, H. (2004), « The Decision to Adopt Information and Communication Technologies (ICT): Firm-Level Evidence for Switzerland », dans OCDE (2004), *The Economic Impact of ICT – Measurement, Evidence and Implications*, OCDE, Paris, pp. 37-60.
- INKLAAR, R., M. O'MAHONY et M. TIMMER (2003), « ICT and Europe's Productivity Performance – Industry-level Growth Account Comparisons with the United States », *Research Memorandum GD-68*, Université de Groningue, décembre.
- JORGENSON, D.W. (2003), « Information Technology and the G7 Economies », Harvard University, December, *document non publié*, <http://post.economics.harvard.edu/faculty/jorgenson/>.
- LIPSEY, R.G. (2002), « The Productivity Paradox: A Case of the Emperor's New Clothes », *ISUMA*, volume 3, n° 1, printemps.
- LUQUE, A. (2000), « An Option-Value Approach to Technology Adoption in US Manufacturing: Evidence from Plant-Level Data », *CES WP-00-12*, Center for Economic Studies, Washington, DC.

- LUQUE, A. et J. MIRANDA (2000), « Technology Use and Worker Outcomes: Direct Evidence from Linked Employee-Employer Data », CES WP-00-13, Center for Economic Studies, Washington, DC.
- MALIRANTA, M. et P. ROUVINEN (2004), « ICT and Business Productivity: Finnish Micro-level Evidence », dans OCDE (2004), *The Economic Impact of ICT – Measurement, Evidence and Implications*, OCDE, Paris, pp. 213-239.
- MCGUCKIN, R.H. et G.A. PASCOE (1988), « The Longitudinal Research Database: Status and Research Possibilities », *Survey of Current Business*, 68, novembre, pp. 30-37.
- MILANA, C. et A. ZELI (2004), « Productivity Slowdown and the Role of ICT in Italy: A Firm-Level Analysis », dans OCDE (2004), *The Economic Impact of ICT – Measurement, Evidence and Implications*, OCDE, Paris, pp. 261-277.
- MOTOHASHI, K. (2001), « Economic Analysis of Information Network Use: Organisational and Productivity Impacts on Japanese Firms », Research and Statistics Department, METI, *document non publié*.
- MOTOHASHI, K. (2003), « Firm Level Analysis of Information Network Use and Productivity in Japan », RIETI Discussion Paper Series 03-E-021, RIETI, Tokyo.
- OCDE (2002), *Measuring the Information Economy*, OCDE, Paris.
- OCDE (2003), *Les TIC et la croissance économique : Panorama des industries, des entreprises et des pays de l'OCDE*, OCDE, Paris.
- OCDE (2004), *The Economic Impact of ICT – Measurement, Evidence and Implications*, OCDE, Paris.
- O'MAHONY, M. et B. VAN ARK (2003) (eds), *EU Productivity and Competitiveness: An Industry Perspective – Can Europe Resume the Catching Up Process?*, Communauté européenne, Luxembourg.
- PILAT, D., F. LEE et B. VAN ARK (2002), « Production et utilisation des TIC : perspectives sectorielles sur la croissance de la productivité dans la zone OCDE », *Revue économique de l'OCDE*, n° 35, Paris, pp. 47-78.
- PILAT, D. et A. WÖLFL (2004), « ICT production and ICT use – what role in aggregate productivity growth? », dans OCDE (2004), *The Economic Impact of ICT – Measurement, Evidence and Implications*, OCDE, Paris.
- SCHREYER, P., P.-E. BIGNON et J. DUPONT (2003), « OECD Capital Services Estimates: Methodology and A First Set of Results », *OECD Statistics Working Papers 2003/6*, OCDE, Paris.
- SOLOW, R.M. (1987), « We'd Better Watch Out », *New York Times*, 12 juillet, Book Review, n° 36.
- STOLARICK, K.M. (1999), « Are Some Firms Better at IT? Differing Relationships between Productivity and IT Spending », CES WP-99-13, Center for Economic Studies, Washington, DC.
- TRIPLETT, J.E. (1999), « The Solow Productivity Paradox: What Do Computers do to Productivity », *Canadian Journal of Economics*, vol. 32, n° 2, pp. 309-334.
- VAN ARK, B., R. INKLAAR et R.H. MCGUCKIN (2002), « Changing Gear – Productivity, ICT and Service Industries: Europe and the United States », *Research Memorandum GD-60*, Université de Groningue, décembre.
- VAN ARK, B., J. MELKA, N. MULDER, M. TIMMER et G. YPMA (2003), « ICT Investments and Growth Accounts for the European Union, 1980-2000 », *Research Memorandum GD-56*, Groningen Growth and Development Centre, Groningue, www.eco.rug.nl/ggdc/homeggdc.html.
- VICKERY, G. et J. NORTHCOTT (1995), « Diffusion of Microelectronics and Advanced Manufacturing Technology: A Review of National Surveys », *Economics of Innovation and New Technology*, vol. 3, n° 3-4, pp. 253-275.