



HAL
open science

Le paradoxe de la productivité

Nathalie Greenan, Yannick L'Horty

► **To cite this version:**

Nathalie Greenan, Yannick L'Horty. Le paradoxe de la productivité. Travail et Emploi, 2002, 91, pp.31-42. halshs-00918037

HAL Id: halshs-00918037

<https://shs.hal.science/halshs-00918037>

Submitted on 12 Dec 2013

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Le paradoxe de la productivité

Nathalie Greenan (*) et Yannick L'Horty (**)

« On peut voir les ordinateurs partout sauf dans les statistiques de productivité » écrivait Robert SOLOW en juillet 1987 dans un article du *New York Times*⁽¹⁾. Avec ce simple constat, le prix Nobel d'économie donnait naissance au paradoxe de la productivité qui a suscité depuis quinze ans d'innombrables travaux économiques appliqués aux Etats-Unis comme en Europe. Le paradoxe peut se décliner dans plusieurs dimensions :

— d'un point de vue historique, tout d'abord, les gains de productivité⁽²⁾ ont ralenti dans la plupart des pays industrialisés au milieu des années soixante-dix et sont demeurés à des niveaux faibles par la suite alors que les technologies de l'information et des communications (TIC) se diffusaient de plus en plus ;

— d'un point de vue spatial, ensuite, les pays qui sont les premiers producteurs des TIC ne sont pas ceux où les niveaux de productivité et de croissance sont toujours les plus élevés : si les Etats-Unis ont connu une croissance très forte dans la seconde moitié des années quatre-vingt-dix, ce n'est pas le cas du Japon qui traverse une récession profonde ;

— d'un point de vue sectoriel, enfin, les secteurs d'activité où ces technologies sont les plus utilisées, tels les services aux entreprises qui ont un recours massif à la bureautique, ont, dans la plupart des pays, des gains de productivité plus faibles que les autres secteurs.

Certes, les progrès réalisés dans les technologies de l'information sont incontestables. Mais il y a loin de l'efficacité de la machine à celle de l'utilisateur. De même, il y a loin des progrès réalisés dans les secteurs qui produisent ces technologies à ceux observés dans les secteurs qui les utilisent. Or ces derniers sont nécessaires pour constater un impact significatif sur la productivité au niveau d'une économie toute entière. En outre, l'ordinateur n'est pas seulement un facteur de production, c'est aussi un objet de consommation. La diffusion des technologies de l'information et des communications constitue à la fois un choc d'offre, comme celle de la dynamo ou du moteur à explosion, et un choc de demande, comme celle de l'automobile. Les analyses du paradoxe de la productivité se focalisent sur l'ampleur du choc d'offre et négligent l'aspect demande. Elles ne cherchent

donc pas à évaluer si le secteur producteur des TIC peut jouer un rôle de moteur de la croissance comparable à celui joué par certains secteurs industriels de biens d'équipement des ménages comme l'automobile dans l'après-guerre.

La question posée par ce paradoxe est celle de l'impact des nouvelles technologies de l'information et des communications sur l'ensemble des agrégats économiques. L'enjeu est de taille : si ces technologies n'ont pas d'effets sur la productivité, elle ne peuvent théoriquement pas en avoir sur la croissance, l'emploi ou les inégalités. Le paradoxe de la productivité pose ainsi un redoutable défi aux tenants de la « nouvelle économie », pour qui la diffusion des nouvelles technologies aurait un effet positif sur la croissance et négatif sur l'inflation et le chômage structurel. Ce paradoxe met en doute également la thèse du « biais technologique », selon laquelle la diffusion des technologies de l'information et des communications expliquerait la croissance des inégalités salariales aux Etats-Unis et des inégalités d'emploi en Europe. Si les nouvelles technologies n'ont pas d'effet sur la productivité, par quels relais pourraient-elles en avoir sur la croissance et l'emploi ? Comment rendre compte autrement des performances exceptionnelles des Etats-Unis dans la deuxième moitié des années quatre-vingt-dix ? Pourquoi tous ces effets seraient-ils aussi différents des deux côtés de l'Atlantique ?

On ne peut qu'être impressionné par la diversité des réponses qui ont été apportées à toutes ces questions dans les quinze dernières années. Pour expliquer le paradoxe de la productivité, on s'est tout d'abord interrogé sur l'existence même d'un effet des technologies de l'information et des communications sur la productivité des entreprises qui les utilisaient. Puis, on a montré que les délais dans lesquels cet effet pouvait se diffuser au niveau de l'ensemble d'une économie devaient sans doute être très longs. On a ensuite mis en question l'ampleur de la diffusion effective des technologies de l'information et des communications. On a aussi montré qu'en réalité l'impact était d'ores et déjà bien réel mais qu'il était très mal mesuré. On a finalement cru déceler un effet important sur la productivité agrégée et l'on a tenté d'expliquer ainsi les performances américaines de la

1. « You can see the computer age everywhere, but in the productivity statistics », *New York Times Book Review*.

2. On constate ce ralentissement des gains de productivité sur la plu-

part des indicateurs couramment utilisés : indicateurs de productivité apparente du travail et du capital, mais aussi indicateurs de productivité totale des facteurs.

(*) Centre d'Etudes de l'Emploi, 29 Promenade Michel Simon, 93166 NOISY LE GRAND CEDEX. greenan@cee.enpc.fr.

(**) EPEE-Université d'Evry-Val d'Essonne, 3 bd F. Mitterrand, 91025 EVRY CEDEX, lhorty@univ-evry.fr.

deuxième moitié des années quatre-vingt-dix, jusqu'au retournement conjoncturel de 2001.

Au terme de toutes ces tentatives d'explication, aucune réponse n'est pleinement convaincante. Pour certains, la nouvelle économie aurait éliminé le paradoxe. Pour d'autres, le paradoxe de la productivité reste entier, ou presque, d'autant plus qu'il se double d'un paradoxe des inégalités. La diffusion des TIC est en effet tenue pour responsable du développement des inégalités dans l'accès à l'emploi et du chômage des travailleurs peu qualifiés en Europe, ainsi que du développement des inégalités de rémunérations aux Etats-Unis. Si les TIC sont sans effet sur le niveau global de l'emploi ou sur les gains agrégés de productivité, comment expliquer qu'elles en aient sur celui des travailleurs peu qualifiés ? Après avoir passé en revue chacune des réponses données au paradoxe de la productivité, nous aborderons celui des inégalités⁽³⁾.

« Les TIC n'augmentent pas du tout la productivité »

La première réponse au paradoxe de la productivité est d'une extrême simplicité : *on ne verra jamais l'impact de l'ordinateur sur la productivité, car il est improductif*. Le constat repose sur une accumulation d'anecdotes où l'on évoque les *bugs* informatiques, les temps d'attente et de réponse, le coût des développements spécifiques et de l'administration des systèmes, les coûts de formation et d'apprentissage de l'environnement de travail, et également l'usage privé, voire ludique, des ordinateurs sur le terrain professionnel.

Cette réponse ne résiste guère à l'analyse. Les études micro-économétriques montrent en effet que les entreprises qui sont plus fortement utilisatrices de TIC que les autres ont des performances supérieures en terme de croissance, de productivité et de créations d'emplois.

Deux études françaises menées sur des échantillons d'entreprise des secteurs industriels et tertiaires testent ainsi l'effet de différentes mesures des TIC sur la productivité au moyen de l'estimation de fonctions de production traditionnelles de type Cobb-Douglas. La première étude utilise les informations en coupe d'enquêtes auprès des salariés sur l'utilisation d'un ordinateur ou d'un terminal (GREENAN, MAIRESSE, 2000). On y observe que les entreprises ayant un taux d'équipement informatique supérieur ont une productivité apparente du travail supérieure.

Lorsque l'on contrôle l'intensité capitaliste, l'effet du taux d'équipement est toujours positif et significatif, mais il est plus faible. L'usage plus intensif de l'informatique apparaît en effet fortement corrélé à l'intensité capitaliste. Lorsque l'on tient compte de la qualité de la main-d'œuvre, l'effet positif de l'intensité de l'usage de l'informatique devient non significatif : selon cette mesure de la productivité totale des facteurs, l'informatique est un équipement qui n'apparaît pas plus productif que les autres formes d'équipement. Il n'y aurait donc pas de surrendement (« *d'excess return* ») associé aux investissements en TIC.

D'autres tests ont été conduits à partir de données issues du Système Unifié de Statistiques d'Entreprises (SUSE) et de l'Enquête sur la Structure des Emplois (BENSAID, GREENAN, MAIRESSE, 1997, 2001). En coupe, les entreprises des secteurs industriels et tertiaires les plus intensément utilisatrices d'informatique bénéficient d'un gain en termes de productivité totale des facteurs, mais ce résultat ne persiste pas dans la dimension temporelle.

Ces résultats obtenus en coupe concordent avec les résultats d'études conduites sur données individuelles d'entreprises américaines (BRYNJOLFSSON et HITT, 1995 ; LICHTENBERG, 1995). Mais à la différence des études françaises, ces auteurs concluent à l'existence d'un « *excess return* » associé à l'usage des technologies de l'information et ils obtiennent des résultats qui persistent dans la dimension temporelle. Il est difficile pour autant d'en déduire un usage plus efficace des technologies de l'information par les entreprises américaines comparées aux entreprises françaises. De nombreuses différences de méthode subsistent dans ces travaux. Notamment, les études françaises sont réalisées sur de grands échantillons d'entreprises sélectionnées de manière aléatoire. Les échantillons américains sont plus petits et sont surtout composés de grandes entreprises ayant répondu aux enquêtes selon un principe de volontariat. Les bases de données françaises sont aussi plus riches en variables de contrôles, notamment concernant la qualité de la main-d'œuvre.

Quoi qu'il en soit, en France, comme aux Etats-Unis, l'effet obtenu en coupe est robuste. *Il n'y a donc pas de paradoxe de la productivité au niveau de la firme* au sens où l'on mesure un effet de l'usage des TIC sur la productivité.

Le problème est celui de la diffusion des gains de productivité à l'économie toute entière. Les études sur données sectorielles ou macro-économiques

3. Cet article s'appuie sur les résultats de travaux publiés dans le cadre d'un ouvrage collectif (GREENAN, L'HORTY ET MAIRESSE (Dir.), 2002), sur un article de synthèse sur le même thème (GREENAN, L'HORTY, 2000) ainsi que sur le rapport « Technologies de l'information et de la

communication, productivité et emploi : deux paradoxes », (GREENAN, 1999) réalisé dans le cadre du groupe de travail « Technologies de l'information, organisation et performances économiques » présidé par Alain RALLET et Eric BROUSSEAU (BROUSSEAU et RALLET (Dir.), 1999).

contrairement aux approches micro-économiques, concluent en général à l'absence d'effet des TIC sur la productivité, et mettent parfois en évidence un effet négatif (GREENAN, MANGEMATIN, 1999). Il se peut que les entreprises déjà plus performantes aient investi davantage que les autres en TIC, générant un biais d'endogénéité dans les études en coupe sur données individuelles. Il est possible également que les gains de productivité des uns se fassent au détriment des autres. Dans tous les cas, le contraste entre les études micro-économiques et macro-économiques ne pose qu'avec plus d'acuité la question du paradoxe de la productivité.

« Les TIC mettent beaucoup de temps avant d'augmenter la productivité »

Une deuxième réponse au paradoxe de la productivité permet de concilier les résultats des études micro-économiques et macro-économiques. Elle est d'ailleurs nettement plus optimiste : *on ne voit pas encore les effets de l'ordinateur sur la productivité, car ils mettent beaucoup de temps pour se manifester*. L'idée s'appuie sur un travail d'économie historique qui a eu un grand succès aux Etats-Unis (P. DAVID, 1990). Cet auteur met en avant les délais importants qui ont été nécessaires pour que l'apparition de la dynamo et plus généralement des progrès réalisés avec le développement de l'énergie électrique se transforment en gains de productivité. Il aurait fallu près d'une quinzaine d'année pour que ces innovations technologiques se traduisent par un infléchissement durable du rythme de la productivité au niveau macro-économique. Les résultats de cette étude ont été accueillis comme une sorte de loi du progrès technique. Il est vrai que si le progrès technique incorporé aux équipements informatiques a effectivement augmenté très rapidement, les innovations associées aux usages de ces équipements progressent beaucoup plus lentement : la miniaturisation a augmenté les ressources informatiques, mais les logiciels sont de plus en plus gourmands ; les capacités des ordinateurs et des logiciels sont sous-exploitées par les utilisateurs dont le rythme de formation ne suit pas le rythme de renouvellement des produits ; on commence tout juste à percevoir comment le « multimédia » peut révolutionner les circuits de distribution des biens culturels... D'autre part, si l'usage efficace de l'informatique se fait dans la durée, ce sont les équipements les plus récents qui sont les plus performants.

Il faudrait donc attendre pour voir s'invalider le paradoxe de SOLOW. L'attente peut paraître longue lorsque l'on prend en compte le fait que les premières générations d'ordinateurs sont apparus maintenant il y a une cinquantaine d'années. Il est vrai cependant qu'il y a loin des progrès des machines, qui

se font à un rythme exponentiel selon la loi de Moore, et ceux des utilisateurs, qui sont les seuls à avoir un réel impact sur la productivité au niveau d'une entreprise, d'un secteur ou d'une économie toute entière. Les progrès réalisés dans l'usage des TIC ne sont pas aussi spectaculaires que ceux des technologies elles-mêmes ; ils sont beaucoup plus lents et plus complexes. Il n'est pas question de nier les progrès technologiques, mais d'insister sur la différence entre ce type de progrès et ceux réalisés par les utilisateurs.

« On ne voit pas les ordinateurs partout »

Une troisième explication donnée au paradoxe de SOLOW réside dans la faible diffusion des TIC : *on ne voit pas les ordinateurs partout*. La part des équipements informatiques dans l'ensemble du capital productif est encore trop faible pour contribuer significativement à la productivité ou à la croissance au niveau agrégé. Conformément aux théories néo-classiques de la croissance, la contribution d'un facteur est en effet donnée par le produit de son taux de croissance par sa part dans le revenu total. Les TIC ont un taux de croissance très élevé, mais une part dans le produit national encore trop faible pour avoir un impact agrégé important. A la suite des travaux de Stephen OLINER et Daniel SICHEL (OLINER et SICHEL, 1994, 2000 ; SICHEL, 1997,) résumés dans l'encadré 1 (cf. p. 34), de nombreuses études ont eu recours à ce type de méthodologie pour mesurer l'impact des TIC sur la croissance aux Etats-Unis, mais aussi en France et dans d'autres pays de l'OCDE.

Sur données américaines, les résultats des études les plus récentes sont résumés dans le tableau 1 (cf. p. 34). Elles remettent en cause les premiers résultats de Stephen OLINER et Daniel SICHEL qui concluaient à un impact très faible des TIC sur la croissance. Globalement, les contributions n'apparaissent pas négligeables et elles augmentent au cours du temps (elles sont multipliées par 2,5 dans les quatre études entre la première et la seconde moitié de la décennie). Elles expliquent entre un dixième et un cinquième de la croissance américaine dans la deuxième partie du cycle des années quatre-vingt-dix et entre un quart et un tiers environ de l'accélération de la croissance entre les deux moitiés de la décennie.

La contribution est cependant beaucoup plus faible dans le cas de la France (tableau 2, p. 34). Pour MAIRESSE, CETTE et KOCOGLU (2000), malgré une forte croissance annuelle moyenne du stock de capital en technologie de l'information et des communications, de l'ordre de 30 % depuis 30 ans, la contribution à la croissance est de moins de 0,2 points de PIB chaque année dans la décennie quatre-vingt-dix. Avec une

Encadré 1

Contributions des TIC à la croissance : l'approche de OLINER et SICHEL

Selon les calculs de Stephen OLINER et Daniel SICHEL (1994), entre 1987 et 1993, le stock d'ordinateurs en volume a cru de 17,2 % par an. Cette croissance du stock réel résulte d'une hausse annuelle du stock nominal de 3,7 % et d'une baisse annuelle forte et régulière du prix des ordinateurs (¹), évaluée à 13,5 % . Quant à la part de revenu générée par les ordinateurs, elle s'élève, en moyenne sur la période, à 0,9 % . Cette part est obtenue en faisant l'hypothèse que le rendement net d'un ordinateur est équivalent à celui de n'importe quel autre équipement, soit 12 % . Par ailleurs, le taux de dépréciation des équipements informatiques est particulièrement élevé car ces technologies se renouvellent très rapidement. Si on suppose que les ordinateurs s'amortissent en quatre ans, le taux de dépréciation s'élève à 25 % . Pour qu'il soit rentable d'acheter un ordinateur, son rendement brut doit donc au moins atteindre 37 % . Il faut multiplier ce rendement par la part du revenu généré par les ordinateurs. Or comme le capital informatique représente un peu moins de 2 % du stock nominal d'équipements productifs, sa part dans le produit est infime. Dès lors, la contribution des ordinateurs à la croissance du secteur marchand s'élève à 0,15 points de pourcentage (0,009 x 17,2) pour une croissance totale s'élevant à 2 % par an. Une définition plus étendue de l'informatique, tenant compte des services et des logiciels, conduit également à une évaluation très modeste de l'impact de l'informatique sur la croissance, de l'ordre de 0,3 point de pourcentage en données brutes et de la moitié en données nettes. L'impact de l'informatique sur la croissance est donc borné par la petite place qu'elle occupe dans le capital productif et dans la main-d'œuvre. Pour obtenir un effet d'entraînement conséquent sur la croissance par l'intermédiaire de la croissance du volume de capital informatique utilisé dans l'économie, il ne suffit pas que le stock d'équipements croisse à un rythme rapide (par exemple 25 % plutôt que 17 %), il faut aussi que l'informatique génère un rendement net largement supérieur à celui du marché (« *excess return* »). Un autre canal possible d'effet sur la croissance est celui de la productivité totale des facteurs. Dans ce cas, il faudrait que l'informatique améliore l'efficacité de l'ensemble des facteurs de production. Mais la part de la croissance non expliquée par la croissance du volume des facteurs ne connaît pas l'évolution à la hausse qui viendrait corroborer cette hypothèse. En fin de période, cependant, on a constaté une amélioration des gains de productivité globale des facteurs qui pourrait être la conséquence attendue de la diffusion des TIC.

1. L'évolution des prix est ici mesurée à qualité constante grâce à un indice dit hédonique qui tient compte de l'évolution d'un certain nombre de caractéristiques des équipements (mémoire, puissance etc.).

Tableau 1

Contribution des ordinateurs et équipements périphériques à la croissance américaine

	1991-1995	1996-1999
Taux de croissance annuel du PIB*	2,7	4,8
JORGENSEN et STIROH (2000)	0,19	0,49
OLINER et SICHEL (2000)	0,25	0,63
WHELAN (2000)	0,33	0,82
GILLES et L'HORTY (2001)	0,22	0,69

* secteurs marchands non agricoles.

méthodologie un peu différente, GILLES et L'HORTY (2001) trouvent une contribution encore plus faible, de moins de 0,1 point de PIB dans les années quatre-vingt-dix. Toutefois, comme aux Etats-Unis, cette contribution augmente entre les deux moitiés du cycle.

Tableau 2

Contribution des matériels de traitement de l'information à la croissance française

	1993-1995	1996-1999
Taux de croissance annuel du PIB*	1,3	2,6
MAIRESSE, CETTE et KOCOGLU (2000)**	0,09	0,13
GILLES et L'HORTY (2001)	0,06	0,08

* secteurs marchands non agricoles.

** contributions des matériels informatiques sur les périodes 1989-1995 et 1995-1999 et pour l'ensemble de l'économie. Pour l'ensemble des TIC, les contributions sont respectivement de 0,16 et 0,27.

Ces résultats suscitent une nouvelle interrogation : comment expliquer de tels écarts entre les Etats-Unis et la France, ou plus généralement l'Europe ? Une première réponse réside dans la diffusion des TIC qui serait beaucoup plus forte aux Etats-Unis. C'est la thèse du retard français, et plus généralement européen, en matière de diffusion de ces technologies.

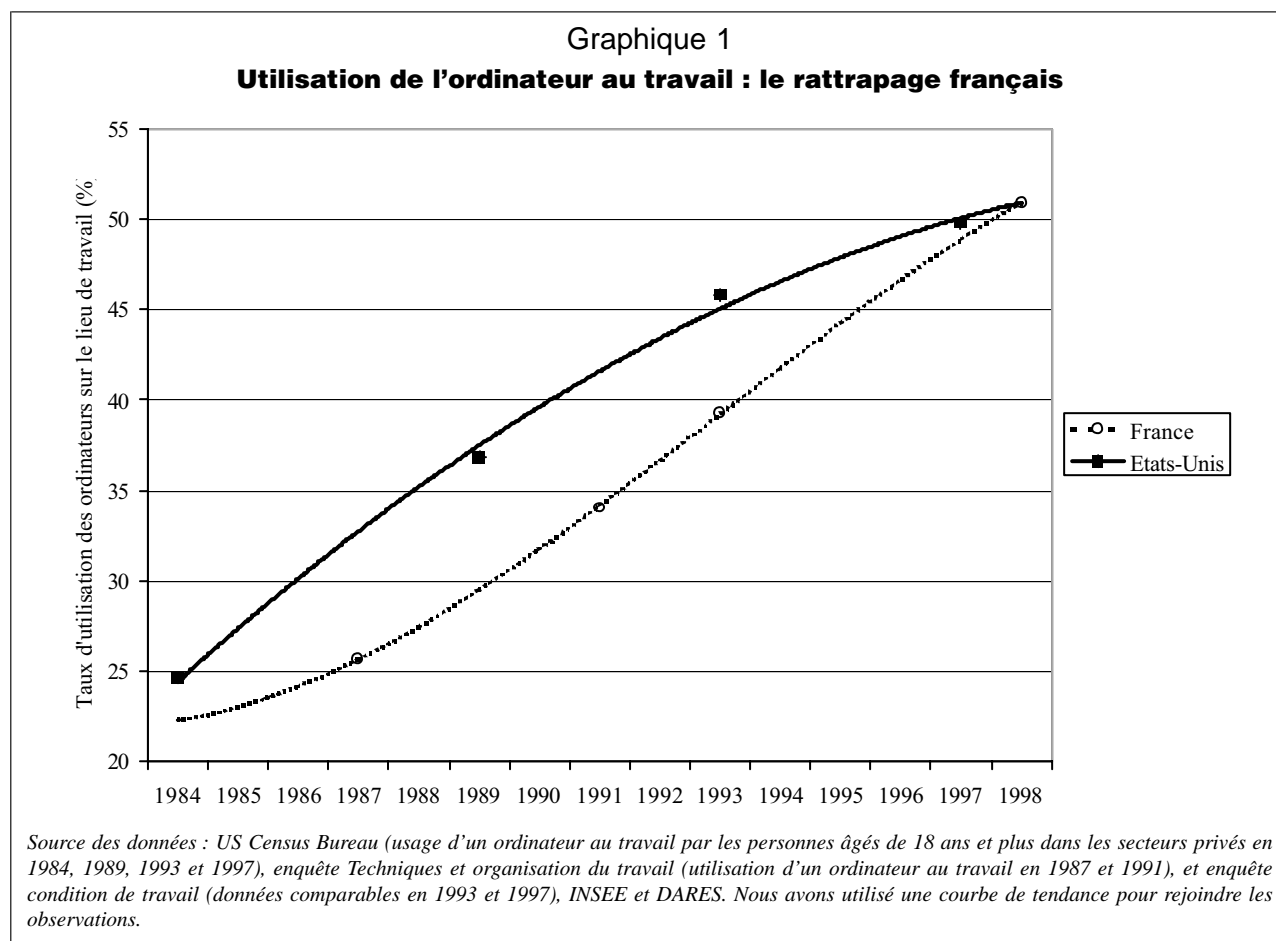
Côté demande, il y a une différence encore importante de diffusion des équipements domestiques entre la France et les Etats-Unis, même si l'écart se réduit. Mais l'aspect demande n'est pas celui considéré par ces calculs de contribution à la croissance. Du côté de l'offre qui est le seul qui importe ici, les taux d'équipement en matériel informatique ne sont guère différents des deux côtés de l'Atlantique pour les équipements professionnels. La part des salariés qui déclarent utiliser un ordinateur dans leur travail est aujourd'hui comparable en France et aux Etats-Unis (graphique 1). Ces constats ne paraissent guère compatibles avec la thèse d'un retard français dans la diffusion des TIC.

Une autre explication à l'écart entre la France et les Etats-Unis doit donc être recherchée. Elle pourrait résider dans un « biais de comparabilité » entre les statistiques américaines et européennes (LEQUILLER, 2000). Les comptes nationaux européens recensent fréquemment les achats de logiciels en consommations intermédiaires, comme les comptes privés, alors que les comptes nationaux américains les imputent systématiquement en investissement. Si les Américains appliquaient les conventions françaises, proches de celles du Royaume-Uni, des Pays-Bas ou de l'Italie, le niveau de l'investissement en logiciels serait divisé par 2,5 aux Etats-Unis et la croissance du PIB s'en trouverait diminué de 0,2

point en 1998. En ajoutant la même correction à l'ensemble du matériel informatique, la baisse serait de 0,3 point. A l'inverse, si les comptes nationaux français appliquaient la convention américaine, la croissance française devrait être réévaluée de 0,3 point en 1998 (LEQUILLER, 2000). Ces écarts de conventions comptables sont donc susceptibles d'expliquer une part importante des différences dans la contribution des TIC à la croissance des deux côtés de l'Atlantique.

« On mesure mal l'effet des TIC sur la productivité »

Ces problèmes comptables fournissent d'ailleurs une autre réponse au paradoxe de la productivité : *on mesure mal les effets de l'ordinateur sur la productivité*. Les TIC posent en effet de très importants problèmes de mesures aux statisticiens et aux comptables nationaux. La principale difficulté réside dans la mesure du partage volume / prix associée à ces nouvelles technologies dont les prix ont généralement baissé de façon inversement proportionnelle à l'amélioration de leurs performances. Si l'on sous-estime ces baisses de prix en tenant insuffisamment compte de l'amélioration de la qualité de ces équipements, on surestime l'inflation. On sous-estime alors la



croissance en volume du produit agrégé et il en est de même des gains de productivité. Aux Etats-Unis, une commission du Sénat a ainsi publié en 1996 un rapport affirmant que l'indice des prix à la consommation surestimait l'inflation de 1,1 % par an. Selon ce document, le fameux rapport BOSKIN, la moitié de cette surestimation (0,6 %) serait due à une mauvaise prise en compte par l'indice de l'amélioration de la qualité, c'est-à-dire de l'introduction de nouveaux produits sur le marché, et de l'amélioration des produits existants (BOSKIN *et alii*, 1996).

En outre, ces problèmes comptables faussent la comparaison internationale. Au-delà du partage entre utilisation finale et intermédiaire des TIC, déjà évoqué, les comptables américains utilisent beaucoup plus intensivement que les français la méthode hédonique pour calculer les indices de prix (LEQUILLER, 2000) ce qui les conduit à relever des baisses de prix plus importantes et des croissances des volumes plus fortes également. Le partage volume-prix est donc plus favorable aux volumes aux Etats-Unis qu'il ne l'est en France.

Il y a certainement ici une part de l'explication, ces problèmes de mesure étant bien réels ; il n'y a certainement pas toute l'explication puisque le paradoxe se décline en comparaison internationale, dans des pays dont l'appareil statistique est de qualité variable, ainsi qu'en comparaison historique, alors que l'on imagine mal que les erreurs de mesure augmentent avec un taux de croissance constant (TRIPLETT, 2002). Ces problèmes de mesure peuvent cependant expliquer les écarts constatés entre les résultats des études en coupe et sur données temporelles. La prise en compte des évolutions de prix est le problème central des études menées sur données longitudinales issues de la Comptabilité Nationale alors que la sous-estimation des investissements en TIC affecte les données individuelles d'entreprise utilisées dans les études en coupe. Dans le second cas, la sous-estimation des inputs informatiques surestime leur effet sur la productivité. Dans le premier cas, il est plus difficile de dire dans quel sens jouent les erreurs de mesure. Une étude réalisée sur données sectorielles américaines concernant l'industrie manufacturière sur la période 1972-1987 (SICHEL, 1997) cherche à contrôler l'effet de l'amélioration de la qualité des produits sur la mesure de la productivité. Elle débouche sur des résultats plus optimistes que les études précédentes sur données sectorielles : l'investissement informatique serait corrélé positivement à la croissance de la productivité.

« Les TIC ont finalement un impact sur la productivité »

La dernière réponse au paradoxe de la productivité, et la plus récente, est très positive : *ça y est, on*

le voit enfin ! Après huit années de croissance ininterrompue, dont les trois dernières à un rythme annuel de plus de 4 %, vingt millions d'emplois ont été créés aux Etats-Unis, ramenant le taux de chômage à 4,2 %, un niveau historiquement faible. Cette réussite ne serait que la première étape d'une « nouvelle économie » avec une croissance durablement forte entraînée par les progrès impressionnants des TIC. Les nouvelles technologies expliqueraient ainsi une bonne part de la réussite américaine, au sein d'un cocktail de politiques macro-économiques actives, en particulier sur le plan monétaire, de globalisation des échanges et de mondialisation. La thèse est relayée par de nombreux observateurs outre-atlantique et l'est de plus en plus en Europe. Pour endiguer sa faible croissance, le vieux continent doit aller de l'avant dans une « politique de la prise », où l'équipement informatique serait le gage du retour à une croissance forte et durable.

D'autres explications aux performances américaines de la deuxième moitié des années quatre-vingt-dix, plus économes en hypothèses, peuvent cependant être proposées. Cette croissance relèverait par exemple moins d'une rupture de tendance que d'un cycle réel très amplifié par des facteurs financiers, la croissance américaine allant de pair avec une expansion soutenue des capitalisations boursières et un développement impressionnant des flux de crédits accordés aux entreprises et aux ménages dont les ratios d'endettement deviennent excessifs.

Mais au service de la thèse de la nouvelle économie, les statistiques fédérales américaines mettent effectivement en évidence une montée des gains de productivité depuis fin 1995. Dans l'ensemble des secteurs marchands non agricoles, le taux de croissance annuel de la productivité horaire du travail serait en moyenne de 2,15 % entre 1995 et 1999, contre 1,1 % entre 1972 et 1995 et 2,6 % durant les trente glorieuses. La productivité globale des facteurs connaît elle aussi une accélération sensible, d'environ 0,6 point des deux côtés de l'Atlantique dans la deuxième moitié des années quatre-vingt-dix. Une part de cette accélération renvoie sans doute à la diffusion des TIC. Ces statistiques paraissent donc mettre fin au débat sur le paradoxe sur la productivité en donnant raison à la thèse du décalage temporel qui s'appuyait sur les travaux de Paul DAVID.

L'étude de GORDON (1999) a mis en question cette conclusion. Selon cette étude, les gains récents de productivité du travail s'expliqueraient entièrement, dans les secteurs des biens durables, par les performances des seuls secteurs informatiques et, dans les secteurs des biens non durables, par un problème de mesure des prix et par le comportement conjoncturel habituel de la productivité qui augmente avec l'activité. Mais ces conclusions ne sont plus partagées par les études appliquées plus récentes. JORGENSON et

STIROH (2000) ainsi que OLINER et SICHEL (2000) expliquent la moitié de la progression de la productivité du travail entre les deux moitiés des années quatre-vingt-dix par la diffusion des TIC. L'évaluation de JORGENSON (2001) montre par ailleurs que l'augmentation de la productivité globale des facteurs (PGF) est du même ordre de grandeur dans les secteurs producteurs des TIC et dans les secteurs utilisateurs entre les deux moitiés des années quatre-vingt-dix, ce qui plaide pour une diffusion du progrès technique à l'ensemble de l'économie. Au total, les TIC seraient directement (PGF) ou indirectement (accumulation de capital) responsables des trois quarts de l'accélération de la productivité du travail dans la deuxième moitié des années quatre-vingt-dix aux Etats-Unis (DUVAL, 2000).

Qu'en est-il dans le cas de la France ? L'explication paraît plus difficilement compatible avec les faits puisque la productivité apparente du travail ralentit à partir de 1992-1993 alors que la diffusion des TIC se poursuit. Cet enrichissement de la croissance en emploi semble plutôt renforcer le paradoxe de la productivité. La diffusion des TIC n'est toutefois pas le seul déterminant potentiel de la productivité, en France comme ailleurs. Un effet favorable des TIC peut être masqué par les effets défavorables d'autres déterminants et en particulier ceux des inflexions de la conjoncture et des politiques de l'emploi avec la montée en charge des dispositifs d'allègement de cotisations employeurs sur les bas salaires. La reprise de l'activité dans la deuxième moitié de la décennie induit une hausse conjoncturelle de la productivité, si bien que la baisse structurelle de la productivité est plus forte encore que la baisse effective. Selon une évaluation de CETTE, MAIRESSE et KOCOGLU, 2002, le ralentissement structurel est de 1 point et le ralentissement effectif de 0,5 point. Malgré cela, il y aurait bien eu une augmentation des gains de productivité globale des facteurs. Elle est évaluée à 0,6 point par ces auteurs, dont les deux tiers seraient localisés dans les secteurs producteurs des TIC.

Tous ces travaux conduisent finalement les chercheurs à un grand optimisme. C'est le cas pour la France et l'Europe où « *la contribution des TIC à la croissance pourrait largement s'amplifier dans les prochaines années* » (CETTE, MAIRESSE et KOCOGLU, 2002). C'est le cas aussi aux Etats-Unis où « *l'essentiel des effets des TIC reste peut-être à venir* » (DUVAL, 2000). Mais il convient néanmoins de rester prudent dans la mesure où ce sont les informations conjoncturelles les plus récentes qui ont modifié les diagnostics des économistes sur une question d'ordre essentiellement structurel. Ces diagnostics ne sont donc ni à l'abri de nouvelles révisions des comptes

nationaux, ni à l'abri des retournements futurs de conjoncture. D'autre part, les problèmes persistants de comparabilité internationale des données de comptabilité nationale devraient également inciter à la prudence. Il est encore trop tôt pour savoir si la nouvelle économie a définitivement mis fin au paradoxe de SOLOW.

L'autre paradoxe : l'effet sur les inégalités

Si le débat sur les effets des TIC sur la productivité au niveau macro-économique persiste, un consensus s'est formé assez rapidement au sein de la communauté des économistes sur l'existence d'un « biais technologique » (4) : Selon cette thèse, les TIC génèrent un choc asymétrique sur la productivité des travailleurs qui favoriserait la main-d'œuvre qualifiée, tant en terme d'opportunités d'emploi que de salaire. Comme le retrace l'encadré 2 (p. 38), les économistes débattent depuis les années trente de l'existence d'un « biais technologique » mais ce débat était initialement focalisé sur la substitution entre capital et travail qui semblait accompagner la croissance des économies occidentales. Depuis le milieu des années quatre-vingt-dix et dans le prolongement d'une réflexion entamée dans les années soixante-dix sur la complémentarité entre le capital et la main-d'œuvre qualifiée, les économistes ont cherché à saisir l'ampleur des substitutions entre main-d'œuvre qualifiée et non qualifiée. La plupart des travaux empiriques qui ont été menés dans cette perspective ignorent d'ailleurs les possibles substitutions entre capital et main-d'œuvre pour se concentrer sur les seules substitutions entre types de main-d'œuvre dans un contexte où le capital est supposé quasi fixe alors même que l'on affirme qu'il se renouvelle en incorporant des technologies de l'information et de la communication.

Ceci peut sembler paradoxal, tout comme l'est également le fait de mettre en doute les effets des TIC sur la productivité au niveau macro-économique tout en acceptant de considérer que les TIC sont source d'un choc asymétrique sur la productivité des différentes catégories de travailleurs. En fait, le débat renouvelé sur le biais technologique s'est développé plus tardivement que celui du paradoxe de la productivité : le ralentissement de la croissance a aussi précédé dans le temps le développement des inégalités d'emploi et de salaire. D'autre part, la question du paradoxe de la productivité a été portée par les spécialistes de la croissance alors que ce sont les économistes du travail qui se sont réapproprié le thème du biais technologique.

4. Pour une présentation approfondie de cette hypothèse, voir BOUAD-DALLAH, GREENAN et VILLEVAL (1999).

Encadré 2

Petite histoire du biais technologique

L'hypothèse du biais technologique était déjà utilisée dans les années cinquante et soixante, où la question de la neutralité du progrès technique était débattue dans le cadre de la théorie de la croissance et de ses effets sur la répartition. Selon cette hypothèse, le progrès technique est biaisé en faveur d'un facteur si la part de ce facteur dans la valeur ajoutée augmente régulièrement au cours du temps. L'existence d'un éventuel biais technologique est alors pensée par rapport aux utilisations relatives du capital et du travail.

Dans les années soixante et soixante-dix, la problématique se déplace : on cherche à expliquer pourquoi on observe un maintien de la croissance du salaire relatif des qualifiés en dépit de la croissance de l'offre de cette catégorie de main-d'œuvre. GRILICHES (1969) développe, dans ce cadre, le concept ainsi que la mesure de la complémentarité entre le capital et la main-d'œuvre qualifiée. C'est aussi l'époque du débat, en sociologie, entre les tenants d'un progrès technique destructeur de qualifications (BRAVERMAN, 1974) et ceux qui soutiennent l'idée d'un progrès technique favorisant la qualification de la main-d'œuvre (BELL, 1963 ; MUMFORD et BANKS, 1967). Ces discussions ont lieu dans le cadre d'une vision « déterministe » des technologies permettant l'automatisation (la technologie détermine l'organisation du travail).

Depuis le début des années quatre-vingt-dix, l'hypothèse d'un biais technologique surgit à nouveau pour répondre à d'autres préoccupations. Elle a été mise au goût du jour par des économistes anglo-saxons s'interrogeant sur le développement des inégalités de salaire aux États-Unis et au Royaume-Uni. Alors qu'en sociologie, le débat « déqualification » *versus* « requalification » se poursuit dans des problématiques renouvelées et non « déterministes », en économie, on cherche à expliquer la dégradation de la situation des travailleurs non qualifiés sur le marché du travail en confrontant plusieurs hypothèses dont celle des TIC biaisées en faveur de la main-d'œuvre qualifiée.

L'hypothèse d'un « biais technologique » a été très sérieusement examinée par toute une série d'études empiriques mobilisant des données macro-économiques ou macro-sectorielles et des données individuelles d'entreprises et de salariés. L'analyse des données macro-économiques montre un déclin régulier de la part des emplois peu qualifiés dans l'emploi ou dans les coûts totaux et/ou une ouverture de l'éventail des rémunérations dans la plupart des pays industrialisés. Ce profil d'évolution se retrouve au sein de la plupart des secteurs. Un facteur structurel et commun à l'ensemble des secteurs semble donc à être l'œuvre. La diffusion des TIC remplit mieux ce cahier des charges que la concurrence des pays à bas salaires qui est spécifique à certains secteurs d'activité (KATZ et KRUEGER, 1997).

Les études sur données individuelles d'entreprises et de salariés testent plus directement la corrélation entre l'usage des TIC et la structure des emplois et des salaires. Elles conduisent à deux conclusions importantes (BOUABDALLAH, GREENAN et VILLEVAL, 1999, CHENNELS et VAN REENEN, 2002) :

– on observe une corrélation assez étroite entre différentes mesures des TIC et la structure des emplois par qualifications dans les entreprises. Cette mesure du biais technologique est robuste au contrôle de l'hétérogénéité inobservée par des effets fixes et au traitement des problèmes d'endogénéité⁽⁵⁾ ;

– il y aurait également une corrélation étroite entre le niveau des salaires et l'usage des TIC. Mais

la causalité ne va pas dans le sens attendu : c'est parce que l'on a un haut salaire que l'on utilise davantage de TIC et non l'inverse. La prime salariale associée à l'usage de ces technologies s'expliquerait donc davantage par un processus de sélection des salariés travaillant sur ordinateur que par une productivité plus grande associée à l'usage des TIC (*cf.* encadré 3).

Les études de cas et les enquêtes statistiques plus fines permettant de distinguer entre les technologies et d'identifier les caractéristiques des organisations au sein desquelles elles s'insèrent révèlent cependant des ambiguïtés dans les effets des TIC sur le travail et l'emploi. Certains cadres et professions intermédiaires ressentent une déqualification associée à l'informatique qui réduit leur marge d'initiative en renforçant le côté bureaucratique et procédural de leur travail, tandis que certains employés et ouvriers ressentent un gain d'autonomie et une intensification de leur travail car on leur laisse la possibilité de prendre des décisions opérationnelles dans un cadre que l'informatique contribue à formaliser (GOLLAC, 1996 ; GOLLAC et KRAMARZ, 2000).

Les TIC ne semblent pas non plus imposer de solution unique en terme d'organisation du travail. Les entreprises peuvent tout aussi bien mobiliser les TIC dans le cadre de structures organisationnelles plus horizontales, que tenter grâce à ces technologies de maintenir une logique hiérarchique en renforçant les

5. Sur données françaises, voir BENSARD, GREENAN et MAIRESSE (1997, 2001).

Encadré 3

L'ordinateur augmente-t-il les salaires ?

KRUEGER (1993) est le premier à avoir tenté d'évaluer le lien entre l'utilisation de l'informatique et les salaires. Il montre qu'à la fin des années quatre-vingt, le fait d'utiliser un ordinateur conduit à une prime salariale de 10 à 15 %. Ce résultat est simple et frappant. Mais il est fortement dépendant de la méthode utilisée. L'estimation est conduite sur une coupe et le nombre de variables de contrôle est limité : expérience, durée de formation, sexe, race, appartenance au secteur syndiqué.

GOLLAC et KRAMARZ (1997) ont réalisé des tests analogues sur données françaises grâce à l'enquête TOTTO 1993. En utilisant des variables de contrôle similaires à celles de KRUEGER, on trouve en France un effet « informatique » de 20 %, supérieur à l'effet américain. En ajoutant des variables décrivant la place de l'individu dans la division du travail (présence de subordonnés, autonomie, etc.), l'effet baisse fortement. La prise en compte du secteur d'appartenance et de la taille de l'employeur le ramène à 5 %, et celle du groupe socioprofessionnel à 1 %.

De plus, si l'on réalise les mêmes tests que KRUEGER avec l'usage du Minitel et du fax en France (GOLLAC et KRAMARZ 1997), avec celui de la calculette, du téléphone, de crayons ou encore avec un indicateur de position assise au travail en Allemagne (DI NARDO et PISCHKE, 1997), on trouve aussi une prime salariale d'un montant compris entre 10 et 15 %. Il semble donc que l'usage d'un ordinateur rapporte une prime salariale pour des raisons qui ne sont pas liées spécifiquement à ses caractéristiques techniques, mais à des caractéristiques individuelles plus rarement mesurées comme l'accès à l'écrit dans l'univers professionnel ou la communication avec des personnes ou des services distants (GOLLAC, 1996).

L'étude d'ENTORF, GOLLAC et KRAMARZ (1999) va dans le même sens puisqu'elle montre, que si les utilisateurs d'ordinateurs sont mieux payés en 1987, ils étaient déjà mieux payés auparavant. On retrouve l'idée d'un biais d'endogénéité, suggérée par l'examen des résultats de DOMS, DUNNE et TROSKE (1997) obtenus sur un échantillon d'établissements industriels américains. L'étude britannique de CHENNELLS et VAN REENEN (1995) s'appuyant sur des données d'entreprise débouche, elle aussi, sur le constat d'un biais d'endogénéité : ce n'est pas l'adoption de technologies qui génère des salaires moyens plus élevés, ce sont des salaires plus élevés, corrélés à une qualification plus grande de la main-d'œuvre, qui incitent à l'introduction ou à la mise au point de technologies innovantes.

La prime salariale associée à l'usage de ces technologies s'expliquerait donc par un processus de sélection des salariés travaillant sur ordinateur, davantage que par une productivité plus grande de ces travailleurs du fait de leur utilisation des technologies de l'information et des communications. Les entreprises qui utilisent plus intensément l'informatique étaient, avant l'introduction des nouveaux équipements, plus performantes et plus capitalistiques, et pour certains types de technologie, elles avaient une main-d'œuvre plus qualifiée ; les salariés utilisateurs sont plus qualifiés, occupent une position intermédiaire dans la hiérarchie et étaient mieux payés avant de se servir d'un ordinateur.

Si l'on cherche à démontrer un effet propre de l'ordinateur sur les salaires, il est donc important de travailler d'une part sur des données longitudinales, et d'autre part d'introduire des variables de contexte, notamment organisationnelles.

compétences de l'encadrement (GREENAN, 1996a). Ces choix ne s'accompagnent pas forcément d'une déformation univoque de la structure des qualifications, ce qui fait écho à un résultat obtenu par DUGUET et GREENAN (1997) à partir de données sur différentes formes d'innovation.

Au niveau micro-économique, les travaux les plus récents montrent que les effets des TIC sur la productivité passent par un ensemble de recompositions qui relie l'usage d'équipements nouveaux, l'organisation et les qualifications. Ces effets indirects des TIC *via* des changements dans les produits, les procédés, les manières de travailler, la mobilisation du capital humain seraient d'une ampleur largement supérieure aux effets directs des TIC, considérés isolément, sur la productivité, la structure des emplois ou la structure des salaires.

La littérature économique aussi bien théorique qu'empirique développe l'idée d'une complémentarité des choix de l'entreprise dans tous ces domaines. D'un point de vue théorique, MILGROM et ROBERTS (1990) définissent une fonction de production élargie à un ensemble de choix discrets de types d'équipements ou de dispositifs organisationnels. La complémentarité des différents choix technologiques et organisationnels de l'entreprise se traduit par le fait que le rendement marginal de l'un croît avec la mise en œuvre des autres (propriété de supermodularité de la fonction de production). Il ne suffit pas de mesurer une corrélation entre pratiques organisationnelles et usages de la technologie pour mesurer une complémentarité. L'identification de telles complémentarités dans les études empiriques posent des problèmes méthodologiques non résolus à ce jour (ATHEY et

STERN, 1998). Des premiers résultats dans ce sens ont été obtenus sur données individuelles par BRESNAHAN, BRYNJOLFSSON et HITT 2002 (Etats-Unis), CAROLI et VAN REENEN 2001 (France et Royaume-Uni) et GREENAN 1996b (France), et sur données sectorielles américaines par ASKENAZY et GIANELLA (2000).

Enfin, GOLLAC, GREENAN et HAMON-CHOLET (2000) montrent, à partir d'une enquête auprès d'entreprises industrielles françaises, que l'intensité de l'informatisation est étroitement liée aux dispositifs organisationnels utilisés et que les changements à moyen terme de l'une et de l'autre sont fortement corrélés. Mais il est possible d'identifier deux temps dans l'informatisation des entreprises. Dans la première moitié des années quatre-vingt-dix, les ordinateurs ont accompagné la tendance à la formalisation avec l'adoption de certains outils de gestion comme les normes de qualité. Dans la seconde moitié de la décennie, ce sont les entreprises qui développent le juste-à-temps, la sous-traitance et l'externalisation qui semblent investir en TIC pour s'approprier la facilité accrue d'interconnexion des ordinateurs. Il reste à tester si les effets en terme de productivité, de qualifications et de salaires sont homogènes d'une sous-période à l'autre.

*
* *

Lorsqu'ils tentent d'étudier les effets des TIC sur le niveau de l'emploi, autour du paradoxe de la productivité, ou sur la structure des emplois, avec les déterminants du biais technologique, les économistes se

heurtent peut-être à la même difficulté. Dans les deux cas en effet, il paraît essentiel de considérer la dimension organisationnelle du changement technologique. S'interroger sur les effets des technologies de l'information sur la croissance et l'emploi implique de considérer les effets indirects de ces technologies. Il ne faut plus focaliser son regard sur l'ordinateur et ses dérivés, mais élargir le point de vue à ce sur quoi l'ordinateur se greffe : l'organisation de l'entreprise, la structuration de son système d'information, l'ordonnancement et le suivi de ses flux productifs, les relations entre les entreprises... La gestion de l'information est au cœur du fonctionnement des économies développées, qui sont aujourd'hui fondées sur le savoir. Confrontées à des problèmes de plus en plus complexes, les organisations ont besoin d'outils pour calculer, modéliser, stocker les informations, suivre les décisions... Si l'ordinateur est un outil de ce type, c'est aussi une coquille vide, une mémoire destinée à être remplie. Il joue un rôle dans la refonte des organisations productives, mais ce rôle n'est ni prédéterminé, ni nécessairement central.

Les effets indirects se construisent dans ce jeu entre l'outil et l'organisation. Et il n'y a pas de raison *a priori* de penser qu'ils iront forcément dans le sens d'un rythme plus élevé de la croissance des richesses, d'une efficacité renforcée de la combinaison productive ou encore d'une prime à la main-d'œuvre qualifiée. La technologie seule n'est pas susceptible de modifier ces éléments. L'essentiel est ailleurs, dans les relations de complémentarité qu'elle entretient avec l'organisation interne et externe des entreprises et dans les nouvelles configurations de rapports de force qui s'y jouent.

Bibliographie

- ASKENAZY P., GIANELLA C., « Le paradoxe de la productivité : les changements organisationnels, facteur complémentaire à l'informatisation », *Economie et Statistique*, n° 339-340, pp. 219-237, 2000.
- ATHEY S. et STERN S., « An Empirical Framework for Testing Theories about Complementarity in organizational Design », *Working Paper du NBER*, n° 6600, juin 1998.
- BELL D., *The Coming of Post-Industrial Society*, New York : Basic Books, 1963.
- BENSAID A., GREENAN N. et MAIRESSE J., « Informatisation, recherche et productivité », *Revue économique*, Vol. 48, n° 3, pp. 591-603, 1997.
- BENSAID A., GREENAN N. et MAIRESSE J., « Information Technology and Research and Development Impacts on Productivity and Skills : Looking for Correlations on French Firm-Level Data », in M. POHJOLA (ed.), *Information Technology productivity and Economic growth*, Oxford University Press, chap. 6, pp. 119-148, 2001.
- BOSKIN M., DULBERGER E., GRILICHES Z., GORDON R. et JORGENSON D., *Toward a More Accurate Measure of the Cost of Living*, Final Report to the Senate Finance Committee, décembre, Etats-Unis, 1996.
- BOUABDALLAH K., GREENAN N. et VILLEVAL M-C., « Le biais technologique : fondements, mesures et tests empiriques », *Revue Française d'Economie*, Vol. XIV, n° 1, pp. 171-227, 1999.
- BRAVERMAN H., *Labor and Monopoly Capital : the Degradation of Work in the Twentieth Century*, New York : Monthly Review Press, 1974.
- BRESNAHAN T. F., BRYNJOLFSSON E. et HITT L. M., « Information Technology, Workplace Organization and the Demand for Skilled Labor: Firm-Level Evidence », *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 117, n° 1, February, pp. 339-376, 2002.
- BROUSSEAU E. et RALLET A. (Dir.), *Technologies de l'information, organisation et performances économiques*, rapport du Commissariat Général du Plan, 1999.
- BRYNJOLFSSON E. et KAHIN B., *Understanding the Digital Economy. Data, Tools, and Research*. The MIT Press, 2000.
- BRYNJOLFSSON E. et HITT L., « Information Technology as a Factor of Production: The Role of Differences among Firms », *Economics of Innovation and New Technology*, Vol. 3, n° 3-4, pp. 201-218, 1995.
- CAROLI E. et VAN REENEN J., « Skill Biased Organizational Change ? Evidence from a panel of British and French Establishments », *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 116, n° 4, pp. 1149-1492, 2001.
- CETTE, G., MAIRESSE J. et KOCOGLU Y., « La mesure de l'investissement en nouvelles technologies de l'information et de la communication : quelques considérations méthodologiques », *Economie et Statistique*, n° 339-340, pp. 73-91, 2000.
- CETTE, G., MAIRESSE J. et KOCOGLU Y., « Croissance économique et diffusion des TIC : le cas de la France sur longue période », *Revue Française d'Economie*, Vol. XVI n° 3, pp. 155-192, 2002.
- CHENNELS L., VAN REENEN J., « Wages and technology in British plants: do workers get a fair share of the plunder? », London, Institute for Fiscal Studies & University College London, *Mimeo*, 1995.
- CHENNELS L. et VAN REENEN J., « Technical change and the structure of employment and wages : a survey of the micro-econometric evidence »; in GREENAN N. MAIRESSE J. et L'HORTY Y. (Dir.), *Productivity, Inequality and the Digital Economy*, MIT Press, à paraître, 2002.
- CRÉPON B. et HECKEL T., « La contribution de l'informatisation à la croissance française », *Economie et Statistique*, n° 339-340, pp. 93-115, 2000.
- DAVID P., « The Dynamo and the Computer : An Historical Perspective on the Modern Productivity Paradox », *American Economic Review*, Vol. 80, n° 2, pp. 355-361, 1990.
- DI NARDO J. E. et PISCHKE J. S., « The Returns to Computer Use Revisited : Have Pencils Changed the wage Structure Too », *Quarterly Journal of Economics*, Vol. CXII, n° 1, February, 1997.
- DOMS M., DUNNE T., TROSKE K., « Workers, Wages, and Technology », *Quarterly Journal of Economics*, Vol. CXII, n° 1, February, 1997.
- DUVAL R., « Quel crédit accorder à la « nouvelle économie » américaine ? », *Economie et Statistique*, n° 339-340, pp. 15-44, 2000.
- DUGUET D. et GREENAN, « Le biais technologique. Une analyse économétrique sur données individuelles », *Revue Economique*, Vol. 48, n° 5, pp. 1061-1089, 1997.
- ENTORF H., GOLLAC M. et KRAMARZ F., « New Technologies, Wages and Worker Selection », *Journal of Labor Economics*, Vol. 17, n° 3, pp. 464-491, 1999.
- GILLES F. et L'HORTY Y., « La nouvelle économie et le paradoxe de la productivité : une comparaison France-Etats-Unis », *document de travail de l'EPEE*, Université-d'Evry-Val d'Essonne, 2001.
- GOLLAC M., « Le capital est dans le réseau. La coopération dans l'usage de l'informatique », *Travail et Emploi*, n° 68, pp. 39-60, 1996.

- GOLLAC M. et KRAMARZ F., « L'ordinateur : un outil de sélection ? Utilisation de l'informatique, salaires et risque de chômage », *Revue Économique*, Vol. 48, n° 5, septembre, 1997.
- GOLLAC M. et KRAMARZ F., « L'informatique comme pratique et comme croyance », *Actes de la Recherche et Sciences Sociales*, n° 134, pp. 4-21, 2000.
- GOLLAC M., GREENAN N. et HAMON-CHOLET S., « L'informatisation de l'ancienne économie : de nouvelles machines, de nouvelles organisations et de nouveaux travailleurs », *Economie et Statistique*, n° 339-340, pp. 171-201, 2000.
- GORDON, R.J., « Has the 'New Economy' rendered the Productivity Slowdown Obsolete? », *working paper*, Northwestern University, juin. <<http://facultyweb.at.nwu.edu/economics/gordon/research-home.html>>, 1999.
- GORDON, R.J., « Does the « New Economy » Measure up to the Great Inventions of the Past », *Journal of Economic Perspective*, Vol. 14, n° 4, 2000.
- GREENAN N., « Innovation technologique, changements organisationnels et évolution des compétences », *Économie et Statistique*, n° 298, pp. 15-33, 1996a.
- GREENAN N., « Progrès technique et changements organisationnels : leur impact sur l'emploi et les qualifications », *Économie et Statistique*, n° 298, pp. 35-44, 1996b.
- GREENAN N., « Technologies de l'information et de la communication, productivité et emploi : deux paradoxes », in BROUSSEAU E. et RALLET A. (Dir.), *Technologies de l'information organisation et performances économiques*, rapport Commissariat Général du Plan, 1999.
- GREENAN N. et MAIRESSE J., « Computer and Productivity in France : Some Evidence », *Economics of Innovations and New Technology*, Vol. 9, pp. 275-315, 2000.
- GREENAN N. et MANGEMATIN V., « Informatisation, organisation et performances : autour du paradoxe de la productivité » in FORAY D. et MAIRESSE J. (Dir.), *Innovation et performance*, Editions de l'Ecole des hautes études en sciences sociales, pp. 43-75, 1999.
- GREENAN N. et L'HORTY Y., « Informatique, productivité et emploi : beaucoup d'espoirs, peu de certitudes », *Réseaux*, vol 18, n° 100, pp. 275-288, 2000.
- GREENAN N. MAIRESSE J. et L'HORTY Y. (Dir.), *Productivity, Inequality and the Digital Economy*, MIT Press, à paraître, 2002.
- GRILICHES Z., « Capital-Skill Complementarity », *Review of Economics and Statistics*, Vol. LI, n° 4, pp. 465-468, 1969.
- JORGENSON D. W., « Information Technology and the US Economy », *The American Economic Review*, Vol. 91, n° 1, 2001.
- JORGENSON D. W., STIROH K., « Computers and Growth », *Economics of Innovation and New Technology*, Vol. 3, n° 3-4, 1995.
- JORGENSON D. W., STIROH K., « Raising the Speed Limit : U.S. Economic Growth in the Information Age » *Brooking paper on Economic Activity*, Vol. 1, 2000.
- KATZ D. H., KRUEGER A. B., « Computing Inequality: Have Computers Changed the Labor Market ? », *NBER Working Paper*, n° 5956, March, 1997.
- KRUEGER A. B., « How Computers have changed the Wage Structure: Evidence from microdata », *Quarterly Journal of Economics*, February, 1993.
- LEQUILLER F., « La nouvelle économie et la mesure de la croissance », *Economie et Statistique*, n° 339-340, pp. 45-41, 2000.
- LICHTENBERG F., « The Output Contributions of Computer Equipment and Personnel : a Firm-Level Analysis », *Economics of Innovation and New Technology*, Vol. 3, n° 3-4, pp. 201-218, 1995.
- MAIRESSE J., CETTE G., et KOCOGLU Y., « Les technologies de l'information et de la communication en France : diffusion et contribution à la croissance », *Economie et Statistique*, n° 339-340, pp. 117-143, 2000.
- MILGROM P. et ROBERTS J., « The Economic of Modern Manufacturing: Technology, Strategy, and Organization », *American Economic Review*, Vol. 80, n° 3, June, pp. 511-528, 1990.
- MUMFORD E., BANKS O., *The Computer and the Clerk*, London : Routledge, Kegan Paul, 1967.
- OLINER S. D. et SICHEL D. E., « Computers and Output Growth Revisited: How Big Is the Puzzle », *Brookings Papers on Economic Activity*, n° 2, pp. 273-317, 1994.
- OLINER, S. D. et D. E. SICHEL., « The resurgence of growth in the late 1990s : is Information Technology the story? » *Journal of Economic Perspective*, Vol. 14, n° 4, pp. 3-22, 2000.
- SICHEL D. E., *The Computer Revolution: an Economic Perspective*, Brookings Institution Press, Washington D.C., 1997.
- TRIPLETT J. E., « The mismeasurement hypothesis and the productivity slowdown ». in *Productivity, Inequality and the Digital Economy*, GREENAN N. MAIRESSE J. et L'HORTY Y. (Dir.), MIT Press, à paraître, 2002.
- WHELAN K., « Computers, Obsolescence and Productivity », Federal Reserve Board, *Finance and Economic Discussion Series Paper*, n° 2000-6, 2000.