

Chapitre Premier

TECHNOLOGIES DE L'INFORMATION ET DE LA COMMUNICATION, PRODUCTIVITE ET EMPLOI : DEUX PARADOXES

par Nathalie Greenan

Introduction

L'objectif de l'atelier était d'identifier, à partir des études empiriques existantes, les liens entre la diffusion des technologies de l'information et de la communication (TIC), la productivité et l'emploi. La réflexion s'est organisée autour du constat d'un décalage important entre certaines représentations véhiculées par les milieux académiques, notamment anglo-saxons, ou circulant dans le débat public et les résultats des études empiriques ayant cherché à analyser les liens entre TIC et productivité d'une part, TIC et emploi d'autre part. Ces études livrent des résultats ambigus là où des certitudes semblent dominer le débat public. Le rapport analyse ces questions en trois parties.

La première partie fournit un bilan chiffré de la diffusion des TIC en France. Elle nuance l'idée répandue selon laquelle les TIC ont aujourd'hui atteint un tel poids dans l'économie qu'elles influencent de manière déterminante les agrégats macro-économiques. Elle montre à tout le moins qu'il existe un désaccord sur l'ampleur du phénomène TIC et donc de ses impacts.

La seconde partie du rapport est consacrée au "paradoxe de productivité" ou

- TIC, productivité et emploi : deux paradoxes -

“paradoxe des ordinateurs” découlant d’une déclaration devenue célèbre de R. Solow¹, *“L’âge de l’ordinateur est arrivé partout, sauf dans les statistiques de la productivité”*². En effet, alors que les TIC sont généralement considérées comme des innovations radicales, supports d’un nouveau “paradigme technologique” et sources d’une croissance accrue, leur diffusion a été accompagnée par un ralentissement de la croissance. Les membres de l’atelier ont essayé de revenir sur la pertinence de cette remarque et sur les explications qu’on peut donner à ce constat.

La troisième partie traite des TIC et de l’emploi. Deux idées structurent le débat dans ce domaine. Selon la première, l’ordinateur, comme toute machine, détruit des emplois là où il s’implante. Selon la seconde, il favorise la main-d’œuvre qualifiée au détriment de la main-d’œuvre non qualifiée. Si la première idée est ancienne, la seconde a été développée de manière récente par les économistes anglo-saxons pour expliquer le développement des inégalités de salaire entre travailleurs qualifiés et non qualifiés aux Etats-Unis et au Royaume-Uni (thèse dite du “biais technologique”). Ces représentations sont source d’un second paradoxe : si l’effet des TIC sur la productivité est neutre, comme le voudrait le “paradoxe de productivité”, comment considérer que celles-ci détruisent massivement et directement les emplois ? De même, les études empiriques françaises contredisent la thèse du biais technologique, car il ne semble pas qu’il existe de liaison univoque entre investissement en TIC et pertes d’emplois, même non qualifiés. La troisième partie est ainsi construite autour d’un second paradoxe concernant l’emploi.

Au total, ce rapport interroge certaines idées reçues sur lesquelles le débat public prend appui, par exemple : “La France est sous-équipée en informatique” ou “C’est la technologie qui détruit de manière irrévocable les emplois non qualifiés”. Nous mettons l’accent sur les ambiguïtés que révèlent

(1) “*New York Times Book Review*”, 1987.

(2) On peut noter au passage que cet énoncé s’appuie sur la représentation d’un ordinateur économiquement omniprésent qui est analysée dans la première partie du rapport.

les études empiriques¹, mais nous ne souhaitons pas pour autant en déduire l'impossibilité de conclure. Notre objectif est plutôt de partir des ambiguïtés et de chercher les pistes qui les rendent intelligibles. Dans cet esprit, notre conclusion cherche à cerner les besoins d'études permettant d'aller au-delà des constats empiriques existants, et propose certaines pistes pour orienter l'action des pouvoirs publics.

Si l'on souhaite résumer en quelques lignes la thèse centrale de ce rapport, on pourrait dire la chose suivante. L'effet des TIC sur la croissance et la répartition est ambigu, en ce sens qu'il est difficile de mettre en évidence des régularités statistiques avec la robustesse souhaitable. Ceci doit être considéré comme un résultat traduisant une grande hétérogénéité dans les effets économiques des TIC. Certaines études approfondies esquissent cependant des axes de recherche.

Tout d'abord, ce n'est pas la technologie de l'information et de la communication qui est déterminante pour la structure des rapports économiques et sociaux. C'est ce que les acteurs économiques et sociaux font de cette technologie qui est actuellement localement structurant. Il faudrait donc bannir de notre vocabulaire toute expression laissant entendre que les TIC auraient une capacité autonome à modeler l'économie et la société de demain. Ce fantasme sur la puissance des TIC se double d'illusions d'optique quant à l'ampleur de leur diffusion (si la plupart des décideurs ont un ordinateur sur leur bureau, 40 % des salariés seulement utilisent un ordinateur dans leur travail), ou au fossé qui nous sépare d'autres pays en matière de diffusion (ce chiffre est, certes supérieur aux Etats-Unis, puisqu'il s'élève à 46 %, mais l'écart est sans commune mesure avec ce qui est souvent annoncé). Ainsi, les TIC ne peuvent être source, ni de tous les maux, ni de toutes les espérances.

(1) L'exposé de ces ambiguïtés conduit parfois à étudier de manière fine les résultats des études empiriques et à utiliser certains termes techniques faisant référence, soit à la théorie économique, soit aux pratiques économétriques. Un petit glossaire, qui reprend et explique quelques termes utilisés au fil du rapport est disponible page 157.

- TIC, productivité et emploi : deux paradoxes -

Par ailleurs, la manière dont l'économie absorbe ces technologies semble rendre obsolète des catégories traditionnelles de réflexion. Ainsi, les conflits de répartition ne doivent plus être pensés uniquement dans la relation qu'entretiennent le capital et le travail. Ce clivage est brouillé par le développement des investissements immatériels, en partie incorporés aux hommes et plus précisément au travail qualifié, mais aussi par une non transparence des comportements de prix dans un contexte d'innovations de produits et de services associés au développement des TIC et par l'existence d'externalités de réseau. Pour être plus précis, ces conflits opposent les chômeurs et les salariés, les salariés et les consommateurs, les entreprises occupant une position dominante dans les réseaux qui s'appuient sur la technologie informatique et les entreprises périphériques, les entreprises donneuses d'ordre (par informatique) et les salariés des entreprises sous-traitantes. La clarification de ces questions pourrait jouer un rôle dans l'explicitation des paradoxes de la productivité et de l'emploi.

Partie I

LA MESURE DE LA DIFFUSION DES TIC

Nous allons établir un bilan chiffré de la diffusion des TIC en France à partir des études existantes et introduire quelques éléments de comparaison avec la situation des Etats-Unis. Ce bilan est utile, à la fois pour prendre la mesure de la nature diffusante des TIC et pour nuancer le type d'attente que l'on peut avoir en terme d'impact sur la croissance. En effet, un des arguments développés actuellement par certains spécialistes du paradoxe de la productivité s'appuie sur l'idée que les dépenses en TIC représentent une part trop faible de l'outil de production pour avoir des effets mesurables au niveau macro-économique (Oliner et Sichel, 1994).

Plus généralement, les problèmes de mesure occupent une place fondamentale dans la réflexion sur les effets des TIC, car les cadres traditionnels de la comptabilité nationale, et notamment le partage entre prix et volume pourrait être profondément remis en cause par leur diffusion et le développement du secteur tertiaire qui lui est corrélé. Ces problèmes de mesure sont associés à des enjeux qui ne se limitent pas à des querelles techniques entre experts dès lors que certains agrégats guident le comportement des pouvoirs publics et des agents privés (l'indice des prix à la consommation par exemple).

1. Quels chiffres de la diffusion ?

Si la diffusion des TIC peut se mesurer grâce à des indicateurs s'appuyant sur différentes sources, les avis divergent quant à l'évaluation de l'ampleur de la

- TIC, productivité et emploi : deux paradoxes -

diffusion : il y a désaccord sur le seuil de diffusion au-delà duquel on peut dire que celle-ci est forte ou faible. Ce désaccord est lié à un débat sur les effets attendus de la diffusion. L'argument central de l'étude d'Oliner et Sichel (1994) est le suivant : le stock de capital en TIC (ordinateurs et équipements périphériques, données du Bureau of Economic Analysis) représente encore une part très faible du stock de capital productif de l'ensemble de l'économie, de l'ordre de 2 % en 1993 (0,8 % en 1970, parts nominales), il est donc normal de ne pas retrouver des effets massifs des TIC sur la productivité.

Par ailleurs, dans la littérature, un certain nombre de mesures circulent, qui sont souvent mal interprétées. Ainsi, on peut lire dans un dossier de *The Economist* (28 septembre 1996) : “*La part des TI dans l'investissement total des firmes en équipement a grimpé de 7 % en 1970 à plus de 40 % cette année* ¹”, la source citée étant Datastream. Plus loin, dans le même dossier, il est dit, en s'appuyant sur des chiffres de l'OCDE concernant la part de l'investissement en TIC dans l'investissement total du secteur des services au cours des années quatre-vingt, que les Etats-Unis jouent un rôle leader avec une part de 12 % alors que celle-ci n'atteint pas les 6 % en France, Allemagne, Italie et Pays-Bas. Ces chiffres pour les Etats-Unis semblent très élevés et sont sans commune mesure avec les chiffres mis en avant par Oliner et Sichel. Ainsi, selon eux, la part nominale de l'investissement en TIC dans l'investissement productif s'élevait à 2,6 % en 1970 et à 7,6 % en 1993. On est très loin des 40 % avancés par *The Economist*. Deux explications peuvent justifier ces écarts : le choix de l'unité de mesure (nominale ou réelle) et la nature des équipements comptabilisés comme TIC.

Il semble donc utile de construire un consensus sur les mesures de diffusion avant d'analyser leurs effets économiques. Pour la France, différentes sources issues du système statistique public peuvent être mobilisées et comparées à certaines sources américaines. Il s'agit de sources sur les salariés, sur les entreprises et des données agrégées de la comptabilité nationale.

(1) Traduction de l'auteur.

Notons d'emblée que ce panorama comporte de sérieuses limites. Tout d'abord, *nous n'analysons que l'usage professionnel des TIC, autrement dit, l'investissement en TIC*. Un travail supplémentaire serait nécessaire pour dresser un bilan des sources sur l'usage domestique des TIC ¹. A notre connaissance elles sont lacunaires et dispersées. Par ailleurs, les secteurs de l'offre : constructeurs et société de services en ingénierie informatique (SSII) ont été écartés de l'analyse. Un panorama des études consacrées à la dynamique propre de ces secteurs serait utile ² si l'on souhaite analyser les phénomènes de compensation à l'œuvre en matière d'emploi. Enfin, la mesure de l'usage des TIC dans le domaine professionnel est, elle aussi, incomplète. Notamment, les logiciels ne sont pas mesurés, ainsi que les technologies de télécommunication. Pour les premiers, le ministère de l'Industrie construit, depuis le début des années quatre-vingt-dix, une statistique à partir de l'enquête annuelle d'entreprise (Ballet, 1994). Celle-ci ne couvre que l'industrie, et elle reste fragile pour les années sous revue. Le changement progressif de la nomenclature des activités (passage de la NAP à la NAF), qui concernera les comptes nationaux à partir de 1998, devrait permettre de mieux identifier les investissements en logiciels car la branche des SSII est clairement identifiée dans la NAF alors qu'elle était agrégée à d'autres branches dans la NAP. Les dépenses professionnelles en technologies des télécommunications ne font pas l'objet, à notre connaissance, d'une mesure particulière dans les sources publiques.

1.1 Différentes mesures et différents ordres de grandeur

a) Les taux d'équipement

Le taux d'équipement est un indicateur de base de la diffusion d'une

(1) Une exception cependant dans notre panorama : nous fournissons quelques chiffres sur le taux d'équipement des ménages en micro-ordinateurs.

(2) Nous pouvons citer pour mémoire l'étude du Laboratoire d'économie et de sociologie du travail (LEST) (Davis et alii, 1995) sur le secteur du logiciel qui fournit de nombreuses données chiffrées ainsi qu'une analyse comparative France/Japon.

- TIC, productivité et emploi : deux paradoxes -

technologie ayant un caractère de bien durable. Nous allons examiner tout d'abord le taux d'équipement professionnel en informatique ¹, puis nous nous intéresserons au taux d'équipement domestique.

Concernant l'équipement professionnel, on observe, sur la période 1987-1993 une diffusion forte de l'ordinateur au travail : le pourcentage de salariés utilisateurs en France passe de 26 % en 1987 à 39 % en 1993 (tableau 1 ²) selon l'étude de Aquain, Cézard, Gollac, Vinck (1994). *Ainsi, en 1993, près de 40 % des salariés utilisent un ordinateur au travail.* Ce chiffre paraît élevé lorsqu'on le compare à la place très faible des TIC dans le stock de capital productif, que nous allons examiner dans la section suivante. Mais il semble faible par rapport à la représentation que l'on peut avoir de la diffusion de l'informatique dans le domaine professionnel. Notons cependant qu'il n'est pas très éloigné des chiffres américains : 37 % de salariés utilisateurs en 1989, 46 % en 1993 (Katz et Krueger, 1997). *L'usage professionnel de l'informatique est donc plus fréquent aux États-Unis qu'en France, mais cette avance reste modeste.* Enfin, *l'informatisation de l'Etat a connu un rattrapage très net* : en 1993, le taux d'informatisation du secteur public dépasse celui des entreprises du privé.

(1) Les enquêtes sur les techniques et l'organisation du travail (TOTTO, 1987, 1993) et l'enquête "Conditions de travail" (1991), ainsi que le "Current Population Survey" américain contiennent les informations nécessaires au calcul de la part des salariés utilisateurs d'un ordinateur (micro-ordinateur ou terminal).

(2) Le tableau 1 donne aussi des taux d'équipement par secteur, issus d'un appariement des données des enquêtes sur les salariés avec des données d'entreprises (Greenan, Mairesse, 1994). Ces chiffres seront commentés plus loin dans la section consacrée à l'examen de profils sectoriels. On observe des différences entre les pourcentages totaux calculés sur données brutes, et les pourcentages totaux calculés sur données appariées, qui s'expliquent par des différences dans les secteurs examinés (secteur public, énergie, BGCA, transports-télécommunications ne sont pas pris en compte dans la dernière étude), et par une sur-représentation des grandes entreprises dans le fichier apparié.

Tableau 1 : Taux d'équipement en informatique

En %, données brutes enquêtes	1987	1991	1993
Tous secteurs, France	26	34	39
Etat et collectivité locales	25	34	41
Entreprise publiques	52	52	57
Entreprises privées	23	33	37

En %	1989	1993
Tous secteurs, Etats-Unis	37	46

En %, données appariées	1987	1991	1993
Industries agro-alimentaires	16	24	23
Biens intermédiaires	17	29	34
Biens d'équipement	27	39	42
Biens de consommation	16	25	34
Commerce	25	40	47
Services	27	48	49
Banques et assurances	69	84	89
Ensemble des secteurs	25	38	43

Source : enquêtes TOTTO 1987, 1993 et "Conditions de travail" 1991 pour la France, données brutes des enquêtes dans le tableau "tous secteurs, France" (Aquain, Cézard, Gollac et Vinck, 1994), données du "Current Population Survey pour les Etats-Unis" (Katz et Krueger, 1997), données appariées à des données d'entreprise dans le tableau par secteur (Greenan, Mairesse, 1996). Les technologies considérées dans ces statistiques sont les terminaux reliés à un ordinateur et les micro-ordinateurs (y compris les machines de traitement de texte)

La thèse d'un retard français en matière d'équipement informatique s'appuie d'avantage sur le chiffre de l'équipement des ménages que sur celui de l'équipement professionnel : 6,9 % des ménages disposaient d'un micro-ordinateur en 1987, 11 % en 1992 et 14,7 % en 1996 (tableau 2). Si le poids des ménages utilisateurs d'un ordinateur est encore faible, il a crû de

- TIC, productivité et emploi : deux paradoxes -

manière rapide sur la période. Pour les Etats-Unis et Royaume-Uni, certaines sources avançaient un taux d'équipement des ménages d'environ 25 % en 1987. Cet écart important mériterait d'être expertisé.

Tableau 2
Usage d'un micro-ordinateur et catégories socio-professionnelles :
utiliser un ordinateur sur le lieu de travail et chez soi

Salariés (en %)	1987	1991	1993
Cadres	38	52	63
Professions intermédiaires	26	37	45
Employés	17	26	33
Ouvriers qualifiés	4	6	8
Ouvriers non qualifiés	1	3	4
Ensemble	16	25	31

Etats-Unis, salariés (en %)	1989	1993
“Cols blancs”	39	48
“Cols bleus”	11	17

Ménages (en %)	1987	1995	1996
Agriculteurs exploitants	3,9	14,7	13,4
Artisans, commerçants	9,9	30,9	20,2
Cadres	22,8	39,6	40,0
Professions intermédiaires	14,9	27,5	24,9
Employés	6,4	12,3	15,5
Ouvriers	4,6	-	-
Ouvriers qualifiés	-	8,8	9,7
Ouvriers non qualifiés	-	3,5	5,6
Retraités	1,4	3,4	4,3
Autres inactifs	2,3	14,6	11,5
Ensemble	6,9	14,2	14,7
	1989	1992	
	8,2	11,0	

Source : pour les salariés, données brutes des enquêtes TOTTO 1987, 1993 et “Conditions de travail” 1991 (Aquain, Cézard, Gollac et Vinck, 1994), pour les ménages, données de l'enquête “Loisirs” pour 1987 (Arnal, Dumontier, Jouet, 1991), données d'enquête de conjoncture pour les chiffres d'ensemble

*en 1989 et 1992, données de l'enquête "Conditions de vie des ménages"
pour 1995 et 1996*

Le tableau 2 montre aussi que l'usage domestique de l'informatique, tout comme l'usage professionnel, suit la hiérarchie sociale. Il se diffuse comme un bien de luxe : en 1993, 63 % des cadres utilisent un ordinateur au travail contre 4 % des ouvriers non qualifiés ; en 1996, 40 % de ces mêmes cadres ont un ordinateur chez eux alors que ce chiffre s'élève à 5,6 % chez les ouvriers non qualifiés. La chute massive du prix des ordinateurs ne concoure pas à réduire les écarts entre catégories sociales : les catégories utilisatrices, au travail comme à domicile, disposent des moyens financiers, de l'environnement et du capital socioculturel qui leur permettent d'accéder à l'usage de l'outil informatique.

b) La structure du stock de capital

L'analyse du poids des TIC dans le stock de capital peut être réalisée à partir des données comptables des entreprises (données des bénéfices industriels et commerciaux - BIC)¹. Elle souligne que malgré leur large diffusion dans les entreprises, les TIC ne représentent qu'une faible part de leurs immobilisations.

Le tableau 3 présente ces chiffres pour deux échantillons d'entreprises en 1986 et 1992 (Bensaid, Greenan, Mairesse, 1996). Il s'agit de parts nominales médianes. Le stock de capital en TIC ainsi mesuré représentait

(1) Les données de déclarations fiscales sur les entreprises (données BIC) permettent de calculer le poids des TIC dans le stock de capital. Le stock de capital informatique est estimé à partir du poste "immobilisations en matériel de bureau et matériel informatique" du détail des immobilisations porté au bilan des entreprises. Ce poste comprend les ordinateurs ainsi que les périphériques, mais aussi le mobilier, les photocopieuses et autres équipements bureautiques. Il ne tient pas compte des logiciels, ni de l'incorporation de composants électroniques dans les équipements industriels ou commerciaux. Les technologies de fabrication avancées sont agrégées aux outils mécaniques dans le poste "installations techniques, matériel et outillage industriel et commercial" du bilan, qui regroupe l'ensemble des machines utilisées dans la sphère de production de l'entreprise.

- TIC, productivité et emploi : deux paradoxes -

4,6 % des immobilisations corporelles en 1986, 5,9 % en 1992. Ces chiffres sont plus élevés que ceux qui ressortent de l'étude d'Oliner et Sichel (1994), mais ils ne peuvent leur être comparés directement : d'un côté, on mesure une médiane calculée sur un échantillon d'entreprises où les plus grandes unités sont sur-représentées, de l'autre on a un ratio calculé sur données agrégées¹. Par ailleurs, ils restent faibles comparés à la part nominale des machines dans les immobilisations corporelles et qui s'élève à 34 % en 1986 comme en 1992.

Tableau 3
Part nominale des TI et des machines dans le stock de capital productif

Les données BIC sont hors secteurs de l'offre En %	Echantillon BIC			
	1986		1992	
	KI_K	KM_K	KI_K	KM_K
Agriculture	2,3	36,8	4,3	34,2
Industries agro-alimentaires	2,4	47,2	2,8	51,0
Biens intermédiaires	2,3	61,9	3,2	65,4
Biens d'équipement	4,7	50,0	6,5	53,0
Biens de consommation	4,9	48,8	6,2	49,8
Bâtiment - Génie civil agricole	5,9	41,3	8,4	39,9
Total industrie	3,6	52,2	4,6	54,2

(1) Le premier ratio nous indique que 50 % des entreprises de l'échantillon ont une part inférieure à 4,6 % en 1986, le second est calculé sur des données exhaustives et correspond à une part moyenne pondérée.

Tableau 3 (suite)

Commerce	6,5	17,3	8,2	17,5
Services marchands aux ménages	5,5	17,6	7,0	18,4
Services marchands aux entreprises	27,8	0	24,0	1,3
Banque et assurances	28,4	0	26,8	0
Transports et télécommunications	3,3	4,8	4,3	5,9
Total services	6,9	13,5	8,5	13,7
Total industrie et services	4,6	34,0	5,9	34,2
En %	1985		1993	
Tous secteurs, Etats-Unis	1,8		2,0	

Source : données de l'échantillon BIC du système unifié de statistiques d'entreprise (SUSE) 1986 et 1992, panel non cylindré (Bensaid, Greenan et Mairesse), 1994. Pour les Etats-Unis, Oliner et Sichel (1994)

KI_K (KM_K) : part nominale médiane de l'informatique (des machines) dans le stock de capital. Pour les Etats-Unis, part nominale calculée sur données sectorielles agrégées

Ces résultats statistiques peuvent alimenter l'argument selon lequel, l'effet sur la croissance des TIC reste introuvable du fait de la petitesse du stock de capital considéré. Deux arguments peuvent néanmoins mettre en cause ce raisonnement. Le premier est issu de la statistique précédente : 5 % du stock de capital équipe 40 % de la main-d'œuvre, ce qui transforme forcément les manières de travailler et de produire de la valeur. Le second est issu d'une métaphore : le cerveau représente une petite part de la masse du corps humain, mais cette part est fondamentale pour comprendre le comportement

- TIC, productivité et emploi : deux paradoxes -

humain. Or, sous certains angles, l'ordinateur peut être comparé au cerveau : il participe à la prise de décision et à la gestion de l'information dans l'entreprise. Dans ce cas, son poids dans le stock de capital est une mauvaise mesure de sa capacité à influencer la performance.

Les données comptables (BIC) apportent une autre information intéressante : la quasi totalité des entreprises de l'échantillon immobilisaient du matériel informatique, en 1986 comme en 1992. Ce résultat recoupe celui obtenu à partir d'enquêtes réalisées auprès des salariés (en l'occurrence l'enquête TOTTO, 1993) où on leur demandait si l'informatique était utilisée dans l'entreprise. Il en ressortait qu'en 1986, la quasi totalité des entreprises avait au moins investi dans un ordinateur. *La première vague de diffusion massive de l'informatique a donc eu lieu avant cette date.* Depuis, l'usage de l'informatique s'est encore intensifié.

c) La structure des investissements

Si l'on s'intéresse à la part des investissements en TIC ¹ dans l'investissement productif à partir des données agrégées de la Comptabilité nationale française, des écarts importants apparaissent avec les résultats produits par les études basées sur les données comptables des entreprises (données BIC).

Les parts nominales de l'investissement en TIC dans l'investissement productif sont présentées dans le tableau 4 (Bensaid, Greenan et Mairesse, 1996). Sur l'échantillon BIC, on observe que la part nominale médiane des TIC dans l'investissement est supérieure à celle observée dans le stock de capital (6,4 % contre 4,6 % en 1986, 6,8 % contre 5,9 % en 1992) ce qui témoigne de la *poursuite de la diffusion de ces technologies*. Ces mesures sont proches de celles d'Oliner et Sichel (1994) sur données agrégées américaines (6,4 % en 1985 et 7,6 % en 1993), mais elles sont inférieures à celles que l'on calcule sur

(1) Les investissements informatiques sont mesurés comme les investissements en produits de la branche "machines de bureau et matériel de traitement de l'information" (27 en NAP 100). Quant aux investissements en machines, ils correspondent aux investissements en produits d'un ensemble de branches appartenant pour la plupart aux biens d'équipement (22 à 25, 29A et 34 en NAP 100).

- TIC, productivité et emploi : deux paradoxes -

données agrégées de la Comptabilité nationale française : 8,5 % en 1986 et 7,1 % en 1992.

- TIC, productivité et emploi : deux paradoxes -

Tableau 4
Part nominale des TI et des machines dans l'investissement productif

Les données BIC sont hors secteurs de l'offre, mais pas les données de Comptabilité nationale. En %	Echantillon BIC				Comptabilité Nationale			
	1986		1992		1986		1992	
	II_I	IM_I	II_I	IM_I	II_I	IM_I	II_I	IM_I
Agriculture	11,8	48,7	12,5	32,7	0	58,9	0	51,3
Industries agro-alimentaires	3,2	52,8	2,9	50,6	0,8	60,0	0,4	51,9
Biens intermédiaires	3,5	65,0	4,1	64,5	1,3	56,8	2,2	66,0
Biens d'équipement	7,5	52,9	7,9	54,3	8,9	50,7	3,1	48,7
Biens de consommation	6,8	51,5	7,1	48,7	3,1	63,1	1,3	57,0
Bâtiment - Génie civil agricole	5,8	34,0	7,6	38,8	3,2	38,7	1,5	38,1
Total industrie	5,1	53,7	5,3	53,1	3,5	57,5	1,4	53,3
Commerce	9,4	15,4	10,1	13,8	4,1	20,5	1,8	19,7
Services marchands aux ménages	4,7	17,2	5,3	20,7	1,7	51,1	0,7	38,2
Services marchands aux entreprises	31,6	0,1	28,8	0,1	39,9	24,9	26,3	33,6
Banque et assurances	41,5	0	40,0	0	20,2	3,2	33,0	5,3
Transports et télécommunications	5,1	4,8	5,4	4,2	0,6	21,7	0,2	25,4
Total services	9,3	10,3	9,7	10,8	14,0	24,2	12,5	27,9
Total industrie et services	6,4	33,0	6,8	30,5	8,5	41,6	7,1	40,2

En %
Tous secteurs, Etats-Unis

1985
6,4

1993
7,6

Source : données de l'échantillon BIC du SUSE, 1986 et 1992, panel non cylindré et données de la Comptabilité nationale (Bensaid, Greenan et Mairesse), 1996. Pour les Etats-Unis, Oliner et Sichel (1994)

II_I (IM_I) : part nominale médiane de l'informatique (des machines) dans le stock de capital pour les données BIC, part nominale calculée sur données sectorielles agrégées pour la Comptabilité nationale et les Etats-Unis

La comparaison des données individuelles (BIC) et de celles de la Comptabilité nationale montre des écarts assez importants, qui varient selon les secteurs : comparées aux médianes BIC, les parts calculées sur données

agrégées sont sensiblement plus faibles à l'exception de deux secteurs en 1986¹. Cet écart négatif tient à des différences entre les modalités de calcul des deux sources, ainsi qu'à une différence dans ce qui est mesuré : du côté des BIC, on a des ordinateurs, mais aussi du mobilier, de l'autre, on ne mesure que les ordinateurs.

Lorsqu'on raisonne sur le total industrie et services, les ratios Comptabilité nationale sont supérieurs aux médianes BIC. Cet effet vient essentiellement des secteurs des services où les secteurs banque-assurances et des services marchands aux entreprises affectent le ratio calculé sur données agrégées plus fortement qu'ils n'affectent les médianes calculées sur données individuelles.

Enfin, les chiffres obtenus sur données de la Comptabilité nationale semblent beaucoup plus sensibles au cycle conjoncturel que les médianes calculées sur l'échantillon BIC : le ratio médian des BIC croît dans la plupart des secteurs entre 1986 et 1992, alors qu'il décroît fortement dans la plupart des secteurs sur les données agrégées de la Comptabilité nationale. Ici encore, le choix de la médiane (plutôt que la moyenne) sur l'échantillon BIC n'est pas neutre.

Ces différents éléments soulignent la sensibilité des évaluations aux méthodes de mesure choisies qui peuvent affecter sensiblement la pertinence des comparaisons inter-sectorielles et internationales. Ils indiquent, a fortiori, les limites des exercices de mesure d'impact des TIC sur la croissance, la productivité, l'emploi. Les dégager permet non seulement d'inciter les systèmes statistiques à affiner leurs méthodes de mesure mais aussi d'inviter les observateurs à la prudence dans leurs commentaires.

(1) Il s'agit des biens d'équipement et des services marchands aux entreprises. Ces exceptions s'expliquent par le fait que les constructeurs informatiques ainsi que les SSII ont été retirés de l'échantillon BIC alors qu'ils contribuent au calcul sur données agrégées.

- TIC, productivité et emploi : deux paradoxes -

d) Le poids des personnels spécialisés

L'enquête sur la structure des emplois (ESE) fournit un autre type de mesure (tableau 5) puisqu'elle permet d'évaluer le poids des personnels spécialisés en informatique et en électronique au sein des entreprises (Bensaid, Greenan et Mairesse, 1996) ¹.

Tableau 5
Le recours à du personnel qualifié en informatique et en électronique

Les données sont hors secteurs de l'offre. En %	1986				1992			
	LI>0	LE>0	LI_L	LE_L	LI>0	LE>0	LI_L	LE_L
Agriculture	32,4	37,8	1,3	2,4	53,3	43,3	1,9	1,5
Industries agro-alimentaires	46,4	61,5	1,2	2,2	50,1	65,6	1,3	2,6
Biens intermédiaires	50,1	71,1	0,9	2,5	55,6	72,6	1,1	2,9
Biens d'équipement	61,3	77,1	1,0	2,8	70,2	79,8	1,2	2,9
Biens de consommation	46,9	50,3	1,3	1,3	53,7	51,6	1,4	1,4
Bâtiment - Génie civil agricole	30,2	43,9	0,5	1,4	32,1	41,9	0,6	1,4
Total industrie	49,3	61,6	1,0	2,1	54,3	63,5	1,2	2,4
Commerce	44,0	26,6	2,3	1,9	48,2	27,8	2,4	2,1
Services marchands aux ménages	19,6	44,5	1,0	2,7	23,1	47,2	1,1	2,6
Services marchands aux entreprises	52,3	34,1	2,7	3,2	58,3	21,7	3,3	3,3
Banque et assurances	76,4	15,6	4,8	0,4	80,0	19,0	6,4	0,4
Transports et télécommunications	39,4	29,3	1,6	1,8	41,5	31,2	1,5	1,4
Total services	42,4	29,9	2,3	2,1	46,3	32,1	2,6	2,2
Total industrie et services	46,1	46,8	1,4	2,1	50,5	48,8	1,6	2,3

Source : données de l'enquête sur la structure des emplois 1986 et 1992, panel non cylindré (Bensaid, Greenan et Mairesse, 1996)

LI>0 (LE>0) : part des entreprises employant au moins un informaticien (électronicien)

(1) Ces indicateurs offrent un point de vue particulier puisqu'ils ne correspondent pas à un taux d'équipement ou à une mesure de l'intensité de l'usage des TIC, mais à une mesure de la diffusion et du poids des services informatiques et/ou des services dédiés à la gestion du parc de machines automatisées, que l'on pense corrélée aux variables précédentes.

LI_L(LE_L) : part médiane des informaticiens (électroniciens) dans les entreprises qui emploient au moins un informaticien (électronicien). Ces indicateurs sont calculés, pour les seules entreprises ayant recours à du personnel qualifié en informatique et en électronique

On observe que 46,1 % des entreprises disposaient d'au moins un informaticien en 1986 et 46,8 % d'au moins un électronicien. Ces proportions sont plus fortes en 1992, en particulier pour les informaticiens : 50,5 % pour ceux-ci, 48,8 % pour les électroniciens. Ainsi, si quasiment toutes les entreprises utilisent l'informatique en 1992, environ la moitié d'entre elles seulement emploient du personnel spécialisé dans la gestion du parc d'ordinateurs et de machines. *Ces personnels représentent une part très faible de la main-d'œuvre des entreprises où ils sont présents, mais elle croît dans le temps, même dans les secteurs où l'emploi stagne : 1,4 % en 1986 et 1,6 % en 1992 pour les informaticiens, 2,1 % en 1986 et 2,3 % en 1992 pour les électroniciens.*

1.2 Profils sectoriels : industrie et services, des informatisations différentes

Du point de vue des profils sectoriels de diffusion, on observe des différences très nettes entre les secteurs des services et les secteurs de l'industrie : d'une part, *les services sont plus fortement utilisateurs que l'industrie*, d'autre part, *l'intensité de l'usage est plus homogène au sein de l'industrie qu'au sein des services*. Examinons ce que nous indiquent les données pour 1992.

Le secteur de la banque et des assurances est clairement le secteur leader dans l'usage des TIC. La quasi totalité des personnels de ce secteur utilise l'informatique en 1993 (89 %). Ceci était déjà visible en 1987 dans les banques où la diffusion massive de l'informatique date du début des années quatre-vingt : l'information est au cœur des métiers de la banque ce qui implique que l'informatisation touche toutes les catégories de personnel et que le niveau moyen de qualification des usagers y est plus faible qu'ailleurs (Gollac, 1989). La part nominale médiane des TIC s'élève à 27 % des immobilisations corporelles, à 40 % des investissements. Enfin, 80 % des entreprises de ce secteur disposent d'au moins un informaticien, si ce n'est

- TIC, productivité et emploi : deux paradoxes -

d'un service informatique puisque la part médiane de ces personnels dans les effectifs totaux s'élève à 6,4 %. Les entreprises de ce secteur, en revanche, n'utilisent que très peu de machines autres que les ordinateurs : la part médiane des machines dans les immobilisations et les investissements est nulle et la présence d'électroniciens est beaucoup plus rare que dans tous les autres secteurs puisque 19 % des entreprises seulement sont concernées.

Le secteur des services marchands aux entreprises (hors SSII) ressemble beaucoup, dans son usage des TIC, au secteur banque-assurances, mais avec une intensité plus faible. Les TIC représentent, 24 % des immobilisations corporelles et 29 % de l'investissement (parts médianes). De plus 58 % des entreprises du secteur font appel à des informaticiens dont la part médiane s'élève à 3,3 %. Les entreprises de ce secteur comparées aux banques et compagnies d'assurance utilisent plus de machines autres que les ordinateurs et font plus souvent appel à des électroniciens.

Les secteurs du commerce et des services marchands aux ménages ont une utilisation de l'informatique plus limitée que les deux secteurs précédents. La structure du capital en termes de TIC et de machines y est semblable : part médiane de 7-8 % pour les TIC, 17-18 % pour les machines. L'investissement des entreprises du commerce est cependant plus fortement orienté vers l'informatique (part médiane de 10 % contre 5 % pour les services marchands aux ménages) tandis que celui des entreprises des services marchands aux ménages est plus fortement orienté vers les machines¹ (21 % contre 14 % pour le commerce). Cette différence se retrouve lorsque l'on examine les données de la Comptabilité nationale, ainsi que le recours relatif aux informaticiens et aux électroniciens : dans le commerce, 48 % des entreprises ont au moins un informaticien et 29 % au moins un électronicien tandis que dans les services marchands aux ménages, le rapport s'inverse (23 % et 47 %).

Le secteur des transports et télécommunications, comparé aux autres

(1) Les secteurs de la réparation automobile, et des hôtels, cafés et restaurants, sont ici inclus dans les "services marchands aux ménages".

secteurs, utilise à la fois peu d'informatique et peu de machines. Du point de vue des TIC, il est proche des services marchands aux ménages, même si les entreprises des transports-télécommunications font plus souvent appel aux informaticiens. Du point de vue des machines, il est un peu au-dessus du secteur des banques et des assurances tout en faisant plus souvent appel à des électroniciens que le secteur du commerce.

Les secteurs de l'industrie utilisent moins les ordinateurs que les secteurs des services, mais ils utilisent plus de machines qui, lorsqu'elles sont automatisées, incorporent des TIC. Du point de vue des taux d'équipement, c'est le secteur des biens d'équipement (hors constructeurs informatiques) qui semble le plus avancé : 42 % des salariés utilisent l'informatique en 1993 contre 34 % pour les biens intermédiaires et de consommation et 23 % pour les industries agro-alimentaires. Si l'on examine la place des TIC dans les immobilisations, c'est, curieusement, le secteur du bâtiment qui vient en tête (part médiane de 8 %), suivi par les biens d'équipement et les biens de consommation (6 % environ), puis par les biens intermédiaires et les industries agro-alimentaires (3 % environ). Cette hiérarchie se conserve approximativement pour la part des TIC dans les investissements. Les entreprises industrielles font cependant autant appel, sinon plus, à des informaticiens que les entreprises des services : les biens d'équipement arrivent en tête pour la présence de ces personnels avec 70 % des entreprises concernées, tandis que cette statistique s'élève à 50 % environ dans les autres secteurs (à l'exception du secteur du bâtiment - 32 %).

La place des TIC dans les équipements productifs est cependant faible si on la compare à la place des machines : la part médiane des machines dans les immobilisations varie de 40 % pour le bâtiment à 65 % pour les biens intermédiaires. Si l'on examine les données sur les électroniciens, c'est dans le secteur des biens d'équipement que les machines semblent le plus souvent automatisées : 80 % des entreprises de ce secteur font appel à des électroniciens (56 % pour les biens intermédiaires) qui représentent 3 % environ de la main-d'œuvre (part médiane).

- TIC, productivité et emploi : deux paradoxes -

Au total, l'informatique s'est assez largement diffusée au cours des années quatre-vingt et quatre-vingt-dix, mais elle ne s'est pas diffusée autant que ce que suggère le sens commun : son potentiel de diffusion n'est pas épuisé. Il y a aussi des spécificités sectorielles fortes dans les modalités de la diffusion. Le support de diffusion des TIC varie d'un secteur à l'autre : dans l'industrie, le commerce et les services marchands aux ménages, les TIC s'incorporent d'abord aux machines ouvrant la porte à la programmation et à la mémorisation des informations, dans les services marchands aux entreprises et dans les banques et assurances, les ordinateurs se diffusent en transformant le travail de bureau.

Enfin, les technologies adoptées changent dans le temps. C'est une des dimensions importantes de la diffusion des TIC que la statistique ne mesure pas. Trois générations informatiques peuvent être distinguées (Caby, Greenan, Gueissaz, Rallet, 1997) : l'informatique centralisée, l'informatique répartie et la mise en réseau. Le passage de la première informatique à la seconde, qui a eu lieu au cours des années quatre-vingt, s'est matérialisée par l'arrivée des ordinateurs sur les bureaux, alors qu'ils étaient auparavant aux mains de spécialistes, confinés dans des locaux dédiés. Nous vivons aujourd'hui la transition qu'implique la mise en réseau. Elle consiste à mettre en place des interfaces informatiques entre les différents pôles équipés de l'entreprise afin d'optimiser la gestion et la circulation des informations. L'informatique ne concerne plus seulement des tâches spécifiques et des savoirs locaux, elle devient un support de coordination en s'associant aux outils de télécommunication. Ainsi, on ne fait plus la même chose aujourd'hui qu'hier avec l'informatique, et on le fait au sein d'organisations qui, elles-mêmes ont évolué. Ces différences "qualitatives" ne sont pas mesurées dans les statistiques actuellement disponibles sur les entreprises ¹.

(1) Un nouveau dispositif d'enquêtes, intitulé "Changements organisationnels et informatisation" (COI), en phase de collecte en 1997/1998, vise à fournir des mesures plus qualitatives des processus d'informatisation ainsi que des aspects organisationnels associés. Il résulte d'une collaboration entre la DARES, le SESSI, le SCEES, l'INSEE et le CEE.

2. Le problème du partage “effets volume”/“effets prix”

L'évolution des prix des nouveaux produits associés aux TIC est difficile à évaluer. Or la mesure de ces évolutions est cruciale pour mesurer la diffusion des TIC ainsi que ses effets économiques, en termes de productivité et de bien-être.

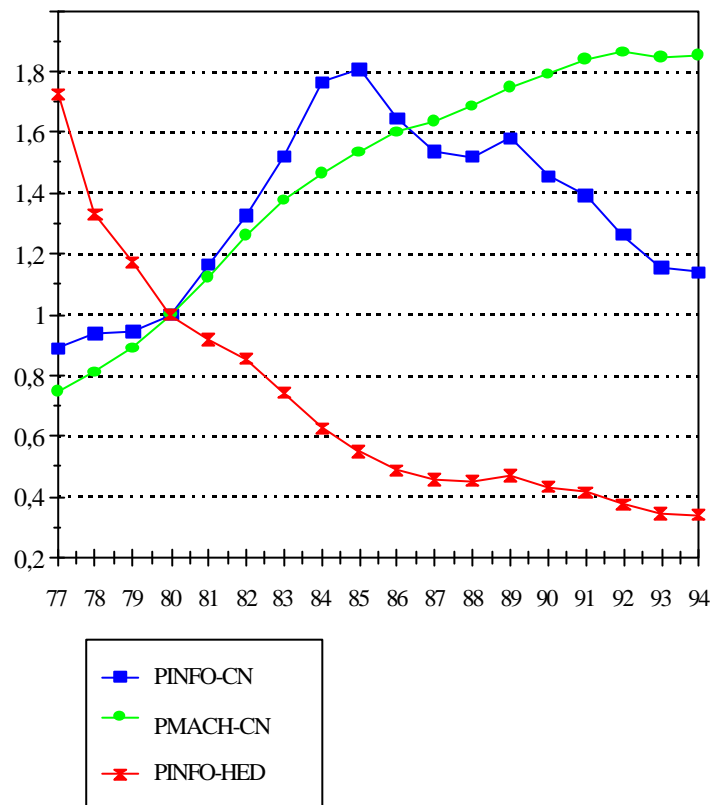
2.1 Prix des inputs : une chute massive pour qui ?

Jusqu'à présent les évaluations présentées de la place des TIC dans les immobilisations et les investissements reposent sur des mesures nominales. Or, *à qualité constante, les prix des équipements informatiques ont fortement chuté dans le temps* ainsi que le montre le graphique 1. Ce dernier compare l'évolution dans le temps de trois indices de prix :

- le prix des machines, issu de la Comptabilité nationale qui croît sur l'ensemble de la période (PMACH-CN) ;
- le prix des matériels informatiques, mesuré selon une méthode hédonique¹ qui intègre les effets dus à l'amélioration des performances des matériels, qui décroît à un rythme de 10 % par an environ (PINFO-HED) ;
- le prix des matériels informatiques, issu de la Comptabilité nationale, qui croît jusqu'en 1985, puis décroît les années suivantes (PINFO-CN). La rupture observée sur cette dernière série vient probablement de l'introduction d'une série de prix hédonique, en remplacement de l'ancienne à partir de 1985.

(1) Une méthode hédonique est une méthode reposant sur l'estimation d'une fonction reliant le prix de variétés de produits ou de services hétérogènes à des caractéristiques mesurables (par exemple pour un ordinateur, capacité de mémoire, vitesse CPU, nombre d'applications, etc.). Cette méthode permet la comparaison d'une grande variété de modèles sur la base d'un ensemble défini de caractéristiques.

Graphique 1
Prix de l'investissement (1=1980)



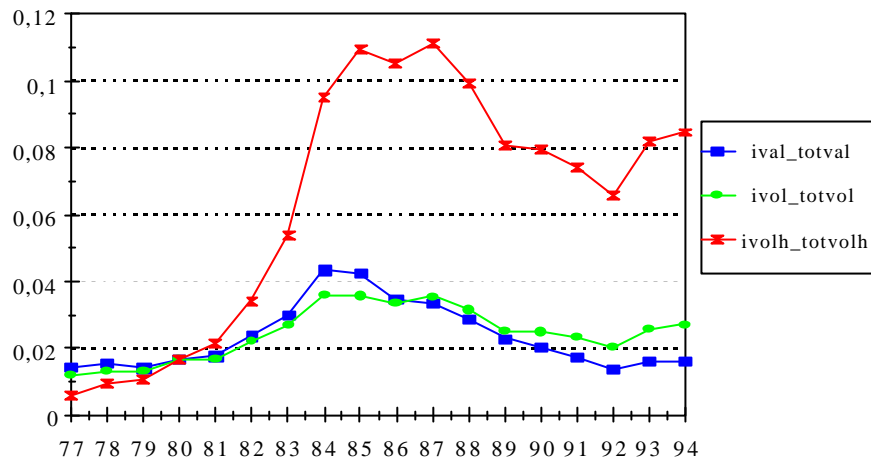
Source : données de la Comptabilité nationale (Bensaid, Greenan et Mairesse, 1996)

La mesure du volume de la diffusion des TIC va donc être très sensible à la méthode utilisée pour évaluer les prix comme le montrent les graphiques 2 et 3, où sont reportées la part des TIC dans les investissements en valeur (ival_totval), et la part des TIC dans les investissements en volume calculée en utilisant l'indice de prix de la Comptabilité nationale (ivol_totvol) et l'indice de prix hédonique (ivolh_totvolh).

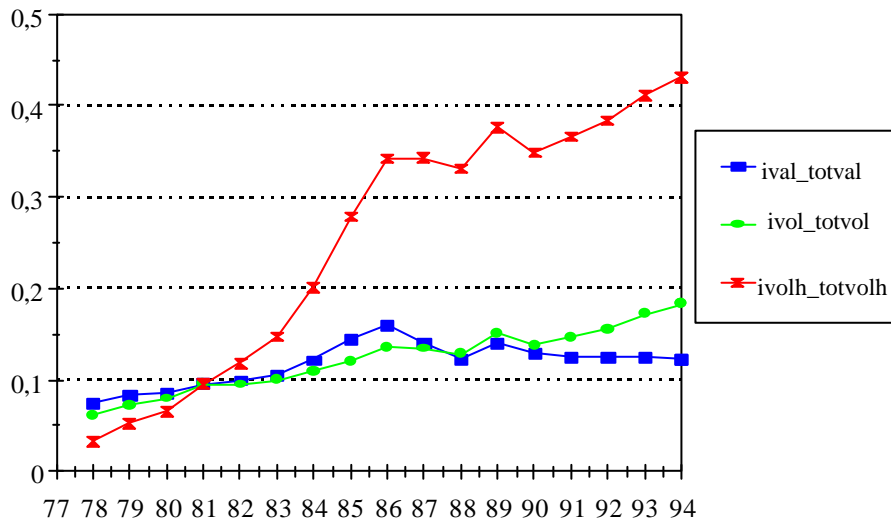
Graphique 2

- TIC, productivité et emploi : deux paradoxes -

Part des investissements Industrie



Graphique 3 Part des investissements Services



Source : données de la Comptabilité nationale (Bensaid, Greenan et Mairesse, 1996)

Il en est de même des mesures de productivité : *si l'on ne tient pas compte de l'accroissement de la qualité des TIC, on sous-estime le poids des TIC dans les inputs, et on surestime la productivité associée à ces technologies.* Cependant, la baisse du prix des investissements informatiques, lorsque l'on raisonne à qualité constante, vient de la concurrence à l'œuvre entre les fabricants et bénéficie aux entreprises intégrant ces technologies dans leur process. *Si la qualité croissante des ordinateurs est associée à une véritable contrepartie en termes de productivité, la chute massive du prix des équipements est source de surplus pour les entreprises utilisatrices, et éventuellement de pertes ou de destruction de ressources pour les entreprises fabricantes, selon l'intensité de la concurrence sur ces nouveaux marchés.*

2.2 Prix des outputs : une possible surestimation de l'inflation génératrice de surplus pour le consommateur ?

La baisse du prix des TIC peut aussi être source de surplus pour le consommateur qui acquiert ces technologies. Outre le surplus associé à la consommation directe des ordinateurs, le consommateur peut aussi bénéficier d'un surplus au travers de l'acquisition de biens ou de services dont la production implique des TIC, pour autant que les entreprises productrices de ces biens transforment une partie du surplus issu de leur usage des TIC en baisse des prix.

Le fait que le consommateur bénéficie de la baisse des prix des ordinateurs fait partie de l'expérience quotidienne : l'ordinateur acheté aujourd'hui est moins cher et plus puissant que l'ordinateur vendu hier. Mais l'on peut aussi prendre l'exemple des distributeurs automatiques de banque ou des systèmes informatisés de réservation aérienne. Dans le premier cas, le consommateur bénéficie, pour le même prix, d'un service supplémentaire (la possibilité de retirer des espèces 24 heures sur 24), dans le second, il bénéficie, pour un même prix d'un choix bien plus grand de destinations. Dans ces exemples, *si le statisticien ne parvient pas à mesurer le changement de qualité intervenu, il ne pourra évaluer, ni les gains de productivité, ni le surplus*

- TIC, productivité et emploi : deux paradoxes -

du consommateur. Dans les exemples cités, on enregistre un prix inchangé pour un bien dont le “véritable” prix (qui maintient constante l'utilité du consommateur) a baissé, et par conséquent, on sous-estime les volumes.

Selon Griliches (1994), trois quarts de l'output de l'industrie informatique rentre dans le processus de production de secteurs dont la production réelle est difficile à mesurer lorsqu'il y a des changements de qualité comme le commerce, les banques et assurances, les services marchands et non marchands. Sichel (1997) évalue, en réponse à cette affirmation de Griliches, que cette sous-estimation potentielle de la croissance de l'output réel représente 0,1 à 0,2 point du ralentissement de la croissance évaluée par Denison à 1,5 point par an en moyenne depuis 1970. Mais les deux auteurs sont, ici encore, en désaccord sur l'ampleur de l'erreur ainsi mesurée. Pour Sichel, l'argument de l'erreur de mesure est quantitativement insuffisant pour expliquer le ralentissement de la croissance, pour Griliches, cette erreur est loin d'être négligeable.

Ces réflexions ont nourri le débat aux Etats-Unis avec la publication, par une commission du Sénat américain d'un rapport affirmant que l'indice des prix à la consommation (IPC) surestimait l'inflation de 1,1 % par an (Boskin et alii, 1996 ; Petit et Soete, 1997). 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. Ce rapport a fait beaucoup de bruit, car l'indice des prix à la consommation américain est directement utilisé pour indexer les prestations sociales et les tranches de l'impôt sur le revenu. La commission a ainsi estimé que cette erreur pouvait conduire à un renchérissement de la dette publique d'environ 1000 milliards de dollars en 2008.

Néanmoins, si tel est le cas, il est difficile de prévoir dans quel sens jouent les biais de mesure lorsque l'on cherche à cerner les effets des TIC sur la productivité : ce sont à la fois les inputs et les outputs qui sont sous-estimés au travers d'une sur-estimation du prix des TIC et du prix des biens et services qui les incorporent. De plus, ces estimations restent polémiques et

sont, pour certaines, et notamment celles concernant la qualité, très fragiles. Enfin, il semble qu'en France, les méthodes suivies pour construire l'indice des prix à la consommation (IPC) sont plus fiables qu'aux Etats-Unis ¹ : si l'IPC surestime l'inflation, c'est dans une moindre mesure (Lequiller, 1997).

2.3 Gains de productivité, réseaux, et investissement immatériel

La question du partage des effets-prix et des effets-volume, associée à la question de l'identité des bénéficiaires des gains de productivité générés par les TIC est centrale pour la compréhension du paradoxe de la productivité. Ces gains de productivité transitent par les réseaux d'entreprises et de secteurs, jusqu'au consommateur final, en fonction de la structure des marchés, du degré de la concurrence, et du degré de protection des innovations de produit, comme de procédé.

Ceci peut venir expliquer l'hétérogénéité des effets économiques des TIC. Cette hétérogénéité peut être lue en termes d'inégalités entre les entreprises, aussi bien qu'entre les individus qui sont à la fois salariés, consommateurs, détenteurs de capital. Ces inégalités sont cependant difficiles à identifier et à mesurer, car les "gagnants" et les "perdants" sont des catégories émergentes, transversales aux cadres traditionnels d'analyse des conflits de répartition. Elles le sont d'autant plus que la diffusion des TIC se fait à une période de mondialisation des échanges, et donc de refonte des structures de marché et des rapports de concurrence.

La question de savoir qui s'approprie le surplus doit être reliée à la place de la composante immatérielle ou intangible de l'investissement dans les TIC. Celle-ci occupe une place croissante dans l'investissement, du fait de la baisse des prix des matériels, du développement de la consommation de logiciels et de la nécessité de la formation face à des outils peu stabilisés. Cette composante immatérielle n'est presque jamais mesurée, ce qui peut conduire à surestimer

(1) Une part des recommandations du rapport Boskin est déjà mise en œuvre par l'INSEE.

- TIC, productivité et emploi : deux paradoxes -

l'effet des TIC sur la productivité. De plus, elle est avant tout un investissement dans des savoirs spécifiques incorporés aux hommes, qui est plus problématique qu'un investissement dans les machines, dès lors que l'on cherche à en tenir compte dans un cadre économique standard : il est plus difficile d'identifier à qui revient le rendement associé à cet investissement ; il n'existe pas de méthode claire pour le valoriser ; on ne sait pas si l'entreprise considère qu'elle accroît son patrimoine.

On retrouve, autour de ces questions, le problème de l'appropriation du surplus associé aux TIC dans le circuit économique. Ce surplus revient-il aux entreprises utilisatrices ? Aux salariés incorporant les savoirs spécifiques ? Aux consommateurs ? Ou encore à certaines catégories d'entreprises, de salariés et de consommateurs qui occupent des positions dominantes dans les réseaux qui se construisent grâce à ces nouvelles techniques ?

Partie II

TIC ET PRODUCTIVITE : UN PREMIER PARADOXE

La réflexion sur la mesure de la diffusion des TIC a identifié des sources possibles de sous-estimation, comme de surestimation de l'effet de l'informatisation sur la productivité. Considérées dans leur ensemble, les nombreuses études empiriques sur ce thème, débouchent sur des résultats ambigus. C'est ce qu'il est courant d'appeler aujourd'hui le "paradoxe de la productivité".

Nous allons nous focaliser sur les résultats des études empiriques qui ont été conduites en France et qui ont la particularité d'avoir été réalisées sur données individuelles d'entreprise plutôt que sur données macro-économiques ou sectorielles. Elles témoignent d'un impact positif des différentes mesures du poids des TIC sur la productivité du travail.

Ce résultat n'apparaît toutefois qu'en coupe, lorsque l'on compare des entreprises entre elles à une même date. Il est d'autre part fortement atténué lorsque l'on contrôle l'intensité capitalistique et la qualité de la main-d'œuvre. Il ne doit pas non plus être transposé, tel quel, au niveau macro-économique : s'il semble que les entreprises plus fortement avancées dans leur usage des TIC bénéficient d'un surplus de compétitivité, il est possible que cet usage soit insuffisant pour influencer la productivité mesurée sur données agrégées, ou qu'ils correspondent à un jeu à somme nulle, au travers d'effets indirects sur les entreprises faiblement informatisées.

- TIC, productivité et emploi : deux paradoxes -

1. Le cadre de la comptabilité des sources de la croissance

Les études empiriques qui s'intéressent aux effets des TIC sur la productivité sont, pour la plupart, issues du cadre comptable traditionnel d'analyse des sources de la croissance. Les approches poursuivies sont cependant renouvelées sous deux points de vue. D'une part des mesures directes de la diffusion des TIC sont utilisées, alors que dans les analyses traditionnelles, la part de progrès technique incorporée aux facteurs n'était pas directement mesurée. D'autre part, une partie de ces études sont réalisées sur données individuelles d'entreprise, ce qui témoigne du développement des méthodes économétriques sur données de panel... et de l'accroissement de la puissance de calcul des ordinateurs.

1.1 Résultats d'études françaises sur données individuelles d'entreprises

Deux études françaises sur données individuelles d'entreprises testent l'effet de différentes mesures des TIC sur la productivité au moyen de l'estimation de fonctions de production traditionnelles de type Cobb-Douglas.

a) Taux d'équipement informatique et productivité

La première étude utilise les informations d'enquêtes auprès des salariés sur l'utilisation d'un ordinateur ou d'un terminal (Greenan, Mairesse, 1996)¹. A partir de la réponse du ou des salariés interrogés dans

(1) Il s'agit des informations disponibles dans les enquêtes TOTTO (1987, 1993) et "Conditions de travail" (1991) et présentées dans la partie I. Ces enquêtes peuvent être appariées aux données d'entreprises nécessaires au calcul de la fonction de production puisque le salarié interrogé fournit l'adresse et la raison sociale de l'entreprise pour laquelle il travaille. Ces informations permettent de retrouver l'identifiant de l'entreprise (le numéro SIREN), qui sert de clef d'appariement.

l'entreprise, on peut estimer un taux d'équipement informatique et corréler cette mesure à des indicateurs de performance, de manière à vérifier si les entreprises plus intensément utilisatrices d'informatique sont différentes au regard de la productivité du travail ou d'une mesure de la productivité totale des facteurs¹.

Le tableau 6 présente les corrélations entre le taux d'équipement estimé², la productivité du travail (VA/L), la productivité totale des facteurs calculée en contrôlant l'intensité capitalistique de l'entreprise (TFP), et en contrôlant à la fois l'intensité capitalistique et la qualité de la main-d'œuvre mesurée par le salaire moyen.

(1) Pour 75 % des entreprises de l'échantillon apparié (entreprise de plus de 20 salariés), un seul salarié est interrogé ce qui rend l'indicateur calculé au niveau de l'entreprise très imprécis puisque le taux d'équipement estimé vaut 0 % quand le salarié interrogé n'est pas utilisateur, 100 % dans le cas inverse. Ceci ne constitue pas un obstacle à l'analyse économétrique puisque la fonction de production testée correspond à un modèle classique à erreur dans les variables (l'imprécision du taux d'équipement estimé est due à une sélection aléatoire des salariés dans l'entreprise), dont l'analyse permet de calculer l'ampleur du biais qui affecte les coefficients estimés. Ces biais sous-estiment la vraie valeur des coefficients.

(2) Les estimations sont réalisées en utilisant les réponses d'un seul salarié dans l'entreprise (Référence, Count = 1), en distinguant, sur cette même population l'usage des micro-ordinateurs (PC) et l'usage des terminaux (terminal), et en travaillant sur les sous-échantillons d'entreprises où au moins deux et au moins trois salariés ont été interrogés (Count $\mathfrak{S}2$ et Count $\mathfrak{S}3$). On peut saisir la manière dont l'erreur d'échantillonnage affecte le coefficient estimé en comparant les estimations faites avec un seul salarié (Count $\mathfrak{S}2$, NS = 1 et Count $\mathfrak{S}3$, NS = 1) aux estimations faites en utilisant toute l'information disponible (Count $\mathfrak{S}2$, NS = 2 et Count $\mathfrak{S}3$, NS = 3).

Tableau 6
Usage des ordinateurs et productivité

	VA/L			TFP			TFPA		
	1987	1991	1993	1987	1991	1993	1987	1991	1993
Reference, Count = 1 (N = 2 815, 2 612, 2 533)	0.18 (0,02)	0.20 (0,02)	0.24 (0,02)	0.11 (0,02)	0.11 (0,02)	0.14 (0,02)	- 0.01 (0,01)	0.01 (0,01)	0.02 (0,01)
PC, Count = 1 (N = Ref.)	0.16 (0,03)	0.19 (0,02)	0.22 (0,02)	0.12 (0,03)	0.11 (0,02)	0.15 (0,02)	- 0.02 (0,02)	0.01 (0,01)	0.01 (0,01)
Terminal, Count = 1 (N = Ref.)	0.29 (0,03)	0.17 (0,02)	0.19 (0,02)	0.11 (0,02)	0.07 (0,02)	0.10 (0,02)	- 0.02 (0,02)	- 0.01 (0,01)	0.01 (0,01)
Count ≥ 2, NS = 1 (N = 706, 554, 565)	0.20 (0,05)	0.21 (0,04)	0.23 (0,04)	0.11 (0,04)	0.13 (0,03)	0.15 (0,03)	- 0.02 (0,03)	0.05 (0,02)	0.05 (0,02)
Count ≥ 2, NS = 2 (N = 706, 554, 565)	0.34 (0,06)	0.32 (0,05)	0.41 (0,05)	0.18 (0,05)	0.18 (0,04)	0.26 (0,04)	- 0.03 (0,03)	0.03 (0,03)	0.06 (0,03)
Count ≥ 3, NS = 1 (N = 324, 251, 237)	0.14 (0,06)	0.25 (0,05)	0.21 (0,06)	0.07 (0,05)	0.14 (0,05)	0.16 (0,05)	- 0.02 (0,04)	0.01 (0,04)	0.02 (0,04)
Count ≥ 3, NS = 3 (N = 324, 251, 237)	0.39 (0,09)	0.42 (0,08)	0.56 (0,09)	0.22 (0,08)	0.20 (0,07)	0.39 (0,07)	- 0.01 (0,06)	- 0.03 (0,05)	0.08 (0,06)

Toutes les variables sont exprimées en logarithmes. Les régressions incluent 7 indicatrices sectorielles. C = stock de capital, L = effectifs, LW = masse salariale
Ecart-type entre parenthèses

VA/L : valeur ajoutée par tête

TFP : productivité totale des facteurs, calculée par régression en contrôlant C/L et L

TFPA : productivité totale des facteurs, calculée par régression en contrôlant C/LW et LW

Pour la lecture du tableau, il faut aussi avoir à l'esprit que les indicateurs de productivité utilisés sont des mesures nominales, car on ne dispose pas, au niveau de l'entreprise, d'indice de prix de vente. L'absence de corrélation entre taux d'équipement informatique et productivité en valeur ne signale pas forcément l'absence de corrélation entre cette même variable et la productivité exprimée en volume : il se peut que l'entreprise plus fortement utilisatrice

d'informatique ait augmenté sa productivité exprimée en volume, mais cela ne se voit pas dans nos mesures, car l'entreprise en a profité pour baisser ses prix de vente d'autant. Enfin, les estimations sont réalisées en coupe par années : on compare les entreprises entre elles à une même date, ce qui est différent d'une estimation longitudinale où l'on teste l'évolution de la performance d'une même entreprise dans le temps.

On observe que les entreprises ayant un taux d'équipement informatique supérieur ont une productivité apparente du travail supérieure. Le coefficient qui relie le taux d'équipement au logarithme de la productivité du travail s'élève à 1,15 environ lorsque l'on corrige le biais d'estimation (tableau 7). Lorsque l'on contrôle l'intensité capitalistique (TFP), l'effet du taux d'équipement est toujours positif et significatif, mais il est plus faible (coefficient corrigé de 0,80). L'usage plus intensif de l'informatique apparaît, en effet fortement corrélé à l'intensité capitalistique (coefficient corrigé de 1,75).

Tableau 7
Contribution de la mesure du taux d'équipement des ordinateurs
à la dispersion et la croissance annuelle des variables constitutives
de la fonction de production

	VA/L	C/L	W	TFP
Coefficient corrigé *	1,15	1,75	0,95	0,80
Dispersion 18 %	40 %	25 %	50 %	30 %
Croissance + 3 %	3,5 %	5,2 %	2,8 %	2,4 %

Source : enquêtes TOTTO 1987, 1993 et "Conditions de travail" 1991 appariées à des données d'entreprises (Greenan, Mairesse, 1996)

** Les coefficients présentés sont corrigés du biais d'estimation en calculant l'erreur moyenne sur les trois années*

VA/L : productivité apparente du travail

C/L : intensité capitalistique

W : coût moyen du travail

TFP : productivité totale des facteurs

- TIC, productivité et emploi : deux paradoxes -

Enfin, lorsque l'on tient compte de la qualité de la main-d'œuvre (TFPA), 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. Cependant, utiliser le salaire moyen observé sur l'entreprise comme mesure de la qualification de la main-d'œuvre est un procédé qui n'est adéquat que si l'entreprise rémunère effectivement ses facteurs à leur productivité marginale. Or ceci n'est pas toujours le cas, comme en témoignent les modèles de salaire d'efficience. L'absence de significativité du coefficient peut signaler que les salariés (utilisateurs ou non de l'informatique) parviennent à s'approprier une partie des gains de productivité associés à l'usage de l'ordinateur dans les entreprises plus intensément équipées. On retrouve la question formulée dans la partie précédente sur le partage du surplus. L'autre enseignement de ce résultat est que *les entreprises ayant un taux d'équipement en informatique plus élevé versent, en moyenne, des salaires plus élevés* (coefficient corrigé de 0,95).

On peut aussi résumer ces résultats en donnant des ordres de grandeur plus parlants. Si l'on considère une dispersion en coupe du taux d'équipement de 18 %, proche de celle observée sur l'échantillon, elle expliquerait 50 % de la dispersion du salaire moyen, 25 % de celle de l'intensité capitalistique, 40 % de celle de la productivité apparente du travail, et 30 % de celle de la productivité totale des facteurs (TFP). Si d'autre part, le taux d'équipement informatique moyen sur l'échantillon augmentait de 3 %, cela conduirait à une hausse de 2,8 % du salaire moyen, de 5,2 % de l'intensité capitalistique, de 3,5 % de la productivité du travail et de 2,4 % de la productivité totale des facteurs (TFP).

Selon cette étude, les effets de la diffusion des ordinateurs dans le tissu économique sont donc loin d'être négligeables, et s'ils sont parfois non significatifs, ils sont la plupart du temps positifs lorsque l'on considère des effets directs moyens sur la performance des entreprises.

b) Savoirs liés aux TIC et productivité

D'autres tests peuvent être conduits, à partir de l'information dont on dispose grâce à l'"enquête sur la structure des emplois (ESE)" sur la présence de personnels spécialisés en informatique et en électronique au sein des entreprises. L'effet des savoirs liés aux TIC incorporés à ces personnels peut, de plus, être comparé à l'effet d'autres savoirs dont on connaît l'influence positive sur la productivité : les savoirs liés aux études et à la recherche. Les quatre catégories de personnels considérées (personnels de recherche, d'études, informaticiens, électroniciens) sont réparties en sous-catégories selon deux critères : le personnel appartient-il à la sphère de production ou à la sphère administrative et commerciale de l'entreprise ? ; le personnel occupe-t-il une position d'exécutant ou une position de conception et d'encadrement ?

Le tableau 8 fournit un résumé des tests statistiques réalisés grâce à cette autre source (Bensaid, Greenan, Mairesse, 1997) ¹.

Tableau 8
Contribution à la croissance de la productivité d'une hausse d'un écart-type des parts de personnels de recherche et des informaticiens

	Industrie	Services
Personnel de recherche, de type		
- conception/production	4,0 %	0
- exécution/production	3,0 %	0
Personnel d'études, de type		

(1) Il convient de lire ce tableau avec précaution. Les tests ont été conduits au moyen de l'estimation d'une fonction de production, où l'intensité capitaliste et la qualification de la main-d'œuvre (ici mesurée directement par la structure des postes de travail en terme de qualification) sont contrôlés. La mesure de la productivité est exprimée en valeur et les estimations sont réalisées en coupe pour deux années 1984 et 1992 (les résultats du tableau 7 correspondent à la moyenne des effets mesurés sur les deux années).

- TIC, productivité et emploi : deux paradoxes -

- conception/production	2,5%	0
- conception/administration	0	2,5 %
Total personnels d'études et recherche	9,5 %	2,5 %

Tableau 8 (suite)

Informaticiens, de type		
- conception/production	3,5 %	1,0 %
- exécution/administration	1,5 %	3,5 %
Electroniciciens, de type		
- conception/production	2,5 %	1,5 %
- exécution/production	0	1,5 %
Total informaticiens et électroniciens	7,5 %	7,5 %
Total toutes catégories	17 %	10 %
- en % de l'effet d'une hausse de 1 écart-type de C/L	50 %	30 %
- en % de l'écart type de VA/L	20 %	10 %

Source : données de l' "enquête sur la structure des emplois" 1986 et 1992, panel non cylindré, calculs réalisés sur la base de résultats de régression (Bensaid, Greenan et Mairesse, 1997)

Les estimations attestent de la productivité des savoirs spécifiques mesurés grâce à l'ESE. Si l'on considère des accroissements des proportions de personnels égaux à leurs écarts-types dans les échantillons, ils conduisent à des augmentations de la productivité comprises entre 1 % et 4 % selon les catégories considérées. Pour les informaticiens, l'effet cumulé est semblable dans l'industrie et dans les services (5 % pour la première, 4,5 % pour les seconds). *Cependant, dans l'industrie, ce sont les informaticiens de conception/production (ingénieurs informatiques par exemple) qui influencent fortement la productivité (3,5 %), alors que dans les services,*

ce sont les informaticiens d'exécution dans la sphère administrative et commerciale (3,5 %, opérateurs d'exploitation en informatique par exemple). La plupart du temps, les électroniciens se rencontrent dans les activités de production directe. Dans l'industrie, ils influencent fortement la productivité lorsqu'ils participent aux tâches de conception (2,5 %), alors que dans les services, les électroniciens de conception affectent de la productivité de même manière que les électroniciens d'exécution (1,5 %).

Au total, l'effet cumulé des électroniciens et des informaticiens s'élève à 7,5 % dans l'industrie, comme dans les services. L'effet cumulé des personnels d'études et de recherche, est plus élevé que l'effet "informatique" dans l'industrie (9,5 % contre 7,5 %), nettement plus faible dans les services (2,5 % contre 7,5 %).

Les augmentations de productivité impliquées par une hausse d'un écart-type de toutes les proportions des personnels considérés sont loin d'être négligeables. Dans l'industrie, elles correspondent à 50 % de l'effet d'une hausse d'un écart-type de l'intensité capitalistique et à 20 % de l'écart-type de la productivité du travail. Dans les services, ces statistiques sont plus faibles (30 % et 10 %), du fait de l'influence plus limitée des activités d'études et de recherche.

Ces résultats obtenus, en coupe sur données individuelles d'entreprise, lèvent une partie du paradoxe de la productivité et concordent avec les résultats d'études conduites sur données américaines (Brynjolfsson et Hitt, 1993 ; Lichtenberg, 1995). Les entreprises plus intensément utilisatrices d'informatique ne sont pas pénalisées par rapport aux autres en termes de productivité. Tout au contraire, elles semblent en tirer profit.

Cependant, les études sur données sectorielles ou macro-économiques contrairement aux approches micro-économiques, concluent en général à l'absence d'effet des TIC sur la productivité, et parfois mettent en évidence un effet négatif (Greenan, Mangematin, 1997). Comment expliquer ce décalage ?

- TIC, productivité et emploi : deux paradoxes -

1.2 Pourquoi les résultats micro-économiques ne se retrouvent-ils pas sur données sectorielles ou macro-économiques ?

Une première réponse est relative à ce qui est mesuré dans les études empiriques.

Les résultats sur données individuelles d'entreprises sont en général optimistes lorsqu'ils sont issus d'analyses en coupe (on compare des entreprises entre elles). Ils ne se maintiennent pas lorsque l'on exploite la dimension temporelle¹. Or la dimension première explorée sur données agrégées est la dimension temporelle. *Les bons résultats sur données individuelles peuvent donc être liés à un biais d'endogénéité: les entreprises déjà plus performantes ont plus investi que les autres en TIC.*

Une autre explication des divergences entre études sur données individuelles et études sur données agrégées vient de ce que, si certaines entreprises ont beaucoup investi en TIC et ont transformé totalement leur mode de production, ce qui a des effets sur leur compétitivité, elles n'ont pas un poids économique suffisant pour que l'effet se retrouve au niveau macro-économique (Oliner et Sichel, 1994).

De plus, si les TIC transforment les relations entre les entreprises et les formes de la concurrence, il est tout à fait possible que les gains de productivité des uns se fassent au détriment des autres. Dans ce cas, rien ne garantit qu'un résultat positif concernant les entreprises se retrouve au niveau sectoriel ou macro-économique. On peut penser par exemple aux relations informatiques entre grandes entreprises et petites entreprises sous-traitantes : si la mise en place du réseau informatique signale un rapport de force accru en faveur de la grande entreprise, celle-ci est en mesure de capter

(1) Il est d'ailleurs peu fréquent de trouver dans la littérature les résultats des études menées dans la dimension temporelle à partir de données individuelles d'entreprises : ils sont beaucoup trop fragiles pour être montrés.

la totalité de la rente associée au nouvel investissement.

Les études sur données macro-économiques ne portent pas sur les bases de données les plus récentes alors que les études sur données micro-économiques portent sur la fin des années quatre-vingt et le début des années quatre-vingt-dix. *Le clivage entre les études peut donc venir aussi de ce que l'usage efficient de l'informatique se fait dans la durée, et de ce que les équipements les plus récents sont plus performants.*

Enfin, on ne mesure pas les mêmes choses sur données agrégées et sur données individuelles d'entreprise : 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'entreprises 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 comme cela a été souligné dans la partie précédente. Une étude récente (Siegel, 1997), réalisée sur données sectorielles américaines concernant l'industrie manufacturière sur la période 1972-1987, 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. Ce résultat demande à être confirmé par d'autres études, qui élargiraient l'analyse au secteur tertiaire.

2. Quelques hypothèses sur les mécanismes à l'œuvre

Le cadre d'analyse comptable des sources de la croissance utilisé dans les études empiriques est limité dès lors que l'on cherche à comprendre les mécanismes à l'œuvre : il permet de mesurer des contributions à la productivité, mais d'une part, celles-ci restent problématiques, d'autre part la manière dont ces contributions sont économiquement produites n'est pas expliquée. Cette section approfondit les constats de la section précédente en cherchant à progresser dans la compréhension des mécanismes qui, au-delà de

- TIC, productivité et emploi : deux paradoxes -

la question des mesures, peuvent venir expliquer le paradoxe de la productivité.

Trois mécanismes sont passés en revue : le problème des coûts cachés des TIC, les effets de la diffusion des TIC sur les relations intra et inter-organisationnelles, les problèmes de demande (contraintes de temps et de budget des consommateurs).

2.1 Les coûts cachés des technologies de l'information

Une des difficultés des analyses empiriques des effets des TIC sur la productivité vient de ce que les mesures statistiques ne tiennent compte que d'une partie des coûts : principalement les dépenses en matériel, et les personnels gravitant autour des équipements. Or les études de cas montrent que ces coûts ne représentent que la moitié de la dépense environ (tableau 9).

Tableau 9 : Les coûts de la micro-informatique

Coûts directs
<i>Coûts des PC</i>
- amortissement du matériel (serveurs, PC, imprimantes et autres périphériques)
- acquisition des logiciels et des nouvelles versions
- support utilisateur
- maintenance
- programmes de formation
- consommables
<i>Coûts des connexions pour un réseau</i>
- infrastructure réseau
- carte de connexion
- logiciel d'émulation
Total : 1 000 à 4 000 F/mois/PC, 2 250 F en moyenne, 23 % capital, 25 % travail
Coûts indirects
- résolution de problèmes (pannes, interruptions)
- inefficiences (temps d'attente au démarrage, temps de réponse)
- activités informatiques (développement d'applications, administration du système)
- apprentissage de l'environnement de travail
- utilisation de l'outil à des fins non professionnelles

Total : 1 000 à 12 000 F/mois/utilisateur (@ 1 heure/jour/utilisateur), 2 500 F en moyenne

Source : Legrenzi et Soulier 1997

Cette méconnaissance des coûts ne traduit pas seulement les défauts du système statistique : une étude récente montre que la dépense totale en TIC est rarement connue des entreprises (Legrenzi et Soulier, 1997). Elle montre aussi que l'évaluation des coûts comparés de différents projets d'investissement ne guide presque jamais les processus de décisions en matière d'investissement, qui semblent chaotiques et faiblement structurés (cf. chapitre II).

La présence de ces coûts cachés, non évalués, est liée à la diffusion de l'informatique répartie. Avec les grands systèmes informatiques, le budget informatique est centralisé. La diffusion des micro-ordinateurs s'est accompagnée d'une forte augmentation des dépenses informatiques au sein des différents départements de l'entreprise. Le prix d'achat d'un micro-ordinateur étant relativement faible, ces dépenses ont lieu au sein des budgets courants sans passer par des procédures particulières de demande de crédit. La mise en réseau génère à son tour des coûts nouveaux d'infrastructure et des dépenses de télécommunication peu suivies par les entreprises, et non mesurées dans les différentes sources produites par le système statistique. Ces coûts indirects semblent croître avec les nouvelles générations technologiques, de plus en plus complexes. De plus, l'utilisation de solutions techniques mixtes génère une hétérogénéité d'équipements qui est aussi coûteuse. Enfin, les investissements faits par les utilisateurs et par les entreprises pour maîtriser les outils connaissent une obsolescence rapide du fait du renouvellement fréquent des matériels et des applications.

La nature cachée, invisible, d'une part croissante des coûts de l'informatique, ainsi que la rationalisation encore faible des processus de décision en matière d'investissement peuvent conduire à regarder les résultats empiriques concernant les entreprises avec pessimisme. Une hypothèse possible est qu'une mesure rigoureuse de la dépense conduirait à neutraliser les résultats positifs obtenus, ou même à les inverser. *L'hypothèse serait alors que*

- TIC, productivité et emploi : deux paradoxes -

l'informatique n'améliore pas la productivité car les entreprises ne savent pas la maîtriser. Cette hypothèse est difficile à tester, mais elle correspond au sentiment d'un certain nombre d'acteurs de l'informatisation. Lorsque l'on interroge des responsables de projet informatique dans les entreprises, il est courant d'entendre que la direction générale reste peu impliquée dans les projets et que la réflexion sur les conséquences organisationnelles de l'informatisation est insuffisante.

De fait, la connaissance de la manière dont les TIC transforment le processus de production et les produits reste lacunaire. Pourtant, ces deux points de vue sont nécessaires pour analyser les mécanismes de productivité. Les études monographiques et statistiques, à caractère longitudinal et distinguant les technologies selon leur génération (informatique centralisée, informatique répartie, mise en réseau) sont nécessaires pour évaluer les effets de transition et d'apprentissage liés à la diffusion de l'informatique au sein des entreprises.

Une autre piste d'explication, proposée par Amendola et Gaffard (1988a et b, 1997) et Gaffard (1997) peut venir expliquer le divorce constaté entre les résultats micro-économiques et sectoriels ou macro-économiques. Contrairement à l'explication micro-économique en termes de mauvaise maîtrise des coûts cachés, cette seconde explication est d'ordre macro-économique. Elle conduit, à l'inverse de la thèse précédente, à regarder les résultats positifs obtenus sur données d'entreprise avec optimisme.

En effet, ceux-ci témoigneraient de l'efficacité des TIC lorsque leur usage est suffisamment structuré : les entreprises utilisant les TIC plus intensément que la moyenne, bénéficient des gains de productivité physique associés car elles ont atteint un régime quasi régulier où elles font face à une demande en croissance constante pour leurs produits. En revanche, les données macro-sectorielles ou macro-économiques reflètent un coût macro-économique qui est généré par les difficultés de coordination intertemporelle propres à une économie qui subit des chocs technologiques répétés et dont le régime de croissance est irrégulier. En d'autres termes, les entreprises qui réussissent leur informatisation sont

celles dont le niveau d'activité était suffisant pour qu'elle acceptent de payer, dans son intégralité (coût matériel, organisationnel, de formation), le coût d'apprentissage des TIC. Ces entreprises ont une vision lucide de la technologie et les moyens de repousser une logique de court terme.

Cette interprétation présente l'avantage de fournir immédiatement des clés pour guider l'action des pouvoirs publics. Les chocs qui affectent l'économie dans la phase de transition qu'elle connaît actuellement sont des chocs d'offre qu'il s'agit de traiter en tant que tels en accompagnant la construction progressive de nouvelles capacités productives. Cet accompagnement doit privilégier l'investissement en actifs physiques et en formation ainsi que les actions qui permettent la régularité de la croissance. Ce cadre de réflexion peut aussi venir expliquer simultanément le "paradoxe de la productivité" et le "paradoxe de l'emploi" que nous examinerons dans la partie suivante.

2.2 Coordination, codification et transformation des relations entre acteurs économiques

Les TIC n'affectent pas simplement les processus productifs. *Elles contribuent aussi à transformer la manière dont les acteurs économiques entrent en relation et se coordonnent* (Caby, Greenan, Gueissaz, Rallet, 1997). Les relations affectées sont aussi bien internes aux organisations, qu'entre organisations, entre consommateurs ou entre usagers et organisations (cf. chapitres II et III).

La transformation des relations entre organisations et au sein des organisations s'accompagne d'une restructuration des secteurs et de la mise en place d'une nouvelle articulation entre l'industrie et les services autour du développement d'entreprises produisant des services intenses en connaissances (Antonelli, 1997). Ces changements restent voilés dans les études empiriques du lien entre TIC et productivité, car ces études reposent sur une décomposition de la valeur ajoutée. Or les phénomènes d'externalisation de services intenses en information rendus possibles par la diffusion des TIC sont mesurés par les consommations intermédiaires, qui ont été soustraites de la production pour obtenir la valeur ajoutée.

- TIC, productivité et emploi : deux paradoxes -

Ces relations sont liées à la manière dont se construisent et se diffusent les informations et les connaissances. Aujourd'hui, un consensus semble s'être construit dans la communauté scientifique autour de l'idée que l'investissement en TIC requiert une formalisation et une codification des connaissances. La diffusion des TIC jouerait donc un rôle important dans le processus d'accumulation des connaissances, facilitant la transition vers une économie fondée sur le savoir.

Les effets positifs de ce processus sont le plus souvent mis en avant : la codification des connaissances les rend plus accessibles à l'ensemble des acteurs économiques, elle accroît le rythme des innovations et elle est source de nouveaux avantages compétitifs. Mais il convient aussi d'en souligner les limites. La formalisation des connaissances a un coût qui est loin d'être négligeable pour les plus petites structures. Il en est de même de l'appropriation de connaissances codifiées : l'abondance de l'information ne la rend pas forcément plus accessible, car il faut être en mesure de la trier, de la classer et de l'interpréter.

Si les TIC permettent des transferts rapides d'informations et de connaissances, ces transferts ne peuvent concrètement avoir lieu que dans les cas où il existe une interface entre les systèmes informatiques, ainsi qu'une compatibilité entre les applications qui permettent la saisie et la mise en forme de l'information (Saloner, 1990). La mise en place de standards est donc nécessaire puisqu'elle permet de bénéficier pleinement des externalités de réseaux, c'est-à-dire du gain associé au fait de pouvoir entrer en relation avec le plus grand nombre possible d'agents par l'intermédiaire du réseau (Antonelli, 1994).

Elle a cependant des inconvénients puisqu'elle peut réduire la concurrence et freiner le progrès technique. De plus, il est difficile de concevoir des standards universellement pertinents. L'échec de l'espéranto en constitue un exemple, mais plus précisément la pertinence d'un standard est étroitement liée à la nature du mode de coordination qu'il supporte (Brousseau, 1994). En ce sens, le problème de la standardisation est plus qu'un simple problème d'interface

technique. Selon le mode de relation informatisée que les agents nouent entre eux, certains standards vont s'avérer efficaces, d'autres seront inopérants.

Plus généralement, autour de cette question des standards, se pose la question de la protection des produits issus de la technologie informatique. A l'opposé des produits manufacturés, les logiciels ne valent que par leur contenu car le coût associé à leur support ou à leur reproduction est dérisoire (Zimmermann, 1993). Cela les rend techniquement non appropriables : il peuvent être piratés ou imités très facilement. Le système de protection intellectuelle de ces produits doit donc viser un équilibre fragile : inciter à l'innovation tout en assurant la pleine réalisation des externalités de réseau. Le standard en est un exemple extrême : il n'est utile que pour autant que tout le monde l'utilise. Il est donc difficile d'établir un droit de propriété intellectuelle sur un standard, car ce droit viendrait en limiter l'usage. Cependant l'absence de droit de propriété est désincitatif : si la collectivité a intérêt à partager un standard, un agent privé n'a pas forcément intérêt à investir dans la standardisation.

Au total, les TIC accompagnent des changements organisationnels qui ont leur logique propre et qui, pour une bonne part, relèvent de motivations extérieures à la sphère de la technique. Il convient de construire des typologies de ces changements, notamment d'identifier les nouvelles formes de coordination et de production de connaissances qui s'appuient sur les TIC afin de comprendre à la fois les mécanismes qui lient leur usage à la performance économique et les nouveaux mécanismes qui lient les acteurs économiques entre eux dans la création et l'appropriation des ressources.

2.3 Consommation de temps et insuffisance de la demande

Une dernière interprétation du paradoxe de la productivité ne se situe pas du côté de l'offre, mais de celui de la demande. Certains auteurs soulignent une forte inertie des dépenses en TIC, tant du côté des entreprises que du côté des ménages. Un net déficit d'analyse statistique existe en la matière. Deux ordres d'explication peuvent cependant être mis en avant.

- TIC, productivité et emploi : deux paradoxes -

Le premier est lié à la technologie elle-même. *Une des particularités de l'ensemble des produits associés au développement des TIC (programmes audiovisuels, CD-ROM, logiciels, Internet, télécommunication, etc.) est qu'ils sont fortement consommateurs de temps.* Or le temps est la ressource rare par excellence des pays développés, que ce soit dans un cadre d'activité professionnelle ou bien dans un cadre privé. Une autre particularité de ces produits est que leur contenu est d'ordre culturel. Il s'agit donc de bien comprendre les modes sociaux d'appropriation des ces biens. De nouveaux rapports de force peuvent se construire autour de l'accès et de la diffusion de la connaissance, qui peuvent être facteurs d'exclusion.

Le second est lié au contexte macro-économique et à la contrainte budgétaire associée à un régime de faible croissance du produit et des revenus. Il est possible que le niveau d'activité soit trop faible pour que les consommateurs, ainsi que les entreprises, acceptent de payer le coût (de prendre le temps) de l'apprentissage des TIC. Une hypothèse à vérifier est que la consommation de TIC connaît une progression par palier, où le passage d'un seuil de consommation à un autre dépend du dynamisme de l'activité. De ce point de vue, les Etats-Unis seraient en avance d'un palier sur l'Europe.

On retrouve en partie la thèse de Gaffard (1997), mais en partie seulement, car celui-ci souligne la nécessité de considérer différemment l'investissement dans les TIC et la consommation de TIC ou de produits et services dérivés. Pour cet auteur le choc à l'origine du paradoxe de la productivité reste un choc d'offre et non un choc de demande : la non-réalisation du potentiel de croissance associé aux TIC ne vient pas d'un déficit de consommation mais d'un déficit d'investissement. Il est fort probable que la consommation domestique des TIC reste cantonnée au sommet de la hiérarchie sociale puisqu'elle nécessite de disposer d'un capital social et culturel très inégalement réparti dans la société. En revanche, les TIC ouvrent aux entreprises de nouvelles possibilités d'organisation de la production, de la gestion et de la distribution porteuses de croissance (de gains de productivité, de création de nouvelles activités et de nouveaux marchés) pour autant qu'elles soient capables de payer le coût fixe associé à ces réorganisations.

Partie III

TECHNOLOGIES DE L'INFORMATION ET EMPLOI : UN SECOND PARADOXE

La réflexion sur les effets des TIC sur l'emploi est liée à la question précédente et soulève, elle aussi, un "paradoxe". En effet, il est fréquent d'attribuer les destructions d'emploi aux nouvelles technologies qui favoriseraient une substitution du capital au travail. Or, d'un côté la diffusion des TIC a un impact macro-économique ambigu sur la productivité, de l'autre, ces investissements sont en partie des investissements dans les hommes. L'effet destructeur d'emploi du progrès technique devrait s'en trouver atténué, or ce n'est pas ce que l'on observe, ni ce que l'on dit.

De plus, le cadre d'analyse courant des effets de la diffusion des TIC sur la productivité ne permet pas d'analyser simultanément les effets des TIC sur les performances et sur le comportement d'emploi de l'entreprise. Dans ce domaine, la seule chose qu'il permet de dire est que si la productivité du travail augmente en présence de TIC, cela est défavorable à l'emploi, à niveau de production donné.

Il semble donc utile de revisiter les analyses de l'effet du progrès technique sur les relations entre les facteurs, en les contextualisant au cas des TIC. *Une hypothèse possible est que les TIC favorisent une substitution de la main-d'œuvre qualifiée à la main-d'œuvre non qualifiée : avant une machine remplaçait n travailleurs, aujourd'hui un ordinateur et un travailleur qualifié remplacent p (> n) travailleurs non qualifiés. C'est l'hypothèse d'un biais*

- TIC, productivité et emploi : deux paradoxes -

technologique associé à la diffusion des TIC. Elle traduit l'idée que la détérioration de la situation des travailleurs non qualifiés sur le marché du travail est le reflet d'un choc affectant la demande de travail et lié au changement technologique. Un effet négatif des TIC sur l'emploi pourrait être engendré par ces phénomènes de substitution, si la diffusion des TIC se réalise dans un contexte de consommation et d'investissement atone.

En effet, la plupart des emplois étant des emplois d'employés et d'ouvriers (environ 65 % pour les établissements de 20 salariés et plus selon l'«Enquête sur la structure des emplois» de 1993), les substitutions peuvent conduire à des pertes d'emplois non qualifiés si elles ont lieu à production constante. De plus, l'effet sur l'emploi qualifié n'est pas forcément positif, car il dépend de deux mouvements contraires. Les phénomènes de substitution sont favorables à l'emploi qualifié, car ils augmentent le ratio emploi qualifié/emploi non qualifié par unité de produit. Mais s'il augmente la productivité du travail, l'ordinateur réduit aussi la quantité de main-d'œuvre qualifiée par unité de produit. L'effet global sur l'emploi qualifié et non qualifié dépend donc de manière cruciale de l'évolution de la demande de produits.

Cependant, les études empiriques qui ont examiné cette question produisent, elles aussi, des résultats contraires aux attentes. Les entreprises qui changent leurs procédés de production en y incorporant des TIC semblent mieux protéger leurs emplois que les autres, et selon la nature des technologies introduites, l'effet sur la part de la main-d'œuvre non qualifiée est assez variable. Il ne semble donc pas qu'il y ait de liaison univoque entre investissements en TIC et pertes d'emplois, même non qualifiés. De plus, la prime salariale associée à l'usage des TIC semble s'expliquer par un processus de sélection des salariés travaillant sur ordinateur, plus que par une productivité plus grande de ces travailleurs du fait de leur utilisation des TIC.

Nous allons, dans un premier temps, examiner comment s'exprime le débat autour du biais technologique. Nous allons ensuite reprendre et synthétiser les résultats des différentes études empiriques qui cherchent à mettre en évidence

un biais associé à l'usage des TIC en distinguant les approches centrées sur la combinaison productive, des approches centrées sur les salaires.

1. Qu'est-ce qu'un biais technologique ?

1.1 Le redéploiement d'une problématique ancienne

Ce n'est pas la première fois que l'hypothèse de biais technologique est explorée dans l'histoire de la pensée économique. Dans les années cinquante et soixante, c'est la question de la neutralité du progrès technique qui est débattue, dans le cadre de la théorie de la croissance et de ses effets sur la répartition. 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 argumentent l'idée que le progrès technique favorise la qualification de la main-d'œuvre (Bell, 1963 ; Mumford et Banks, 1967). Ces discussions ont lieu dans le cadre d'une vision "déterministe"¹ des technologies permettant l'automatisation.

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 les économistes anglo-saxons, s'interrogeant face au développement des inégalités de salaire aux Etats-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

(1) *Vision déterministe au sens où la technologie est vue comme structurant l'organisation du travail : c'est elle qui la détermine.*

- TIC, productivité et emploi : deux paradoxes -

celle des TIC biaisées en faveur de la main-d'œuvre qualifiée.

La réflexion s'est donc déplacée d'un examen de la manière dont le capital et le travail s'articulent au sein de la combinaison productive vers un examen de l'association entre main-d'œuvre qualifiée et main-d'œuvre non qualifiée en liaison avec la diffusion des TIC. Cela se fait à un moment où la mesure du capital se complexifie avec le développement des investissements immatériels (dont ceux qui sont associés aux TIC), partiellement incorporés à de la main-d'œuvre qualifiée. C'est la notion de combinaison productive elle-même qui se brouille puisque la distinction entre capital et travail ne coïncide plus avec la distinction entre équipements et main-d'œuvre.

1.2 Peu d'éclairages et de tests sur les mécanismes à l'œuvre

C'est une faiblesse de l'ensemble des études concernant le "biais technologique" que de donner finalement peu d'éclairage sur les mécanismes à l'œuvre (Cotis, Germain et Quinet, 1997). En général, les idées que les auteurs se font des mécanismes apparaissent plus comme des intuitions au détour de commentaires sur des résultats statistiques, que comme des hypothèses systématiquement testées.

Certains avancent que les travailleurs qualifiés sont les plus aptes à maîtriser les TIC au sein des entreprises, dans une phase d'apprentissage des possibilités offertes, alors que d'autres soutiennent que les TIC suppriment les tâches de production directes au profit de tâches indirectes de surveillance et de contrôle qui nécessitent un niveau d'éducation supérieur car elles reposent sur la responsabilité, l'abstraction et l'interdépendance. Ces deux intuitions méritent d'être départagées car, dans un cas, le "biais technologique" est transitoire et ne devrait pas se pérenniser dans le temps, dans l'autre, celui-ci devrait être durable et persister dans le nouveau régime de croissance.

Des mécanismes institutionnels ou liés aux comportements d'embauche des entreprises sont parfois soulignés. Ainsi, les TIC feraient éclater le

réseau de subventions implicites dont pouvait profiter le travail non qualifié en permettant une évaluation plus aisée de la performance individuelle. Ou encore, dans un contexte de sous-emploi, les employeurs utiliseraient les TIC pour gérer la file d'attente des demandeurs d'emploi.

Enfin, des mécanismes organisationnels sont aussi mis en avant, dont les effets sont plus indirects que les mécanismes précédents. Par exemple, les TIC seraient associées à des changements organisationnels de type “reengineering” qui visent à réduire les coûts de main-d'œuvre. Ou bien, les TIC polarisent les emplois au sein des entreprises car elles permettent l'externalisation et augmentent les phénomènes de dualisme du marché du travail.

Alors que dans les travaux sociologiques, les relations entre informatisation et changements organisationnels font l'objet d'études approfondies (Cézard, Dussert, Gollac, 1992 ; Lechevin, Lanoë, Le Joliff, 1993), les études économiques invoquant des mécanismes organisationnels ne cherchent pas vraiment à les expliciter.

De plus, s'il est courant d'envisager des liens entre les TIC et le changement du travail des non-qualifiés, il est beaucoup moins fréquent d'envisager la manière dont le travail des qualifiés est transformé en présence de processus d'informatisation : c'est à la dégradation de la situation du travail non qualifié que l'on s'intéresse avant tout. Pourtant, si la mécanisation, puis l'automatisation ont profondément bouleversé le travail des ouvriers, les changements technologiques et organisationnels associés à la diffusion des TIC transforment, au premier chef, le travail de bureau et les tâches des personnels qualifiés occupant des positions hiérarchiques (Caroli, Greenan et Guellec, 1997). S'il est important de poursuivre l'analyse des facteurs explicatifs de l'évolution de la demande de travail non qualifié, il est tout aussi important d'examiner les changements qui affectent le travail de la main-d'œuvre qualifiée : remise en cause des positions professionnelles, redéfinition du travail d'encadrement, banalisation du statut, etc.

Pour comprendre l'ensemble de ces mécanismes, il serait utile de

- TIC, productivité et emploi : deux paradoxes -

développer des études de cas, plus rares en matière d'informatisation qu'en matière d'automatisation. Gollac, Mangematin, Moatty et Saint-Laurent (1997), ont recensé les quelques études de cas concernant les processus d'informatisation. Ils montrent que l'efficacité de l'informatique apparaît maximale dans les organisations combinant des traits bureaucratiques (ou industriels au sens traditionnel) avec la recherche de la flexibilité marchande. Lorsque des indications sont fournies sur le volume des emplois, il s'agit principalement du maintien d'un effectif constant malgré un accroissement des tâches, voire d'une diminution du nombre de postes de travail. Les cas prenant en compte le contenu du travail mentionnent une transformation dans la nature des emplois, une diminution des hiérarchies intermédiaires et une intensification du travail pour les non-cadres.

Une étude de cas récente sur une banque américaine (Levy et Murnane, 1996) montre une augmentation forte de la demande de travailleurs ayant fait des études supérieures sur les postes d'analyse financière, conjointement au processus d'informatisation. Cette évolution de la demande a été tirée par l'augmentation du volume des transactions financières permises par l'informatique, plutôt que par un changement dans les besoins relatifs de qualification au sein de la banque. Ainsi, les analystes financiers font toujours les mêmes tâches, mais le poids relatif de ces différentes tâches a changé. Ce sont les tâches les plus difficiles, car les moins routinières, qui se sont développées au détriment des autres dans un contexte de variété plus grande des produits gérés : recherche et correction des erreurs sur les bons de transaction, évaluation des actifs peu échangés sur le marché, analyse des données. Le travail d'analyste financier s'est intensifié, plus qu'il n'a changé dans son contenu. Cela est source de tensions, car nombreux sont les nouveaux analystes qui quittent la banque, déçus par le travail, alors que celle-ci investit dans un cursus de formation de huit semaines pour toute nouvelle recrue.

Enfin, la référence à un biais technologique pour expliquer les problèmes actuels de l'emploi, doit être critiqué, selon Gaffard (1997), pour la raison suivante. En général, le progrès technique déplace la structure de la demande de travail en exigeant, pour sa mise en œuvre, des qualifications nouvelles. *Le*

chômage ainsi créé devrait être temporaire parce que résorbé grâce à des processus d'apprentissage par la pratique. Le problème vient de ce qu'il est, en quelque sorte, relayé par d'autres formes de chômage qui sont le résultat de défauts de coordination et de mécanismes générateurs de l'irrégularité de la croissance globale. Il s'agit donc de rappeler qu'un progrès technique neutre est avant tout un progrès technique compatible avec un régime régulier de croissance. Le "biais technologique" mesuré dans les études empiriques ne serait, tout comme la persistance du chômage que le reflet de déséquilibres sur les marchés dans un régime de croissance transitoire. Ainsi, la réforme des marchés du travail n'est pas un instrument adapté au contexte d'une économie en transition. Comme cela a été souligné dans la partie précédente, il faut répondre à un choc d'offre par une politique d'offre en soutenant l'investissement et en évitant toute mesure qui viendrait accroître l'instabilité de la croissance.

2. Les secteurs ou les entreprises plus fortement utilisateurs de TIC font-ils plus recours à de la main-d'œuvre qualifiée ?

Les études qui vont être présentées dans cette section privilégient l'analyse des propriétés de la combinaison productive et testent une dérive temporelle de la structure des coûts par qualification, la complémentarité entre capital et main-d'œuvre qualifiée, ou bien des corrélations entre structure des coûts et structure du capital. Elles sont réalisées soit à un niveau sectoriel, soit au niveau individuel de l'entreprise ¹.

Le tableau 10 indique les principales caractéristiques des études passées en

(1) Selon les approches, le capital est considéré comme un facteur variable ou quasi fixe. Dans le premier cas, la complémentarité passe par des effets-prix : c'est la baisse relative du prix du capital qui tire l'investissement, et la main-d'œuvre qualifiée qui lui est complémentaire. Dans le second cas, la notion de complémentarité traduit une corrélation entre le stock de capital et la main-d'œuvre qualifiée. Les coûts des facteurs sont supposés exogènes et le biais technologique est mesuré comme la dérive temporelle de la structure des coûts totaux, à coûts des facteurs, stock de capital et structure du capital donnés.

- TIC, productivité et emploi : deux paradoxes -

revue. Il est en effet important d'avoir en tête à la fois les secteurs considérés et les périodes couvertes. Nous allons voir que la plupart des études concernent l'industrie et que les résultats obtenus sont sensibles aux dates, traduisant de manière indirecte l'évolution des TIC dans le temps.

- TIC, productivité et emploi : deux paradoxes -

On peut distinguer les approches où le progrès technique apparaît comme un facteur résiduel des approches où il est directement mesuré au moyen d'indicateurs statistiques (Bouabdallah et alii, 1997). Les premières sont réalisées sur données sectorielles, les secondes soit sur données sectorielles, soit sur données individuelles d'entreprise. Dans ces analyses de la combinaison productive, plus on utilise une mesure directe de la technologie (nombre de technologies avancées de fabrication utilisées ou part des TIC dans l'investissement ou le stock de capital), plus les approches deviennent descriptives et s'éloignent de la notion de "biais technologique" ou de "complémentarité" qui ressortent de l'analyse des fonctions de coût ou de production.

2.1 Le progrès technique comme facteur résiduel

a) Décompositions comptables des variations sectorielles d'emploi

Le thème du biais technologique associé au TIC a été relancé par des études empiriques anglo-saxonnes s'attachant à établir des décompositions comptables des variations sectorielles d'emploi (Berman, Bound et Griliches, 1994 ; Berman, Machin et Bound, 1995). Celles-ci sont en général décomposées selon deux qualifications : la main-d'œuvre de production directe (non qualifiée) et la main-d'œuvre indirecte (qualifiée).

L'idée centrale testée dans ces études est que si l'on observe une dérive de l'emploi par qualification au sein des secteurs, elle est principalement due au progrès technique, car son effet traverse tout le tissu économique, contrairement à l'effet du commerce international, qui est spécifique à certains secteurs. Dans ces études, centrées sur l'industrie manufacturière américaine des années 1970-1990, l'usage des TIC n'est pas directement mesuré. On considère que son effet est le résidu de la composante intra-sectorielle de l'accroissement de la part de la main-d'œuvre indirecte dans l'emploi total (ou dans les coûts totaux), une fois que l'on a contrôlé les autres facteurs mesurables potentiellement candidats à l'explication. Ces études concluent à l'existence d'un biais technologique.

En France, Goux et Maurin (1997) ont réalisé une étude similaire, en tenant compte des secteurs des services, sur la période 1975-1993. Leur conclusion est assez différente des études précédentes. S'ils enregistrent une composante intra-sectorielle forte des réallocations d'emplois par qualification (mesurée par le diplôme et par la nature des postes de travail), les tests montrent qu'ils sont essentiellement dus aux déplacements de la demande domestique et à l'augmentation de l'offre de diplômés (qui conduit à une baisse de leur salaire relatif). *Nous allons voir qu'en général, les études sur la France conduisent à des résultats assez différents de ceux des études comparables sur données américaines.* Une interprétation est que le marché du travail français suit une logique qui lui est propre. Cependant, il ne faut pas négliger les différences d'orientation et de méthode dans les études, ainsi que les différences dans les données disponibles.

b) Estimations de fonctions de coût au niveau macro-sectoriel ou macro-économique

D'autres études sur données sectorielles centrées sur l'industrie, mesurent la complémentarité entre capital et main-d'œuvre qualifiée, ainsi que l'effet du progrès technique, assimilé à un trend temporel à partir de l'estimation de fonctions de coût. Ici encore, l'usage des TIC n'est pas directement mesuré. Il est mesuré indirectement au travers de l'évaluation du capital en général ou dans la dérive temporelle du résidu.

Travaillant sur des données suédoises pour la période 1963-1980, Bergström, Panas (1992) montrent que, selon les secteurs, le progrès technique est soit neutre, soit consommateur de capital. Par ailleurs, il y a soit complémentarité entre capital et main-d'œuvre qualifiée, soit l'élasticité de substitution est plus forte entre capital et main-d'œuvre non qualifiée qu'entre capital et main-d'œuvre qualifiée (complémentarité faible). Enfin, main-d'œuvre qualifiée et main-d'œuvre non qualifiée sont substituables.

Pour le Canada, Betts (1997) montre, sur une période proche de la période précédente, que le progrès technique est biaisé en défaveur de la

- TIC, productivité et emploi : deux paradoxes -

main-d'œuvre de production directe. Elle n'enregistre pas de complémentarité nette entre capital et main-d'œuvre qualifiée et qualifiés et non qualifiés sont substituables.

L'industrie française, comme l'industrie canadienne est caractérisée par un progrès technique biaisé en faveur de la main-d'œuvre qualifiée selon l'étude de Mihoubi (1995). De plus, le capital et le travail apparaissent quasi complémentaires, tandis que travailleurs qualifiés et non qualifiés sont fortement substituables. Selon cet auteur, c'est la baisse du coût relatif des qualifiés qui a tiré l'investissement en France sur la période 1976-1989. Sa lecture de l'effet de la complémentarité capital/travail est inverse de celle qui est couramment faite, où l'on considère que c'est la baisse du coût relatif du capital qui tire la main-d'œuvre qualifiée.

Au total, sur ces trois études concernant l'industrie, deux mesurent une dérive temporelle à la hausse de la part de la main-d'œuvre qualifiée dans les coûts totaux. Qualifiés et non qualifiés sont des facteurs substituables et une complémentarité entre capital et main-d'œuvre qualifiée est mesurée dans certains secteurs.

2.2 Le progrès technique directement mesuré

Certaines études s'appuient sur des mesures directes de l'utilisation des TIC. Le cadre théorique sous-jacent est beaucoup plus flou que dans les études précédentes. Ces approches sont essentiellement descriptives. Une partie d'entre elles s'appuient sur des données sectorielles, d'autres, plus rares, utilisent des données individuelles d'entreprise.

a) Approches sectorielles

L'étude d'Osterman (1986) analyse les effets de l'usage de grands systèmes informatiques sur l'emploi de la main-d'œuvre indirecte. Cette technologie est dominante pendant la période des années soixante-dix qu'il observe. Il est intéressant de noter que cette étude correspond à des préoccupations très différentes des études plus récentes sur l'usage de l'informatique car le débat sous-jacent n'est pas celui de l'effet de l'informatique sur la main-d'œuvre non

qualifiée ou de production (les ouvriers) mais bien son effet sur la main-d'œuvre tertiaire, de bureau (la main-d'œuvre qualifiée ou indirecte des études récentes).

Osterman analyse l'effet de la variation des kilobits de mémoire centrale utilisée par les différents secteurs (dont les secteurs des services) sur les demandes conditionnelles d'employés et de cadres. Il montre ainsi qu'un accroissement de 10 % de la mémoire centrale utilisée sur la période 1972-1978 conduit à une baisse de 2,8 % des employés (opérateurs de saisie exclus) et à une baisse de 1,3 % des cadres. Cependant, la variation retardée de deux ans de l'utilisation de mémoire centrale influence positivement l'emploi des cadres. Un usage plus intense des terminaux aurait donc un premier effet négatif sur l'emploi de la main-d'œuvre indirecte, qui redeviendrait positif avec le temps. L'auteur interprète ce résultat comme témoignant d'une réorganisation des bureaucraties suite à la diffusion de l'informatique : *les cadres et employés ayant perdu leur emploi dans un premier temps seraient remplacés par des cadres et des employés aux compétences et aux tâches différentes dans un second temps*. Le cas analysé par Levy et Murnane (1996) et exposé précédemment pourrait venir illustrer ce résultat statistique.

Bartel et Lichtenberg (1987), ne mesurent pas directement l'usage des TIC, mais l'âge des équipements matériels. Ils cherchent à tester un mécanisme d'apprentissage sur les nouvelles technologies à partir de données sectorielles sur l'industrie en 1960, 1970 et 1980. Ils mesurent la qualification en isolant les salariés ayant plus de 13 années d'études et montrent que la demande relative de ces travailleurs diminue avec l'âge moyen des équipements : *des équipements récents nécessitent une main-d'œuvre plus éduquée alors que des équipements anciens peuvent fonctionner avec une main-d'œuvre moins qualifiée*. Ces résultats sont obtenus en coupe. Il serait particulièrement intéressant de les reprendre en utilisant des mesures des différents types d'équipements informatiques utilisés (terminaux, micro-ordinateurs, réseaux), et encore plus intéressant de les compléter par une analyse longitudinale.

- TIC, productivité et emploi : deux paradoxes -

Dans les trois études qui suivent sur données sectorielles, on retrouve un cadre d'analyse proche des estimations de fonction de coût déjà présentées à ceci près que le capital est considéré comme un facteur quasi fixe et qu'une mesure directe de l'usage des TIC est introduite. *Une corrélation positive entre la part des qualifiés dans les coûts totaux et l'intensité capitaliste est systématiquement trouvée, interprétée comme une complémentarité* (qui diffère ici de la notion de complémentarité développée par Griliches en 1969 et qui correspond à un cadre d'analyse où le capital est endogène).

L'étude de Berndt, Morrison et Rosenblum (1992), conduite sur données sectorielles américaines sur la période 1976-1986 utilise des mesures de la part du matériel de bureau et matériel informatique dans le stock de capital. Elle complète l'étude de Berndt et Morrison (1991) qui concluait à un effet négatif de l'informatique sur la productivité, contribuant fortement au débat sur le paradoxe de la productivité. Ce résultat est confirmé, *car les auteurs montrent qu'une part plus élevée de matériel de bureau et matériel informatique dans le capital réduit la productivité du travail. A production donnée, la diffusion des TIC est donc défavorable à la productivité et favorable à l'emploi.*

Si l'on examine à présent l'effet de la composition du capital sur la structure de la main-d'œuvre, on observe que la part des "cols blancs" dans les heures travaillées est positivement corrélée à la part du matériel de bureau et matériel informatique dans le stock de capital et au *trend* temporel tandis qu'elle est négativement corrélée à la part des machines (autres que TIC) dans le stock capital. La part des "cols bleus" de niveau "college" est, elle aussi, positivement corrélée à tous ses indicateurs, y compris à la part des machines dans le stock de capital. A l'exception de l'effet "productivité", tous les effets se cumulent donc pour défavoriser la main-d'œuvre non qualifiée.

L'étude sectorielle citée précédemment de Berman, Bound et Griliches (1994), teste aussi de manière directe la corrélation entre la dérive de la part de la main-d'œuvre qualifiée dans les coûts totaux et la part des TIC dans l'investissement. *Elle montre que la part des TIC dans l'investissement en 1987 est corrélée positivement à la croissance de la part de la*

main-d'œuvre indirecte dans la masse salariale sur les trois sous-périodes examinées.

Des tests similaires sont conduits dans l'étude de Goux et Maurin (1997), qui, grâce aux informations de l'enquête TOTTO (1987, 1993) et conditions de travail (1991), peuvent mesurer à la fois un taux d'équipement informatique (micro-ordinateurs et terminaux) et un taux d'équipement en technologies industrielles (robots, machines-outils à commande numérique (MOCN), télésurveillance). *Ils trouvent que l'usage de l'informatique est positivement corrélé à la croissance de la part des cadres et professions intermédiaires dans la masse salariale, mais que l'usage des technologies industrielles incorporant de l'électronique lui est corrélé négativement.* Au total, ces deux effets se compensent dans l'explication des réallocations sectorielles d'emploi. Toutes les technologies incorporant de l'informatique ne seraient donc pas systématiquement défavorables à la main-d'œuvre non qualifiée, ce qui met en cause la notion d'un biais technologique "universel" associé aux TIC.

b) Approches centrées sur l'entreprise

Dunne et Schmitz (1995), travaillent à partir d'un échantillon d'établissements industriels américains. Pour l'année 1988, ils disposent d'une information sur la présence de 17 technologies de fabrication avancées (TFA) comme les MOCN, les ateliers flexibles, les robots, les lasers, les chariots filoguidés, les postes de CAO, les réseaux locaux industriels dans l'atelier, les réseaux longue distance, etc. Ces technologies couvrent le champ des technologies industrielles incorporant de l'électronique ou de l'informatique. Les applications liées à la bureautique sont exclues. Pour mesurer l'intensité de l'usage des ces technologies, les auteurs calculent le nombre de technologies utilisées, car ils ne disposent pas d'information sur la part du personnel concerné par chacune des technologies. *Ils observent (tableau 11) un lien positif en coupe entre les salaires moyens des ouvriers et des non-ouvriers et le nombre de TFA utilisées et un lien négatif avec la part des ouvriers dans l'emploi total.* Ils concluent que lorsque les établissements adoptent les nouvelles technologies industrielles, leurs besoins de qualification

- TIC, productivité et emploi : deux paradoxes -

s'orientent vers une main-d'œuvre plus fortement éduquée, mais ils ne mesurent pas directement l'éducation.

Tableau 11
Automatisation, main-d'œuvre directe et main-d'œuvre indirecte

Ref. = pas de technologie	Salaire moyen des ouvriers	Salaire moyen des non-ouvriers	Part des ouvriers
1 ou 2 technologies	0,077 (0,012)	NS	NS
3, 4 ou 5 technologies	0,096 (0,012)	0,030 (0,016)	-0,025 (0,006)
6 + technologies	0,144 (0,014)	0,078 (0,018)	-0,025 (0,007)

Contrôles : classes de taille, secteurs, type de process, prix moyen du produit, région, nombre d'activités, nombre d'établissements de l'entreprise, âge de l'établissement. Ecart-type entre parenthèses. NS : coefficient non significatif au seuil de 5 %.

Source : Dunne et Schmitz, 1995

Doms, Dunne et Troske (1997), affinent l'étude précédente en appariant le fichier des 7 000 établissements avec un fichier de salariés. Cet appariement conduit à un échantillon de 358 établissements et de 34 034 salariés affiliés. Disposant d'au moins 10 salariés par établissement, les auteurs sont en mesure de construire des indicateurs sur le niveau d'éducation et sur le salaire moyen pour certaines catégories d'emplois. Ils ne savent pas si les salariés qu'ils retrouvent dans l'entreprise sont ou non utilisateurs de TFA, et ne peuvent donc pas estimer des taux d'équipement par technologie. *Ils trouvent que les établissements utilisant plus de TFA ont une main-d'œuvre plus éduquée et une part de main-d'œuvre qualifiée plus forte (tableau 12). Cependant, ils ne se distinguent pas des autres établissements du point de vue de la part de la main-d'œuvre indirecte dans les effectifs totaux et dans la masse salariale.*

- TIC, productivité et emploi : deux paradoxes -

Tableau 12
Automatisation, éducation et qualifications

Ref. = 0-3 technologies	4-6 technologies	7-9 technologies	plus 10 technologies
% salariés avec au - 1 "college degree"	NS	NS	0,044 (0,023)
% non ouvriers avec au - 1 "college degree"	0,076 0,029	0,069 (0,031)	0,117 (0,037)
% ouvriers avec au moins "college"	NS	0,045 (0,024)	0,099 (0,029)
% qualifiés	NS	NS	0,052 (0,28)
% non-ouvriers	NS	NS	NS
Part des non-ouvriers dans la masse salariale	NS	NS	NS
salaire des ouvriers	NS	0,119 (0,36)	0,203 (0,043)
salaires des techniciens, employés et vendeurs	NS	0,095 (0,041)	0,127 (0,050)
salaire des cadres	NS	NS	NS

Estimations en coupe en 1988. Contrôles : logarithmes de l'emploi et de l'intensité capitalistique, âge de l'établissement, secteur, région. Qualifiés = "workers in managerial, scientific, engineering or precision-craft occupations". Les équations de salaire (partie inférieure du tableau) sont estimées sur les individus, avec des contrôles de niveau individuel et établissements. Ecart-type entre parenthèses. NS : coefficient non significatif au seuil de 5 %.

Source : Doms, Dunne et Troske, 1997

Les données disponibles permettent aussi de tester des différentiels de salaire, en coupe, en contrôlant les caractéristiques des individus ainsi que l'effet du type d'équipement présent dans l'établissement en 1988 sur les différences longues 1977-1992 de la part de la main-d'œuvre indirecte, du salaire relatif des qualifiés et de l'emploi. On observe que si les établissements plus fortement utilisateurs de TFA rémunèrent mieux les ouvriers, les techniciens,

les employés et les vendeurs, leurs cadres ne sont pas plus payés. Enfin, les TFA favorisent une croissance plus soutenue de l'emploi, tandis qu'elles n'affectent ni l'évolution du salaire relatif des qualifiés, ni celle de la part de la main-d'œuvre indirecte dans l'emploi. *Les différences dans la significativité des résultats en coupe et en différences longues peuvent s'interpréter comme témoignant d'un biais d'endogénéité : ce n'est pas n'importe quel établissement qui adopte les TFA, mais les établissements qui ont déjà un personnel plus qualifié. Par contre, l'utilisation de TFA favorise la croissance de l'emploi.*

Greenan (1996), a réalisé une étude sur un échantillon de 822 entreprises industrielles françaises proche, dans sa méthodologie, de l'étude de Doms, Dunne et Troske. La source utilisée, l'enquête changement organisationnel, réalisée par le SESSI en 1993, fournit à la fois des informations sur les changements organisationnels réalisés entre 1987 et 1992, sur l'usage de robots et de MOCN et sur l'adoption de systèmes de production assistés par ordinateur.

L'étude montre, comme celle de Doms, Dunne et Troske, que l'adoption des TFA a un impact positif sur la croissance de l'emploi. Elle souligne, comme l'étude de Goux et Maurin (1997) que les différentes technologies utilisées dans l'atelier n'ont pas le même effet sur la structure des qualifications en coupe¹. Enfin, il semble que c'est le changement organisationnel et non le changement technologique qui influence l'évolution de la structure des qualifications sur la période 1987-1992 en favorisant les plus qualifiés.

Au total, les études empiriques qui mesurent directement le progrès technique en développant une approche centrée sur les composantes de la combinaison productive débouchent sur des résultats contingents à

(1) *Beaucoup de systèmes assistés par ordinateur, mais ni robot, ni MOCN ; est corrélé à moins d'ouvriers non qualifiés. Des robots et MOCN, mais peu de systèmes assistés par ordinateur ; est corrélé à plus d'ouvriers non qualifiés et moins de professions intermédiaires.*

- TIC, productivité et emploi : deux paradoxes -

l'approche poursuivie (étude sectorielle ou individuelle, étude en coupe ou longitudinale) ainsi qu'aux mesures des technologies utilisées. Il semble notamment qu'une distinction doit être établie entre l'incorporation de l'informatique dans les processus industriels et les développements de la bureautique. De plus, le rôle du facteur organisationnel devrait être approfondi car le "biais technologique" pourrait être, en partie, un "biais organisationnel".

3. Les salariés utilisateurs des TIC sont-ils mieux payés ?

Les études empiriques que nous allons considérer à présent ne s'intéressent pas à la manière dont les TIC viennent transformer la combinaison productive des entreprises mais privilégient une entrée par les salaires. *Elles cherchent à tester directement si l'usage des TIC a des effets sur les inégalités de rémunération observées sur des échantillons de salariés ou sur la probabilité de chômage.* Le lien entre ces études et la notion de "biais technologique" que nous avons décrite est distendu. Les idées sous-jacentes sont soit que les TIC augmentent la productivité des salariés qui les utilisent, soit que ceux-ci ont une rémunération supérieure, car ils présentent des compétences ou des attitudes, non statistiquement mesurables, mais connues de l'employeur, qui les rendent plus aptes à utiliser efficacement les nouvelles technologies.

Au travers de ces intuitions se pose à nouveau la question soulevée dans la partie consacrée au paradoxe de la productivité sur l'appropriation de la rente associée aux TIC. Dans l'hypothèse où la productivité plus grande de ces travailleurs est simplement liée à l'usage de l'outil informatique, la rente devrait bénéficier à l'entreprise qui a investi dans les TIC et non directement aux salariés utilisateurs. Dans l'hypothèse de compétences spécifiques, la prime vient rémunérer une forme de qualification qui ne se lit pas directement dans les classifications d'emploi. Cependant, cette compétence n'est pas forcément intrinsèquement liée à l'individu, même s'il l'incorpore, elle peut aussi être de nature organisationnelle, ou liée à des investissements collectifs. La mesure de cette prime, ainsi qu'une bonne compréhension de son origine est importante

- TIC, productivité et emploi : deux paradoxes -

dès lors que l'on cherche à la fois à comprendre les ressorts de la productivité et à corriger les phénomènes d'inégalités.

3.1 15 % de salaire en plus lorsque l'on utilise l'ordinateur ?

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 (1996, 1997) et Gollac (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 de la télécopie en France (Gollac et Kramarz 1997), avec celui de la calculatrice, 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 et Kramarz (1994) 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 Chennels 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.*

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

3.2 Comment les salaires évoluent-ils dans le temps en présence d'ordinateurs ?

Bell (1996), utilisant des données longitudinales anglaises arrive à un constat qui conforte la thèse de Krueger. Il utilise un panel d'un millier de personnes nées en 1958 et interrogées en 1981 et 1991. Les données de 1981 servent à contrôler des caractéristiques individuelles non mesurées qui pourraient influencer le salaire de 1991. Cela étant plusieurs biais affectent ses résultats. Premièrement, il fait l'hypothèse que sur 10 ans les caractéristiques des individus sont restées constantes. Deuxièmement, en l'absence de données sur les technologies utilisées en 1981, il suppose qu'aucun des individus de l'échantillon ne se servait alors de l'ordinateur. Troisièmement, la génération née en 1958 a de fortes chances de ne pas être représentative de la population active de 1991 du point de vue de son usage de l'informatique.

Gollac et Kramarz (1997) poursuivent leur analyse en coupe par des tests sur données longitudinales concernant une période de 3 ans. Ils montrent que lorsque les salariés qui n'utilisent pas l'informatique se mettent à s'en servir, leur salaire n'augmente presque pas sur le moment. Le bénéfice salarial lié à l'expérience de l'usage d'un ordinateur est, lui aussi, peu significatif. Se servir d'un ordinateur tend à procurer une prime salariale à terme qui est faible, de

- TIC, productivité et emploi : deux paradoxes -

l'ordre de 2 % au bout de quatre ou cinq ans d'utilisation. Cet effet est plus fort pour les salariés les moins formés et les moins qualifiés. Quant à l'usage de la robotique, il apporte, contrairement à l'informatique, un supplément salarial de 4 % qui décroît dans le temps jusqu'à disparaître au bout de 3 ans environ. *Au vu de ces résultats, il semble donc que l'informatique, sous ses différentes formes, n'est pas de nature à bouleverser la structure des salaires.*

Cela ne veut pas dire pour autant qu'elle est sans effet : la disparition progressive de l'effet "informatique", mesuré en coupe, sur les salaires, témoigne de ce que les ordinateurs ne sont pas attribués aux salariés au hasard. L'utilisation de l'informatique suppose un minimum de capital scolaire, tout en apparaissant comme un outil de second rang (Faguer, Gollac, 1997), car elle tend à être moins utilisée par ceux dont le niveau scolaire est le plus élevé. Elle suppose aussi que le salarié a une certaine ancienneté : les entreprises attribuent en priorité les ordinateurs aux salariés qu'elle connaît, en qui elle a confiance. Mais encore une fois, cela n'est plus vérifié pour les diplômés du supérieur. *En ce sens, l'informatique apparaît comme un savoir de techniciens et non de dirigeants, mais c'est un savoir qui protège du chômage et qui peut conduire à l'exclusion de ceux qui sont les moins bien dotés pour y accéder.*

Conclusion

Pour conclure le rapport, nous allons procéder en deux temps. Tout d'abord, nous allons établir un bilan des besoins d'études sur les liens entre TIC, productivité et emploi. Puis nous allons proposer quelques pistes pour orienter l'action des pouvoirs public dans ce domaine.

Un déficit d'études et de mesures statistiques

Le champ des études sur le thème des liens entre TIC, productivité et emploi reste très largement ouvert. Il souffre d'une séparation trop forte des travaux des chercheurs qui traitent des différentes questions que soulève le rapport. Les chercheurs qui s'intéressent à la technologie, à

l'innovation et à l'économie industrielle s'intéressent rarement à la question de l'emploi, tandis que les chercheurs qui s'intéressent au fonctionnement du marché du travail et à l'emploi intègrent rarement la technologie dans leurs problématiques. De plus, la séparation entre la micro-économie et la macro-économie recouvre en partie ce clivage. Enfin, la sociologie du travail a produit de nombreuses contributions qui éclairent les mécanismes à l'œuvre, mais elle évolue, elle aussi, dans un champ séparé.

Le rapport montre aussi qu'il n'y a pas de relation déterministe, inéluctable et univoque entre les TIC, la productivité et l'emploi. Il y a des modes d'appropriation individuels et collectifs de ces technologies, en partie conduits par des variables économiques (prix relatif, structure de la main-d'œuvre de l'entreprise, degré de concurrence sur les marchés), mais aussi dépendants de facteurs sociaux (réseaux d'entraide, capital culturel, place dans la division du travail). Ainsi, la catégorie des TIC doit être éclatée et appréhendée conjointement aux dimensions organisationnelles associées. En première analyse, nous proposons de distinguer l'incorporation des TIC aux machines ou l'automatisation, l'informatique centralisée, l'informatique répartie et la mise en réseau. Il s'avère cependant nécessaire d'approfondir la réflexion en identifiant les nouvelles formes de coordination qui s'appuient sur les TIC.

Un certain nombre d'études empiriques pourraient être réalisées en s'appuyant sur une information statistique d'ores et déjà disponible. Ainsi, en matière d'analyse des effets des TIC sur la productivité, il s'agit d'affiner la compréhension de l'écart entre les effets positifs des TIC sur la productivité mesurée en coupe sur données individuelles d'entreprise et les effets négatifs ou non significatifs obtenus sur données longitudinales macro-sectorielles ou macro-économiques. Dans ce domaine, les études empiriques suivantes font défaut :

- pour le cas de la France, aucune étude macro-économique ou sectorielle n'a été réalisée sur les liens entre TIC et productivité. Le constat mis en valeur dans le rapport repose sur des études réalisées sur données américaines, notamment sur les études récentes d'Oliner et Sichel (1994) et

- TIC, productivité et emploi : deux paradoxes -

de Siegel (1997) ;

- les études longitudinales sur données individuelles d'entreprise sont nécessaires pour prendre la mesure des effets d'apprentissage, en distinguant si possible le type de technologie utilisé et l'ancienneté de l'usage ;
- il est utile de travailler à plusieurs niveaux (individuel/sectoriel/macro-économique) afin de décomposer les effets d'agrégation. Dans le même ordre d'idée, il convient de faire des études sur l'utilisation des TIC, l'évolution des formes de la concurrence et la survie des entreprises ;
- l'estimation de fonctions de production s'appuie en général sur des indicateurs de valeur ajoutée. Or, une partie des *inputs* associés aux TIC prend la forme de consommations intermédiaires. Il convient donc de travailler sur la production plutôt que sur la valeur ajoutée, en isolant les services intenses en connaissances dans les consommations intermédiaires.

En matière d'emploi, deux effets ont été mis en évidence dans les études empiriques existantes. D'une part, l'automatisation et l'informatique industrielle semble protéger l'emploi des entreprises qui y font recours. D'autre part l'informatique est liée à des phénomènes de sélection: les entreprises qui utilisent plus intensément l'informatique sont plus performantes et plus capitalistiques, et pour certains types de technologies, elles ont une main-d'œuvre plus qualifiée ; les salariés utilisateurs sont plus qualifiés, occupent une position intermédiaire dans la hiérarchie et ont une ancienneté plus grande.

Le cadre des analyses des sources de la croissance, s'il permet de mesurer une contribution de l'investissement en TIC à la croissance de la productivité ne permet pas d'appréhender les mécanismes expliquant ces effets sur l'emploi. Pour avancer dans la compréhension des phénomènes complexes à l'œuvre, il apparaît important d'unir les enseignements issus de la théorie de la croissance, de l'économie industrielle, de l'économie du travail et de la sociologie du travail.

- TIC, productivité et emploi : deux paradoxes -

- La contribution propre de la théorie de la croissance devrait être de mettre en lumière les mécanismes de coordination qui garantissent une quasi régularité de la croissance, contribuant à favoriser à la fois la productivité et l'emploi.
- L'économie industrielle permet d'appréhender les liens entre TIC, innovation, concurrence et marché. En distinguant l'effet des TIC sur les procédés de production et leurs effets sur les produits, on peut chercher à comprendre comment les TIC affectent les comportements de prix et les structures de marché, élément fondamental pour interpréter l'ambiguïté des effets de ces technologies sur la productivité.
- L'économie du travail fournit des clefs pour aller au-delà d'une vision en termes de substitution capital/travail dans les processus d'informatisation. L'investissement en TIC est en partie un investissement dans les hommes (outil pour interagir plus facilement, pour calculer plus vite, pour trier et assimiler plus d'informations). Il s'accompagne d'investissements complémentaires dans la formation et dans l'organisation (formalisation de connaissance, écriture des règles). Il convient donc de distinguer le capital qui incorpore les TIC du reste du capital, la main-d'œuvre qui incorpore les investissements immatériels complémentaires aux TIC du reste de la main-d'œuvre et les effets de complémentarité ou de substitution entre ces différents facteurs. Comme le montrent les études empiriques, ceux-ci ne sont pas forcément univoques et dépendent de la forme prise par les TIC. Ainsi, l'informatique industrielle et la bureautique ne semblent pas avoir les mêmes effets sur la main-d'œuvre.
- La sociologie du travail éclaire les phénomènes de sélection de la main-d'œuvre à l'œuvre au sein des entreprises et montre comment le contexte organisationnel dans lequel le processus d'informatisation se déroule joue sur les trajectoires individuelles. L'analyse de ces processus de sélection est importante pour comprendre la genèse de certaines formes d'exclusion, et pour réfléchir à des solutions.

Enfin, l'information statistique est elle-même insuffisante dans un certain nombre de domaines. Tout d'abord l'information sur le secteur tertiaire reste très lacunaire, ce qui conduit la plupart des études à privilégier l'industrie. Pourtant, l'informatique transforme les relations entre l'industrie et le tertiaire, ainsi que les conditions de production des services, qui concernent une part croissante de la main-d'œuvre. De même, les comportements de consommation des TIC sont très mal connus du point de vue professionnel aussi bien que du point de vue privé, et le manque d'information est encore plus fort pour les dépenses en télécommunications. Enfin, il convient de progresser dans la construction d'indices de prix tenant compte de l'évolution de la qualité des biens et des services : l'analyse des effets des TIC sur la productivité repose de manière cruciale sur des outils permettant de séparer les effets-prix des effets-volume.

Quelques pistes pour orienter l'action des pouvoirs publics

Ce rapport montre tout d'abord que la technologie n'est pas, en elle-même un problème : il n'y a pas de déterminisme inéluctable et univoque de la technologie, mais des choix individuels et collectifs en matière de renouvellement de la capacité productive autour des investissements immatériels dont les TIC font partie.

Certaines entreprises réussissent leur informatisation, en préservant l'emploi, y compris non qualifié : ce sont les entreprises qui, par leurs gains de productivité antérieurs, peuvent payer le coût de l'informatisation et des changements organisationnels associés et occuper une position-clef dans les nouveaux réseaux qui se construisent autour des TIC.

Pour cette raison, *les TIC sont potentiellement sources d'inégalités*, ce qui expliquerait en partie une hétérogénéité assez forte de leurs effets sur les entreprises, et une divergence entre les effets mesurés au niveau micro et macro-économique. Ces inégalités concernent à la fois les entreprises et les personnes (salariés et chômeurs) et peuvent justifier une intervention sélective des pouvoirs publics. Elles ne recouvrent pas cependant les cadres traditionnels d'analyse des conflits de répartition. *L'incitation à*

- TIC, productivité et emploi : deux paradoxes -

l'investissement pour les entreprises ne consacrant pas assez de ressources à l'apprentissage et le soutien à la formation pour les personnes démunies de capital scolaire doivent être deux axes privilégiés de l'action des pouvoirs publics.

Tout d'abord, les TIC transforment les rapports de force entre les entreprises, qui peuvent être à la fois créateurs et destructeurs de richesses : créateurs lorsqu'ils impliquent une réallocation des activités vers les nouveaux gisements de productivité, destructeurs lorsqu'ils conduisent une population limitée d'entreprises à s'approprier le surplus associé à l'usage des TIC en occupant une position dominante au sein de réseaux. L'inégalité des entreprises face à l'usage des TIC est associée à des problèmes d'information, d'organisation, d'appropriation intellectuelle et de standards.

En matière d'information, comme en matière d'organisation, une informatisation réussie a un coût non négligeable, difficile à supporter pour de petites structures. Elle nécessite une expertise, une vision stratégique et du temps. En effet, les entreprises ne se heurtent pas tant à la difficulté de trouver une offre en matière d'informatique, qu'à la difficulté de sélectionner les produits adaptés (matériels, logiciels et applicatifs, périphériques) dans un contexte d'obsolescence rapide des produits, de fragilité des prestataires de service et de standards multiples. De plus, elles sous-estiment souvent les problèmes d'organisation qui peuvent être démultipliés par une informatisation mal planifiée. *Dans ce contexte, il peut être utile d'aider les PME, en les guidant vers une expertise et un conseil indépendant, dès lors qu'elles se lancent dans un processus d'informatisation. Ce conseil ne doit pas négliger la dimension organisationnelle qui est fondamentale. Dans le même ordre d'idées, il serait précieux pour toutes les entreprises d'avoir aisément accès à une information sur les formes d'informatisation faciles à implanter en fonction des objectifs recherchés.*

Par ailleurs, les innovations associées à l'introduction des TIC dans les procédés et les produits ne sont que partiellement protégés par les dispositifs de propriété intellectuelle, ce qui ouvre la voie à des comportements de prédation. Une analyse un peu fine des conditions de concurrence dans les

secteurs moteurs de la diffusion des TIC, notamment les SSII, pourrait aussi aider à améliorer les dispositifs de protection existants tout en préservant les externalités de réseau. La question des standards est aussi très importante. Les bénéfices de l'informatisation ne peuvent rester que partiels si les outils ne sont pas là pour transférer et décoder aisément les informations. Elle est cependant complexe, car les standards universellement opérants sont rares. Ainsi, les besoins des entreprises dépendent de l'usage qu'elles font de l'informatique. En la matière, *les pouvoirs publics peuvent jouer un rôle éducatif en avançant dans leur réflexion sur les échanges d'informations qu'ils réalisent avec les entreprises*. L'harmonisation des nomenclatures est un préalable coûteux et indispensable qui doit reposer sur un effort collectif.

L'inégalité des personnes face aux TIC risque aussi d'être tenace si un effort de formation n'est pas mis en œuvre. Cette formation doit tout d'abord être générale : aujourd'hui 40 % de la main-d'œuvre utilise les TIC, demain, ce sera la majorité des salariés. Cette formation concerne au premier chef le rapport à l'écrit et donc l'enseignement primaire et secondaire. On ne peut pas se servir de l'informatique si l'on ne sait pas écrire. On ne peut développer une autonomie face à l'outil technique si l'on ne maîtrise pas les techniques de recherche documentaire rarement enseignées à l'école. Ainsi, la mise à disposition de connections sur l'Internet à l'école peut éveiller la curiosité des élèves, mais elle est insuffisante si les conditions d'un apprentissage de l'informatique ne sont pas réunies : possibilité d'accéder individuellement à l'ordinateur, accès aisé à une aide, fonctionnement sous forme de micro-réseaux d'utilisateurs. *La formation à l'écrit, à la recherche documentaire, au travail collectif est tout aussi importante que la formation à l'outil technique*. Avec l'évolution récente des TIC, la situation la plus dommageable dans les entreprises est celle où un petit nombre d'experts maîtrisent seuls la technique face à une masse d'utilisateurs incompetents.

Au sein des entreprises, la population des salariés se polarise avec la diffusion de l'informatique : les cadres qui prennent les décisions en matière d'informatisation ne sont pas forcément des utilisateurs, tandis que les catégories les plus fortement démunies en capital scolaire ont tendance à

- TIC, productivité et emploi : deux paradoxes -

s'auto-exclure de l'accès à la technique. Ceci conduit parfois les entreprises à favoriser une main-d'œuvre plus qualifiée lorsque l'informatique se diffuse. Pourtant, des expériences ont montré qu'il était tout à fait possible de former des non-qualifiés à l'informatique, pour autant que la transition soit planifiée et suivie. Ainsi, une action possible pour les pouvoirs publics serait de reconnaître le coût supplémentaire supporté par les entreprises qui s'informatisent en gardant leur main-d'œuvre non qualifiée, en proposant un conseil, des formations, ainsi que des allègements de charge sur les salaires de la main-d'œuvre concernée.

Bibliographie

AMENDOLA (M.), GAFFARD (J.-L.), (1988a), *The Innovative Choice*, Oxford, Blackwell.

AMENDOLA (M.), GAFFARD (J.-L.), (1988b), *La dynamique économique de l'innovation*, Economica, Paris.

AMENDOLA (M.), GAFFARD (J.-L.), (1997), *Out of Equilibrium*, ouvrage soumis pour publication.

ANTONELLI (C.) (e), (1994), "The Economics of Standards", Special Issue *Information, Economics and Policy*, vol. 6, n° 3-4.

ANTONELLI (C.), (1997), *Localized Technological Change, New Information Technology and the Knowledge-Based Economy: the European Evidence*, miméo université de Sassari.

AQUAIN (V.), CEZARD (M.), GOLLAC (M.), VINCK (L.), (1994), "L'usage des nouvelles technologies continue de s'étendre", *Premières Synthèses*, DARES, n° 49, 2 mai.

ARNAL (N.), DUMONTIER (F.), JOUET (J.), (1991), "Equipements et pratiques de communication", enquête "loisirs", mai 1987-mai 1988, *INSEE résultats*, série "Consommation, modes de vie", n° 23-24.

BARTEL (A.), LICHTENBERG (F.), (1987), "The Comparative Advantage of Educated Workers in implementing New Technology", *Review of Economics and Statistics*, vol. LXIX, n° 1, février.

BALLET (B.), (1994), "Les achats de progiciels dans l'industrie : chaque année une entreprise sur trois", *Le 4 pages des statistiques industrielles*, n° 40, septembre.

BELL (D.), (1963), *The Coming of Post-Industrial Society*, New York : Basic Books.

BELL (D.), (1996), *Shill Biased Technical Change and Wages : Evidence from a Longitudinal Data Set*, Institute of Economics and Statistics, miméo

- TIC, productivité et emploi : deux paradoxes -

université d'Oxford.

BENSAID (A.), GREENAN (N.) et MAIRESSE (J.), (1996), *Informatisation, emploi et productivité : une étude sur données de panel, industrie et services, 1986-1992*, miméo INSEE, avril.

BENSAID (A.), GREENAN (N.) et MAIRESSE (J.), (1997), "Informatisation, recherche et productivité", *Revue Economique*, vol. 48, n° 3, p. 591-603.

BERGSTRÖM (V.), PANAS (E.E.), (1992), "How Robust is the Capital-Skill Complementarity Hypothesis", *Review of Economics and Statistics*, vol. LXXIV, n° 3, août.

BERMAN (E.), BOUND (J.) et GRILICHES (Z.), (1994), "Changes in the Demand for Skilled Labor Within US Manufacturing : Evidence From the Annual Survey of Manufactures", *Quarterly Journal of Economics*, vol. CIX, n° 2, mai.

BERMAN (E.), MACHIN (S.) et BOUND (J.), (1995), *Implications of Skill-Biased Technological Change : International Evidence*, Expert Workshop on Technology, Productivity and Employment : Macro-economic and Sectoral Evidence, OCDE, Paris.

BERNDT (E.R.), MORRISON (C.J.), (1991), "Assessing the Productivity Impact of Information technology equipment in US Manufacturing Industries", *NBER document de travail*, n° 3582, janvier.

BERNDT (E.R.), MORRISON (C.J.) et ROSENBLUM (L.), (1992), "High-tech Capital Formation and Labor Composition in US Manufacturing Industries : an Exploratory Analysis", *NBER document de travail*, n° 4010, mars.

BETTS (J.R.), (1997), "The Skill Bias of technological Change in Canadian Manufacturing Industries", *Review of economics and Statistics*, vol. LXXIX, n° 1, février.

BOSKIN (M.), DULBERGER (E.), GRILICHES (Z.), GORDON (R.) et JORGENSEN (D.), (1996), *Toward a More Accurate Measure of the Cost of Living*, rapport final de la commission des finances du Sénat, Etats-Unis, décembre.

- TIC, productivité et emploi : deux paradoxes -

BOUABDALLAH (K.), DURAND (J.-P.), GREENAN (N.), KIRAT (T.), LACROIX (G.), MORET (L.), VILLEVAL (M.-C.), (1997), *Innovation, réallocation des emplois et sélection de la main-d'œuvre*, rapport pour le Commissariat général du Plan, service des affaires sociales, février.

BRAVERMAN (H.), (1974), *Labor and Monopoly Capital : the Degradation of Work in the Twentieth Century*, New York : Monthly Review Press.

BROUSSEAU (E.), (1994), "EDI and Inter-Firm Relationships : Toward a Standardization of Coordination Processes ?", *Information, Economics and Policy*, vol. 6, n° 3-4, p. 319-347.

BRYNJOLFSSON (E.), HITT (L.), (1993), "Is Information Spending Productive ? New Evidence and New Results", *MIT document de travail*, juin, forthcoming in *the Proceedings of the 14th International Conference on Information Systems*.

CABY (L.), GREENAN (N.), GUEISSAZ (A.) et RALLET (A.), (1997), "Informatisation, organisation et performances : quelques propositions pour une modélisation", à paraître dans un numéro spécial à 3 labels : *Revue Economique, Sociologie du Travail, Revue Française de Gestion*.

CAROLI (E.), GREENAN (N.) et GUELLEC (D.), (1997), *Organisational Change and human Capital Accumulation*, document de travail du Cepremap, n° 9719, décembre.

CEZARD (M.), DUSSERT (F.) et GOLLAC (M.), (1992), "Taylor va au marché : organisation du travail et informatique", *Travail et Emploi*, n° 54.

CHENNELS (L.), VAN REENEN (J.), (1995), *Wages and technology in British plants: do workers get a fair share of the plunder ?*, Londres, Institute for Fiscal Studies & University College London, miméo.

COTIS (J.-P.), GERMAIN (J.-M.) et QUINET (A.), (1997), "Les effets du progrès technique sur le travail peu qualifié sont indirects et limités", *Economie et Statistique*, n° 301-302, p. 23-43.

DAVIS (S.T.), FUJIMURA (H.), IMANO (K.), MAURICE (M.), NOHARA (H.), SHIMODA (T.) et SILVESTRE (J.-J.), (1995), Le secteur du logiciel : prolongation du modèle industriel ou organisation productive originale, comparaison France-Japon, compte rendu de fin d'étude d'une recherche financée par le ministère de la Recherche et de la Technologie, LEST, juin.

DI NARDO (J.E.), PISCHKE (J.S.), (1997), "The Returns to Computer Use Revisited : Have Pencils Changed the wage Structure Too", *Quarterly Journal of Economics*, vol. CXII, n° 1, février.

DOMS (M.), DUNNE (T.) et TROSKE (K.), (1997), "Workers, Wages, and Technology", *Quarterly Journal of Economics*, vol. CXII, n° 1, février.

DUNNE (T.), SHMITZ (J.A.), (1995), "Wages, Employment Structure and Employer Size-Wage Premia : Their Relationship to Advanced-technology Usage at US Manufacturing Establishments", *Economica*, n° 62.

ENTORF (H.), KRAMARZ (F.), (1994), *The Impact of New Technologies on Wages and Skills : lessons from matching data on employees and on their firms*, document de travail INSEE.

FAGUER (J.-P.), GOLLAC (M.), (1997), *Ordinateur universel ou ordinateur personnel ? Les fonctions sociales de la clarté et de l'ambiguïté dans la définition des techniques*, miméo CEE, 9 avril.

GAFFARD (J.-L.), (1997), "Anatomie de la croissance molle. Un commentaire", *Revue de l'OFCE*, n° 61.

GOLLAC (M.), (1989), "Dans les banques, une informatisation intensive mais traditionnelle", *La lettre d'information de l'ANACT*, n° 135, novembre.

GOLLAC (M.), (1997), *Utiliser l'informatique au travail*, miméo CEE, 21 février.

GOLLAC (M.), KRAMARZ (F.), (1996), *Are New Technology Workers Protected from Unemployment. An Investigation using Matched Worker-Establishment Panels*, AEA meeting, San Francisco, janvier.

GOLLAC (M.), (1996), "Le capital est dans le réseau : la coopération dans l'usage de l'informatique", *Travail et emploi*, n° 64.

- TIC, productivité et emploi : deux paradoxes -

GOLLAC (M.), KRAMARZ (F.), (1997), “L’ordinateur : un outil de sélection ? Utilisation de l’informatique, salaires et risque de chômage”, *Revue Economique*, vol. 48, n° 5, septembre.

GOLLAC (M.), MANGEMATIN (V.), MOATTY (F.), et SAINT-LAURENT (A.-F.), (1997), “A quoi sert donc l’informatique ? Revue d’études de cas”, à paraître dans un numéro spécial à 3 labels : *Revue Economique, Sociologie du Travail, Revue Française de Gestion*.

GOUX (D.), MAURIN (E.), (1997), “Le déclin de la demande de travail non qualifié. Une méthode d’analyse empirique et son application au cas de la France”, *Revue Economique*, vol. 48, n° 5, septembre .

GREENAN (N.), (1996), “Innovation technologique, changements organisationnels et évolution des compétences”, *Economie et Statistique*, n° 128.

GREENAN (N.), (1996), “Progrès technique et changements organisationnels : leur impact sur l’emploi et les qualifications”, *Economie et Statistique*, n° 128.

GREENAN (N.), MAIRESSE (J.), (1996), “Computer and Productivity in France : Some Evidence”, *NBER document de travail*, n° 5836, novembre.

GREENAN (N.), MANGEMATIN (V.), (1997), “Informatisation, organisation et performances : autour du paradoxe de la productivité”, à paraître dans un numéro spécial à 3 labels : *Revue Economique, Sociologie du Travail, Revue Française de Gestion*.

GRILICHES (Z.), (1969), “Capital-Skill Complementarity”, *Review of Economics and Statistics*, vol. LI, n° 4, novembre.

GRILICHES (Z.), (1994), “Productivity, R&D and the Data Constraint”, *American Economic Review*, vol. 84, n° 1.

JORGENSON (D.W.), STIROH (K.), (1995), “Computers and Growth”, *Economics of Innovation and New Technology*, vol. 3, n° 3-4.

KATZ (D.H.), KRUEGER (A.B.), (1997), “Computing Inequality: Have Computers Changed the Labor Market ?”, *NBER document de travail*, n° 5956, mars.

KRUEGER (A.B.), (1993), "How Computers have changed the Wage Structure: Evidence from microdata", *Quarterly Journal Of Economics*, février.

LECHEVIN (J.-P.), LANOË (D.), LE JOLIFF (G.), (1993), "Vivre les nouvelles technologies", *Travail et Emploi*, n° 56.

LEGRENZI (C.), SOULIER (E.), (1997), *La productivité des travailleurs de l'information*, miméo CIGREF.

LEQUILLER (F.), (1997), "L'indice des prix à la consommation surestime-t-il l'inflation ?", *Economie et Statistique*, n° 303.

LEVY (F.), MURNANE (R.), (1996), "With What Skills Are Computer Complement", *AEA Papers and Proceedings*, vol. 86, n° 2, mai.

LICHTENBERG (F.), (1995), "The Output Contributions of Computer Equipment and Personnel : a Firm-Level Analysis", *Economics of Innovation and New Technology*, Special Issue on Information Technology and the Productivity Paradox, vol. 3, n° 3-4, p. 201-218.

MIHOUBI (F.), (1997), "Coût des facteurs et substitution capital-travail : une analyse sur le secteur manufacturier", *Economie et Statistique*, n° 301-302.

MUMFORD (E.), BANKS (O.), (1967), *The Computer and the Clerk*, London : Routledge, Kegan Paul.

OLINER (S.D.), SICHEL (D.E.), (1994), "Computers and Output Growth Revisited: How Big Is the Puzzle", *Brookings Papers on Economic Activity*, n° 2.

OSTERMAN (P.), (1986), "The Impact of Computers on the Employment of Clerks and Managers", *Industrial and Labor Relations Review*, vol. 39, n° 2, janvier.

PETIT (P.), SOETE (L.), (1997), *Is a Biased Technological Change Fueling Dualism ?*, miméo CEPREMAP, mars.

SALONER (G.), (1990), "Economic Issues in Computer Interface Standardization", *Economics of Innovation and New Technologies*, vol. 1.

- TIC, productivité et emploi : deux paradoxes -

SICHEL (D.E.), (1997), “The Productivity Slowdown : Is a Growing Unmeasurable Sector the Culprit ?”, *Review of Economics and Statistics*, vol. LXXIX, n° 3, août.

SIEGEL (D.), (1997), “The Impact of Computers on Manufacturing Productivity Growth : a Multiple-Indicators, Multiple-Causes Approach”, *Review of Economics and Statistics*, vol. LXXIX, n° 1, février.

ZIMMERMAN (J.B.), (1993), *L'industrie du logiciel, de la protection à la normalisation*, document de travail du GREQE, n° 93B05, décembre.

Glossaire

Étude en coupe : Une étude en coupe est une étude où l'on compare des unités observées entre elles, à une même date, ou en moyenne sur une période. Ces unités peuvent être des salariés, des entreprises, des établissements, des secteurs ou encore, des pays. Par exemple, on va observer, en 1997 un échantillon d'entreprises pour lesquelles on dispose des variables nécessaires à l'estimation d'une fonction de production. Cette estimation montre que les entreprises plus intensément informatisées en 1997, sont, à cette même date, plus productives. Lorsque l'on a un résultat de ce type, il est abusif d'en conclure que les entreprises qui accroissent leur informatisation deviennent plus productives. Ce type de conclusion ne peut reposer que sur une étude longitudinale.

Étude longitudinale : Une étude longitudinale est une étude où l'on analyse le comportement dans le temps des unités observées. Par exemple, sur la période 1957-1997, on dispose, pour l'économie tout entière, des variables nécessaires à l'estimation d'une fonction de production. Si l'on estime une équation où l'on explique la croissance du PIB par tête, par la croissance de la part des dépenses informatiques dans le capital, on peut être amené à conclure que lorsque l'informatique se diffuse (la part des dépenses informatiques augmente), l'économie devient plus productive. On peut aussi dynamiser ce modèle en y ajoutant des variables retardées, permettant de mieux comprendre des effets qui jouent dans le temps, par exemple, vérifier si c'est la croissance instantanée (à t) de la part des dépenses informatiques qui affecte la productivité, ou si c'est la croissance passée (à $t-1$, $t-2$, $t-3$, etc.). Enfin, les données de panel ou les données individuelles-temporelles sont des données où l'on dispose, pour plusieurs années, d'informations concernant un échantillon d'unités d'observation. Ce type de données permet à la fois de mener des études en coupe (estimation sur une année ou estimation sur des moyennes concernant plusieurs années, dites estimations dans la dimension "inter" ou en "between") et des études longitudinales (estimation sur des différences premières, des différences longues, ou des écarts à la moyenne

concernant plusieurs années, dites estimations dans la dimension “intra” ou en “within”).

Biais d’endogénéité : Les coefficients estimés dans une régression peuvent souffrir d’un “biais d’endogénéité”, s’ils sont associés à des variables qui peuvent être expliquées par la variable endogène. Par exemple, on teste si les entreprises qui augmentent la part de leur dépense informatique deviennent plus productives. Ici, la variable expliquée est la croissance de la productivité, la variable explicative la croissance de la part de la dépense informatique. Si, par ailleurs, on soupçonne que les entreprises initialement plus productives augmentent davantage leur dépense informatique, le coefficient associé à l’informatique dans l’équation précédente est biaisé (en réalité, il est plus élevé ou plus faible que celui qui est estimé), car la part des dépenses informatique n’est pas exogène comme on le suppose en conduisant l’estimation, mais endogène, puisqu’elle dépend de la productivité. Ce biais peut être corrigé en faisant appel à des techniques économétriques spécifiques.

Biais technologique : Contrairement au biais d’endogénéité, le biais technologique est un concept lié à la théorie économique et non à la pratique économétrique. Il y a biais technologique en faveur (défaveur) d’un facteur de production lorsque le progrès technique conduit à ce que, pour des coûts et un niveau de production donnés, la demande pour ce facteur augmente (respectivement diminue). Par conséquent, un progrès technique biaisé génère un choc sur la demande de travail qui affecte la répartition : le facteur favorisé représente, après ce choc, une part accrue de la valeur ajoutée.

Complémentarité entre capital et main-d’œuvre qualifiée : Cette complémentarité traduit une propriété des fonctions de production ou de coût lorsque l’on suppose que la substitution entre facteurs n’est ni unitaire, ni infinie. Deux facteurs sont complémentaires lorsque leur élasticité partielle de substitution est négative. C’est-à-dire lorsque la quantité demandée de chacun des facteurs diminue lorsque le prix de l’autre augmente. Par conséquent, si le capital et la main-d’œuvre qualifiée sont complémentaires, lorsque le prix du capital diminue, les demandes de capital et de main-d’œuvre qualifiée

- TIC, productivité et emploi : deux paradoxes -

augmentent. Cette complémentarité pourrait expliquer, sans faire référence à un choc sur la demande de travail, la croissance de la demande de main-d'œuvre qualifiée relativement à la main-d'œuvre non qualifiée. Le même effet pourrait être obtenu, si capital et main-d'œuvre sont substituables, mais s'il est plus difficile de substituer du capital à de la main-d'œuvre qualifiée qu'à de la main-d'œuvre non qualifiée. Dans ce cas, nous parlons dans le rapport de complémentarité "faible".

Tableau 10 : Approches du biais technologique centrées sur la combinaison productive

LE PROGRES TECHNIQUE COMME FACTEUR RESIDUEL			
(a) Décompositions comptables des variations sectorielles d'emplois			
Berman, Bound, Griliches (1994)	450 secteurs industriels	Etats-Unis	1959-73, 1973-79, 1979-87
Berman, Machin, Bound (1995)	450, 100, 28 secteurs industriels	Etats-Unis, Royaume-Uni, 9 pays OCDE	1970-1990
Goux, Maurin (1997)	34 secteurs (y compris services)	France	1975-1993
(b) Estimations de fonctions de coût au niveau macro-sectoriel			
Bergström, Panas (1992)	8 secteurs industriels	Suède	1963-1980
Betts (1997)	18 secteurs industriels	Canada	1962-1986
Mihoubi (1997)	17 secteurs industriels	France	1976-1989
LE PROGRES TECHNIQUE DIRECTEMENT MESURE			
(a) Approches sectorielles			
Osterman (1986)	40 secteurs (y compris services)	Etats-Unis	1978-1972
Bartel, Lichtenberg (1987)	61 secteurs industriels	Etats-Unis	1960, 1970, 1980
Berndt, Morrison, Rosenblum (1992)	20 secteurs industriels	Etats-Unis	1976-1986
Berman, Bound, Griliches (1994)	450 secteurs industriels	Etats-Unis	1959-73, 1973-79, 1979-87
Goux, Maurin (1997)	34 secteurs (y compris services)	France	1975-1993
(b) Approches centrées sur l'établissement ou l'entreprise			
Dunne, Schmitz (1995)	7 000 établissements industriels	Etats-Unis	1988

- TIC, productivité et emploi : deux paradoxes -

Doms, Dunne, Troske (1997)	358 établissements industriels	Etats-Unis	1988 et 1977-1988
Greenan (1996)	822 entreprises industrielles	France	1987-1992

