

Les technologies de l'information et les économies du G7 Information Technology and the G7 Economies

Dale W. Jorgenson

Volume 81, numéro 1-2, mars-juin 2005

Productivité et croissance économique à l'ère de l'information : une perspective internationale

URI : <https://id.erudit.org/iderudit/012836ar>

DOI : <https://doi.org/10.7202/012836ar>

[Aller au sommaire du numéro](#)

Éditeur(s)

HEC Montréal

ISSN

0001-771X (imprimé)

1710-3991 (numérique)

[Découvrir la revue](#)

Citer cet article

Jorgenson, D. W. (2005). Les technologies de l'information et les économies du G7. *L'Actualité économique*, 81(1-2), 15-45. <https://doi.org/10.7202/012836ar>

Résumé de l'article

Dans cet article, je compare la croissance économique des divers pays du G7 – le Canada, la France, l'Allemagne, l'Italie, le Japon, le Royaume-Uni et les États-Unis. Ces comparaisons s'articuleront autour des répercussions de l'investissement dans les technologies de l'information et les logiciels au cours de la période 1980-2001. En ayant recours aux prix internationaux harmonisés, j'ai analysé le rôle de l'investissement et de la productivité comme sources de la croissance dans les pays du G7 au cours de la période 1980-2001. J'ai subdivisé cette période de part et d'autre des années quatre-vingt-neuf et quatre-vingt-quinze, afin de pouvoir me concentrer davantage sur l'époque la plus récente. J'ai décomposé la croissance de la production de chaque pays en accroissement des intrants et en hausse de la productivité. Enfin, j'ai réparti l'augmentation des intrants entre les investissements dans les biens corporels, particulièrement dans le domaine des technologies de l'information et des logiciels, et dans le capital humain.

LES TECHNOLOGIES DE L'INFORMATION ET LES ÉCONOMIES DU G7*

Dale W. JORGENSON
Harvard University

RÉSUMÉ – Dans cet article, je compare la croissance économique des divers pays du G7 – le Canada, la France, l'Allemagne, l'Italie, le Japon, le Royaume-Uni et les États-Unis. Ces comparaisons s'articuleront autour des répercussions de l'investissement dans les technologies de l'information et les logiciels au cours de la période 1980-2001. En ayant recours aux prix internationaux harmonisés, j'ai analysé le rôle de l'investissement et de la productivité comme sources de la croissance dans les pays du G7 au cours de la période 1980-2001. J'ai subdivisé cette période de part et d'autre des années quatre-vingt-neuf et quatre-vingt-quinze, afin de pouvoir me concentrer davantage sur l'époque la plus récente. J'ai décomposé la croissance de la production de chaque pays en accroissement des intrants et en hausse de la productivité. Enfin, j'ai réparti l'augmentation des intrants entre les investissements dans les biens corporels, particulièrement dans le domaine des technologies de l'information et des logiciels, et dans le capital humain.

ABSTRACT – *Information Technology and the G7 Economies.* In this paper I present new international comparisons of economic growth among the G7 nations – Canada, France, Germany, Italy, Japan, the U.K. and the U.S. These comparisons focus on the impact of investment in information technology (IT) equipment and software over the period 1980-2000. Using internationally harmonized prices, I have analyzed the role of investment and productivity as sources of growth in the G7 countries over the period 1980-2000. I have subdivided the period in 1989 and 1995 in order to focus on the most recent experience. I have decomposed growth of output for each country between growth of input and productivity. Finally, I have allocated the growth of input between investments in tangible assets, especially information technology and software, and human capital.

* L'Economic and Social Research Institute a fourni du soutien financier dans le cadre de son programme de collaboration internationale par l'entremise du Nomura Research Institute. Je suis très reconnaissant à Jon Samuels pour son excellente aide dans les recherches. Alessandra Colecchia, Mun S. Ho, Kazuyuki Motohashi, Koji Nomura, Kevin J. Stiroh, Marcel Timmer et Bart van Ark ont fourni de précieuses données. Le Bureau of Economic Analysis et le Bureau of Labor Statistics nous ont prêté main forte relativement aux données pour les États-Unis, et Statistique Canada a fourni les données pour le Canada. Je leur en suis reconnaissant, mais j'accepte l'entière responsabilité pour toute lacune qui pourrait éventuellement y subsister.

INTRODUCTION

Dans cet article, je comparerai la croissance économique des divers pays du G7 – le Canada, la France, l'Allemagne, l'Italie, le Japon, le Royaume-Uni et les États-Unis. Ces comparaisons s'articuleront autour des répercussions de l'investissement dans les technologies de l'information et les logiciels au cours de la période 1980-2001. En 1998, les pays du G7 étaient à l'origine de près de 60 % de la production mondiale¹ et d'une proportion encore plus importante des investissements en technologies de l'information. La croissance économique au sein du G7 a fortement repris depuis 1995, stimulée par des investissements considérables dans les technologies de l'information.

Aux États-Unis, l'accélération de la croissance économique au cours des années quatre-vingt-dix et le rôle crucial des investissements en technologies de l'information ont été abondamment documentés et étudiés². Toutefois, une tendance similaire a été plus difficile à mettre en lumière dans les autres pays du G7, entre autres à cause des disparités entre les divers indices officiels de prix pour le matériel de technologies de l'information et les logiciels, comme cela a d'ailleurs été noté par Andrew Wyckoff³. Paul Schreyer a construit un indice de « prix internationaux harmonisés » pour les technologies de l'information, lequel élimine beaucoup de ces divergences⁴.

En ayant recours aux prix internationaux harmonisés, j'ai analysé le rôle de l'investissement et de la productivité comme sources de la croissance dans les pays du G7 au cours de la période 1980-2001. J'ai subdivisé cette période de part et d'autre des années quatre-vingt-neuf et quatre-vingt-quinze, afin de pouvoir me concentrer davantage sur l'époque la plus récente. J'ai décomposé la croissance de la production de chaque pays en accroissement des intrants et en hausse de la productivité. Enfin, j'ai réparti l'augmentation des intrants entre les investissements dans les biens corporels, particulièrement dans le domaine des technologies de l'information et des logiciels, et dans le capital humain.

Dans les pays du G7, la croissance du capital de technologies de l'information par personne a bondi pour atteindre les deux chiffres après 1995. Cela peut être attribué à la décroissance accélérée des prix dans le secteur des technologies de l'information, une question que j'ai par ailleurs analysée dans mon discours *Presidential Address* à l'American Economic Association⁵. Le rebond de l'invest-

1. Voir Angus Maddison (2001) pour les données de 1998 sur le PIB mondial et celui de chaque membre du G7.

2. Voir Dale Jorgenson et Kevin Stiroh (2000), de même que Stephen Oliner et Daniel Sichel (2000).

3. Voir Wyckoff (1995).

4. Voir Schreyer (2000). Alessandra Colecchia et Schreyer (2002) ont utilisé ces prix internationaux harmonisés pour mesurer les répercussions des investissements dans les technologies de l'information.

5. Voir Jorgenson (2001).

tissement s'est avéré le plus marqué au Canada, bien que la croissance du capital n'y ait été que légèrement inférieure à celles du Japon, des États-Unis et du Royaume-Uni. Si la France, l'Allemagne et l'Italie ont aussi enregistré une croissance dans les deux chiffres, celle-ci était loin du peloton de tête.

Au cours de la décennie quatre-vingt, la productivité n'a pas beaucoup stimulé la croissance dans les pays du G7, sauf au Japon où elle a été à l'origine de 30 % de la croissance économique. La productivité a compté pour seulement 16 % de la croissance économique aux États-Unis, 13 % en France, 12 % au Royaume-Uni, et 11 % en Allemagne; au Canada, seulement 2 % de la croissance était attribuable à la productivité, tandis que la baisse de la productivité retardait la croissance à un rythme de 14 % en Italie. De 1989 à 1995, la progression de la productivité a continué à s'éroder dans les pays du G7, à l'exception de l'Italie et de l'Allemagne. La productivité a diminué en France et au Royaume-Uni, tout en demeurant positive pour les États-Unis, le Canada et le Japon.

Après 1995, la productivité a repris dans tous les pays du G7, sauf en Allemagne et en Italie. La remontée s'est avérée la plus marquée au Canada, au Royaume-Uni et en France, ce qui a en partie compensé pour des années de croissance anémique. Sur la période 1980-1995, le Japon a enregistré le plus fort gain de production par personne dans le G7. Au Japon, le niveau de production par personne a augmenté, passant du plus faible au sein du G7 pour rejoindre celui du milieu du groupe. Bien que cette remontée soit davantage le fait des intrants par personne que de la productivité, la croissance de la productivité nipponne a éclipsé – et de loin – celle de tous les autres membres du G7. Néanmoins, la productivité du Japon est demeurée la plus faible du G7.

Au cours de la période 1989-2000, les États-Unis ont dominé le G7 quant à la production par personne. L'avance dont le Canada jouissait en 1980 était disparue en 1989. Les États-Unis menaient au sein du G7 quant aux intrants par personne en 1980-2000, même si la productivité de ce pays se languissait en deçà de celle du Canada, de la France et de l'Italie.

Dans la première section, j'esquisserai la méthodologie que j'utiliserai pour cette étude, d'ailleurs semblable à celle de ma *Presidential Address*. J'ai révisé les données concernant les États-Unis et je les ai mises à jour jusqu'à la fin de 2001. Statistique Canada a construit des données semblables concernant les investissements dans les technologies de l'information⁶. Les données pour la France, l'Allemagne, l'Italie et le Royaume-Uni ont été mises au point à l'intention de la Commission européenne par Bart van Ark *et al.*⁷. Enfin, les données pour le Japon ont été recueillies par Kazuyuki Motohashi et moi pour la Research

6. Voir John Baldwin et Tarek Harchaoui (2002).

7. Voir van Ark, Johanna Melka, Nanno Mulder, Marcel Timmer et Gerard Ypma (2002).

Institute on Economy, Trade and Industry⁸. J'ai rendu compatibles ces diverses séries à l'aide des parités des pouvoirs d'achat pour 1999, publiées par l'OCDE⁹.

Dans la deuxième section, je me pencherai sur les répercussions des investissements dans les technologies de l'information et sur l'importance comparative de l'investissement et de la productivité comme explications de la croissance économique dans les pays du G7. Les investissements dans les ressources humaines et les actifs corporels, particulièrement dans le matériel de technologies de l'information et les logiciels, sont à l'origine de l'essentiel de la croissance. Il faut tenir compte des disparités dans la composition du capital et de l'intrant travail pour bien jauger les écarts internationaux persistants dans la production et expliquer l'impact des investissements dans les technologies de l'information.

Dans la troisième section, j'examinerai diverses approches possibles pour effectuer des comparaisons entre pays. L'important regain d'intérêt de la part des économistes pour les questions de croissance remonte à la mise à jour et à la prolongation, par Maddison (1982), des estimations effectuées par Simon Kuznets (1971) et portant sur la croissance à long terme du produit national et de la population de 14 pays industrialisés, incluant les pays du G7. Maddison (1982, 1991) a ajouté l'Autriche et la Finlande à la liste des pays étudiés par Kuznets, et il a fourni des taux de croissance pour des périodes remontant jusqu'à 1820 et se prolongeant jusqu'en 1989.

Maddison (1987, 1991) a aussi décomposé la croissance des principaux pays industrialisés, mais sans effectuer de comparaison de niveaux absolus comme celles qui figurent à la première section ci-après. En conséquence, les écarts de productivité n'ont pas été utilisés dans la formulation canonique des « régressions de la croissance » par William Baumol (1986). Cette omission s'est avérée l'erreur fatale dans le modèle de régression de Baumol, erreur qui a été corrigée par le modèle de données en panel de Nazrul Islam (1995). La quatrième section conclut le présent article.

1. INVESTISSEMENTS ET PRODUCTIVITÉ

Les articles que j'ai écrits en collaboration avec Laurits Christensen et Dianne Cummings (1980, 1981) ont développé une décomposition de la croissance aux États-Unis, de même que celle de ses principaux partenaires commerciaux – le Canada, la France, l'Allemagne, l'Italie, le Japon, la Corée, les Pays-Bas et le Royaume-Uni – pour la période 1947-1973. Nous avons adopté le PNB comme mesure de la production et nous avons eu recours à des indices de qualité constante pour le capital et le travail utilisés dans chaque pays. Notre article de 1981 comparait les niveaux de production, d'intrants et la productivité pour les neuf pays.

8. Voir Jorgenson et Motohashi (2003).

9. Voir OCDE (2002). Les données courantes concernant les parités des pouvoirs d'achat sont disponibles sur le site web de l'OCDE : <http://www.sourceoecd.org>.

Dans un travail subséquent, j'ai effectué une mise à jour jusqu'à la fin de 1995 des estimations pour les pays du G7 – le Canada, la France, l'Allemagne, l'Italie, le Japon, le Royaume-Uni et les États-Unis. Les estimations mises à jour ont été publiées dans les articles que j'ai signés avec Chrys Dougherty (1996, 1997) et Eric Yip (2001). Nous avons montré que la productivité n'expliquait que 11 % de la croissance économique au Canada et aux États-Unis pendant la période 1960-1995.

L'article que j'ai écrit avec Yip (2001) attribuait 47 % de la croissance économique du Japon sur la période 1960-1995 à l'augmentation de la productivité. La proportion imputable à la productivité se situait dans les environs de 40 % dans les quatre pays européens – la France (0,38), l'Allemagne (0,42), l'Italie (0,43) et le Royaume-Uni (0,36). La hausse des intrants a dépassé la croissance de la productivité dans tous les pays du G7.

J'ai ici tenu compte des données les plus récentes sur les investissements dans le matériel de technologie de l'information et les logiciels dans les pays du G7. J'ai également eu recours à des prix internationaux harmonisés, semblables à ceux qui ont été construits par Schreyer (2000). Aussi ai-je pu départager la contribution à la croissance économique du capital utilisé selon ses composantes de technologies de l'information et hors technologies de l'information. Si l'investissement en technologies de l'information évolue d'une façon parallèle dans tous les pays du G7, les investissements dans les autres secteurs varient considérablement, ce qui pourrait contribuer à expliquer la grande disparité des taux de croissance.

1.1 Comparaisons de la production, des intrants et de la productivité

Mon premier objectif consiste à prolonger jusqu'en 2001 les estimations que j'ai effectuées pour les pays du G7 en collaboration avec Christensen, Cummings, Dougherty et Yip. En suivant une méthodologie identique à celle que j'ai utilisée dans ma *Presidential Address*, j'ai opté, comme mesure de la production, pour le PIB. J'ai également imputé des valeurs pour l'usage des biens de consommation durables, de même que pour les terrains, les immeubles et les équipements que possèdent les organisations sans but lucratif. J'ai aussi distingué les investissements effectués dans le matériel de technologies de l'information et les logiciels de ceux portant sur les autres types de biens physiques.

Un indice de qualité constante pour l'intrant capital repose sur des pondérations prenant en compte la différence de la consommation du capital, le régime fiscal et le taux de diminution des prix des biens. À partir des comptes nationaux, j'ai obtenu des estimations du capital utilisé et du revenu des biens. Parallèlement, un indice de qualité constante pour l'intrant travail repose sur des pondérations en fonction de l'âge, du sexe, du niveau de scolarité des travailleurs et de leur situation d'emploi. Pour chaque pays, j'ai construit des estimations des heures travaillées et de la rémunération du travail à partir des enquêtes sur la population active.

Au tableau 1, je donne la production par personne pour les pays du G7, de 1980 à 2001, en prenant comme base 100,0 le niveau des États-Unis en 2000. Les données sur la production et la population se trouvent dans des tableaux distincts (tableaux 2 et 3). J'ai converti les prix de chaque pays en dollars américains à l'aide de la parité des pouvoirs d'achat pour 1999 (données publiées par l'OCDE). Les États-Unis se sont hissés au premier rang du G7 pour la production par personne après 1995. Le Canada, qui avait surclassé les États-Unis en 1980, a pris du retard en 1995. Et pendant les années quatre-vingt-dix, l'écart entre le Canada et les États-Unis s'est considérablement élargi.

TABLEAU 1

NIVEAUX DE PRODUCTION ET D'INTRANTS PAR PERSONNE, ET PRODUCTIVITÉ

ANNÉE	ÉTATS-UNIS	CANADA	ROYAUME-UNI	FRANCE	ALLEMAGNE	ITALIE	JAPON
Production par personne							
1980	65,2	66,1	44,4	46,3	51,0	46,8	40,1
1989	80,9	76,1	55,9	55,8	61,6	58,2	56,6
1995	86,5	75,1	60,9	59,3	65,6	63,1	64,4
2000	100,0	86,0	68,6	65,8	71,2	68,8	70,9
Intrants par personne							
1980	71,3	61,5	54,7	44,2	47,5	42,4	58,1
1989	84,5	72,3	60,6	53,5	61,3	56,2	72,5
1995	89,2	72,7	65,0	58,2	75,5	60,3	78,3
2000	100,0	80,5	71,6	64,3	79,8	67,1	81,6
Productivité							
1980	91,4	107,9	81,2	104,8	107,3	110,5	69,1
1989	95,8	105,8	92,3	104,3	100,4	103,7	78,0
1995	97,0	103,8	93,6	102,0	86,9	104,6	82,3
2000	100,0	107,3	95,9	102,3	89,3	102,5	86,9

NOTE : États-Unis = 100,0 en 2000; les données pour le Canada commencent en 1981.

TABLEAU 2

TAUX DE CROISSANCE ET NIVEAU DE LA PRODUCTION

ANNÉE	ÉTATS-UNIS	CANADA	ROYAUME-UNI	FRANCE	ALLEMAGNE	ITALIE	JAPON
Taux de croissance (pourcentage)							
1980-1989	3,32	2,96	2,72	2,61	2,15	2,47	4,41
1989-1995	2,34	1,00	1,65	1,49	1,67	1,51	2,51
1995-2000	4,05	3,63	2,64	2,44	1,78	1,90	2,13
Niveau (milliards de dollars américains de 2000)							
1980	5 426,0	599,2	913,7	931,9	1 459,1	965,8	1 711,2
1989	7 315,6	759,1	1 167,0	1 178,6	1 770,8	1 206,1	2 543,9
1995	8 417,4	805,9	1 288,6	1 288,7	1 957,1	1 320,2	2 956,9
2000	10 308,0	966,5	1 470,1	1 456,1	2 139,2	1 452,2	3 288,6
Niveau (États-Unis = 100,0 en 2000)							
1980	52,6	5,8	8,9	9,0	14,2	9,4	16,6
1989	71,0	7,4	11,3	11,4	17,2	11,7	24,7
1995	81,7	7,8	12,5	12,5	19,0	12,8	28,7
2000	100,0	9,4	14,3	14,1	20,8	14,1	31,9

NOTE : Les données pour le Canada commencent en 1981.

TABLEAU 3

TAUX DE CROISSANCE ET NIVEAU DE LA POPULATION

ANNÉE	ÉTATS-UNIS	CANADA	ROYAUME-UNI	FRANCE	ALLEMAGNE	ITALIE	JAPON
Taux de croissance							
1980-1989	0,92	1,2	0,2	0,5	0,1	0,0	0,6
1989-1995	1,23	1,2	0,2	0,4	0,6	0,2	0,3
1995-2000	1,2	0,9	0,2	0,4	0,1	0,2	0,2
Niveau (millions)							
1980	227,7	24,8	56,3	55,1	78,3	56,4	116,8
1989	247,4	27,3	57,1	57,9	78,7	56,7	123,1
1995	266,3	29,4	58,0	59,4	81,7	57,3	125,6
2000	282,1	30,8	58,7	60,6	82,2	57,8	126,9
Niveau (États-Unis = 100,0 en 2000)							
1980	80,7	8,8	20,0	19,5	27,8	20,0	41,4
1989	87,7	9,7	20,3	20,5	27,9	20,1	43,6
1995	94,4	10,4	20,5	21,1	28,9	20,3	44,5
2000	100,0	10,9	20,8	21,5	29,1	20,5	45,0

NOTE : En pourcentage; les données pour le Canada commencent en 1981.

Les quatre principaux pays européens – le Royaume-Uni, la France, l'Allemagne et l'Italie – ont enregistré des niveaux semblables de production par personne tout au long de la période 1980-2001. Quant au Japon, il est passé de la dernière place en 1980 au quatrième rang du G7 en 2001, demeurant cependant loin derrière les États-Unis et le Canada, tout en s'approchant sensiblement du Royaume-Uni. Le Japon a obtenu la plus forte croissance du G7 pour la production par personne en 1980-1995, mais est retombé, après 1995, derrière les États-Unis, le Canada, le Royaume-Uni, la France et l'Italie.

Au tableau 1, figurent en outre les intrants par personne pour les pays du G7, de 1980 à 2001, en prenant comme base 100,0 le niveau des États-Unis en 2000. Les intrants par personne sont exprimés en dollars américains, grâce aux parités des pouvoirs d'achat construites pour cette étude¹⁰. Tout au long de cette période, les États-Unis ont été le chef de file du G7 quant aux intrants par personne. En

10. Pour la production, les parités des pouvoirs d'achat proviennent de l'OCDE (2002). Pour les intrants, les parités des pouvoirs d'achat sont obtenues conformément à la méthodologie expliquée en détails par Jorgenson et Yip (2001).

2001, le Canada se classait au deuxième rang, juste derrière les États-Unis, le Japon arrivait troisième et l'Allemagne quatrième. La France et l'Italie ont abordé cette période aux derniers rangs et y sont demeurées pendant tout ce temps.

Au tableau 1, se trouvent aussi les niveaux de productivité pour le G7 au cours de la période 1980-2001. La productivité se définit comme le rapport entre la production et les intrants, ces derniers tenant compte de l'intrant capital et travail. À ce chapitre, l'Italie arrivait en tête en 1980 et le Canada a été le chef de file en matière de productivité pendant toute la période 1989-2001, la France suivant de près. Le Japon a réalisé d'importants gains de productivité pendant cette période, alors que les hausses se sont avérées plus faibles aux États-Unis, au Canada, au Royaume-Uni, en France et en Allemagne; seule l'Italie a connu une baisse.

Au tableau 4, je résume la croissance de la production et des intrants par personne, de même que l'évolution de la productivité pour les pays du G7. Quant aux taux de croissance de la production et de la population pendant la période 1980-2001, ils figurent aux tableaux 2 et 3. Après 1989, la croissance de la production a ralenti dans les pays du G7, puis, après 1995, a accéléré de nouveau dans tous les pays sauf le Japon et l'Allemagne. La production par personne a suivi une évolution semblable, le Canada n'enregistrant pratiquement pas de gain au cours de la période 1990-1995.

TABLEAU 4

CROISSANCE DE LA PRODUCTION ET DES INTRANTS PAR PERSONNE, ET PRODUCTIVITÉ

ANNÉE	ÉTATS-UNIS	CANADA	ROYAUME-UNI	FRANCE	ALLEMAGNE	ITALIE	JAPON
Production par personne							
1980-1989	2,40	1,77	2,56	2,07	2,10	2,42	3,82
1989-1995	1,11	-0,22	1,41	1,04	1,05	1,32	2,18
1995-2000	2,90	2,69	2,40	2,06	1,65	1,74	1,91
Intrants par personne							
1980-1989	1,88	2,01	1,14	2,13	2,84	3,13	2,47
1989-1995	0,89	0,10	1,18	1,41	3,46	1,18	1,29
1995-2000	2,29	2,03	1,91	2,00	1,11	2,14	0,83
Productivité							
1980-1989	0,52	-0,24	1,42	-0,06	-0,74	-0,71	1,35
1989-1995	0,21	-0,32	0,23	-0,37	-2,41	0,15	0,89
1995-2000	0,61	0,66	0,49	0,06	0,54	-0,40	1,08

NOTE : En pourcentage; les données pour le Canada commencent en 1981.

Le Japon a été le meneur en matière de croissance de la production et de la production par personne jusqu'en 1995, puis est retombé au dernier rang du G7 après 1995. Le Japon a aussi été le champion de la croissance de la productivité pendant toute la période 1980-2001. Pour tous les pays et à toutes les périodes, la croissance des intrants par personne a dépassé de beaucoup l'augmentation de la productivité, sauf pour l'Allemagne pendant la période 1989-1995 et le Japon après 1995. Dans les pays du G7, la croissance de la productivité a ralenti au cours de la période 1989-1995, sauf pour l'Allemagne et l'Italie, où la productivité a dégringolé après 1995.

L'Italie a été le chef de file dans le G7 pour ce qui est de la croissance des intrants par personne pendant les périodes 1980-1989 et 1995-2001, mais a été devancée par le Royaume-Uni en 1989-1995. Pour l'ensemble du G7, les écarts entre les taux de croissance des intrants ont été moindres que les disparités entre les taux de croissance de la production, mais, d'une façon générale, nous avons assisté à un ralentissement de la croissance des intrants en 1989-1995. Après 1995, la croissance des intrants par personne s'est accélérée dans tous les pays du G7, sauf au Japon.

1.2 Comparaisons de la qualité du capital et du travail

Un indice de qualité constante de l'intrant capital pondère les différents types d'intrants capital par la rémunération des biens de production par unité de capital. Par contre, un indice de stock de capital pondère les différents types de capital selon le prix des biens. Le ratio intrant capital/stock de capital mesure la qualité moyenne d'une unité de capital. Cela représente la disparité entre l'indice de qualité constante de l'intrant capital et l'indice de stock de capital, utilisé entre autres, par Kuznets (1971) et Robert Solow (1970).

Au tableau 5, on retrouvera l'intrant capital par personne pour les pays membres du G7, de 1980 à 2001, en fonction du niveau enregistré aux États-Unis en 2000. Pendant toute cette période, les États-Unis ont été le chef de file dans ce domaine, alors que le Royaume-Uni se classait au dernier rang. Le Canada surpassait les six autres pays en 1980, mais il a été dépassé par l'Allemagne et l'Italie en 1995. L'Italie a devancé les autres pays du G7 jusqu'en 2001, tout en demeurant considérablement en retard par rapport aux États-Unis.

Le profil du stock de capital par personne rappelle un peu celui de l'intrant capital, avec toutefois d'importantes disparités. Le niveau de stock de capital ne reflète pas fidèlement les substitutions dans l'emploi de l'intrant capital accompagnant les investissements dans des actifs corporels, particulièrement dans le matériel de technologie de l'information et les logiciels. Les États-Unis ont été à la tête du G7 pour ce qui est du stock de capital par personne, de même que pour l'intrant capital après 1989, alors que le Japon, qui menait en 1980, se classait deuxième, derrière les États-Unis, après 1989. Le Royaume-Uni est demeuré à la traîne du G7 pendant toute la période.

TABLEAU 5

NIVEAUX DE FACTEUR CAPITAL ET DE STOCK DE CAPITAL PAR PERSONNE,
ET QUALITÉ DU CAPITAL

ANNÉE	ÉTATS-UNIS	CANADA	ROYAUME-UNI	FRANCE	ALLEMAGNE	ITALIE	JAPON
Facteur capital par personne							
1980	59,1	44,7	31,9	33,0	44,9	35,8	30,0
1989	74,9	54,5	42,0	51,0	62,7	63,7	42,5
1995	82,4	56,6	50,0	56,9	73,4	74,4	51,3
2000	100,0	63,5	54,4	61,9	85,6	89,8	58,6
Stock de capital par personne							
1980	77,1	41,6	24,8	35,7	59,2	35,4	75,9
1989	88,7	47,2	31,8	41,7	66,8	51,6	81,6
1995	92,2	48,4	36,4	46,3	75,7	61,3	86,9
2000	100,0	53,3	42,8	50,3	82,5	69,6	90,5
Qualité du capital							
1980	76,7	107,4	128,6	92,4	75,8	100,9	39,6
1989	84,4	115,4	132,0	122,2	93,9	123,4	52,1
1995	89,3	117,1	137,6	122,9	96,9	121,4	59,0
2000	100,0	119,2	127,2	123,2	103,7	129,0	64,7

NOTE : États-Unis = 100,0 en 2000; les données pour le Canada commencent en 1981.

L'évolution de la qualité du capital illustre bien la différence entre l'indice de qualité constante de l'intrant capital et celui du stock de capital. Puisqu'il existe d'importantes variations temporelles dans la qualité du capital et des disparités persistantes entre les pays, l'hétérogénéité de l'intrant capital doit être prise en considération lorsqu'on fait des comparaisons internationales de performance économique. Le Canada était le chef de file international de la qualité du capital pendant toute la période 1980-2001, alors que le Japon arrivait au dernier rang du G7.

TABLEAU 6

NIVEAUX DU FACTEUR CAPITAL ET DE STOCK DE CAPITAL PAR PERSONNE,
ET QUALITÉ DU CAPITAL : TECHNOLOGIES DE L'INFORMATION (TI)

ANNÉE	ÉTATS-UNIS	CANADA	ROYAUME-UNI	FRANCE	ALLEMAGNE	ITALIE	JAPON
Facteur capital de TI par personne							
1980	5,6	1,8	2,7	2,9	6,1	5,1	0,7
1989	22,5	6,1	10,0	10,1	17,9	16,2	5,4
1995	41,5	14,4	19,2	17,0	31,0	27,1	10,8
2000	100,0	33,1	45,3	30,7	56,0	49,9	32,5
Stock de capital de TI par personne							
1980	11,0	5,3	2,2	3,6	5,7	4,3	3,5
1989	30,1	10,0	9,4	10,6	15,5	12,9	10,9
1995	49,5	13,9	18,8	18,7	27,6	23,1	19,2
2000	100,0	20,5	40,8	33,4	47,9	41,4	58,0
Qualité du capital							
1980	51,0	34,0	119,7	81,4	105,9	118,1	20,0
1989	74,7	61,3	105,6	95,2	115,7	125,1	49,8
1995	83,8	103,9	102,4	91,1	112,0	117,2	56,3
2000	100,0	161,0	111,0	91,9	116,8	120,5	55,9

NOTE : États-Unis = 100,0 en 2000; les données pour le Canada commencent en 1981.

TABLEAU 7

NIVEAUX DU FACTEUR CAPITAL ET DE STOCK DE CAPITAL PAR PERSONNE,
ET QUALITÉ DU CAPITAL : HORS TECHNOLOGIES DE L'INFORMATION (HORS TI)

ANNÉE	ÉTATS-UNIS	CANADA	ROYAUME-UNI	FRANCE	ALLEMAGNE	ITALIE	JAPON
Facteur capital hors TI par personne							
1980	75,3	55,7	38,3	37,8	52,3	42,3	39,7
1989	87,7	64,8	48,5	57,4	70,9	73,4	52,0
1995	91,0	64,4	56,2	63,2	80,8	83,6	60,7
2000	100,0	68,6	56,0	67,0	90,3	96,9	63,4
Stock de capital hors TI par personne							
1980	82,7	43,8	26,7	37,5	62,4	37,7	81,6
1989	92,7	49,1	33,3	43,3	69,5	54,0	86,7
1995	94,7	50,0	37,5	47,6	78,0	63,4	91,7
2000	100,0	54,7	42,9	51,0	84,0	71,0	93,1
Qualité du capital							
1980	91,1	127,1	143,7	100,7	83,8	112,4	48,7
1989	94,6	132,1	145,4	132,7	102,0	135,8	60,0
1995	96,0	128,8	150,1	132,9	103,5	131,8	66,2
2000	100,0	125,4	130,5	131,4	107,5	136,5	68,1

NOTE : États-Unis = 100,0 en 2000; les données pour le Canada commencent en 1981.

La croissance de l'intrant capital et celle du stock de capital par personne, de même que la qualité du capital dans les pays du G7 sont résumées au tableau 8. L'Italie était en tête pour la croissance de l'intrant capital en 1980-1989, alors que le Canada se classait dernier. Le Royaume-Uni dominait le Groupe en 1989-1995, tandis que le Canada était loin derrière les autres. Les États-Unis ont pris les devants après 1995. Après 1989, un ralentissement généralisé de la croissance de l'intrant capital s'est produit dans le G7, sauf au Royaume-Uni, et, après 1995, une reprise s'est manifestée aux États-Unis, au Canada, en France et en Italie.

TABLEAU 8

CROISSANCE DU FACTEUR CAPITAL ET DU STOCK DE CAPITAL PAR PERSONNE,
ET QUALITÉ DU CAPITAL

ANNÉE	ÉTATS-UNIS	CANADA	ROYAUME-UNI	FRANCE	ALLEMAGNE	ITALIE	JAPON
Facteur capital par personne							
1980-1989	2,62	2,46	3,03	4,85	3,72	6,42	3,86
1989-1995	1,59	0,65	2,94	1,83	2,61	2,59	3,13
1995-2000	3,64	2,30	1,68	1,69	3,07	3,74	2,68
Stock de capital par personne							
1980-1989	1,55	1,57	2,74	1,74	1,34	4,18	0,81
1989-1995	0,65	0,60	2,25	1,74	2,09	2,87	1,06
1995-2000	1,62	1,94	3,25	1,65	1,71	2,54	0,81
Qualité du capital							
1980-1989	1,07	0,89	0,29	3,11	2,38	2,23	3,05
1989-1995	0,94	0,05	0,68	0,09	0,51	-0,27	2,06
1995-2000	2,02	0,37	-1,56	0,04	1,36	1,21	1,87

NOTE : En pourcentage; les données pour le Canada commencent en 1981.

Un indice de qualité constante de l'intrant travail pondère les heures travaillées dans différents secteurs à l'aide de la rémunération horaire du travail. Un indice des heures travaillées ne tient pas compte de la diversité qualitative. Le ratio intrant travail/heures travaillées mesure la qualité moyenne d'une heure de travail, reflétée dans son produit marginal. Cela représente la différence entre l'indice de qualité constante et l'indice des heures travaillées, utilisé, entre autres, par Kuznets (1971) et Solow (1970).

TABLEAU 9

CROISSANCE DU FACTEUR CAPITAL ET DU STOCK DE CAPITAL PAR PERSONNE,
ET QUALITÉ DU CAPITAL : TECHNOLOGIES DE L'INFORMATION (TI)

ANNÉE	ÉTATS-UNIS	CANADA	ROYAUME-UNI	FRANCE	ALLEMAGNE	ITALIE	JAPON
Facteur capital de TI par personne							
1980-1989	15,42	15,20	14,70	13,81	12,06	12,93	22,74
1989-1995	10,22	14,33	10,90	8,67	9,11	8,59	11,57
1995-2000	17,59	16,59	17,15	11,81	11,83	12,18	21,98
Stock de capital de TI par personne							
1980-1989	11,18	7,83	16,08	12,07	11,08	12,29	12,61
1989-1995	8,32	5,53	11,42	9,40	9,65	9,68	9,52
1995-2000	14,05	7,83	15,53	11,66	10,99	11,63	22,10
Qualité du capital							
1980-1989	4,24	7,37	-1,39	1,74	0,98	0,64	10,13
1989-1995	1,91	8,80	-0,52	-0,73	-0,54	-1,09	2,04
1995-2000	3,54	8,76	1,62	0,16	0,84	0,55	-0,12

NOTE : En pourcentage; les données pour le Canada commencent en 1981.

TABLEAU 10

CROISSANCE DU FACTEUR CAPITAL ET DU STOCK DE CAPITAL PAR PERSONNE,
ET QUALITÉ DU CAPITAL : HORS TECHNOLOGIES DE L'INFORMATION (HORS TI)

ANNÉE	ÉTATS-UNIS	CANADA	ROYAUME-UNI	FRANCE	ALLEMAGNE	ITALIE	JAPON
Facteur capital hors TI par personne							
1980-1989	1,69	1,90	2,60	4,65	3,37	6,11	3,00
1989-1995	0,61	-0,12	2,48	1,60	2,18	2,19	2,57
1995-2000	1,90	1,28	-0,09	1,16	2,22	2,94	0,86
Stock de capital hors TI par personne							
1980-1989	1,26	1,43	2,47	1,59	1,19	4,01	0,68
1989-1995	0,36	0,29	1,95	1,58	1,93	2,68	0,94
1995-2000	1,09	1,82	2,71	1,39	1,48	2,25	0,29
Qualité du capital							
1980-1989	0,42	0,47	0,13	3,07	2,18	2,10	2,32
1989-1995	0,25	-0,41	0,53	0,03	0,25	-0,49	1,64
1995-2000	0,81	-0,54	-2,80	-0,23	0,75	0,69	0,56

NOTE : En pourcentage; les données pour le Canada commencent en 1981.

Au tableau 11, on retrouve l'intrant travail par personne pour les pays du G7, de 1980 à 2001, en fonction du niveau enregistré aux États-Unis en 2000. Le Japon s'est classé au premier rang mondial pendant cette période, alors que la France et l'Italie étaient à la traîne. Au Japon, l'intrant travail correspondait presque au double de celui de l'Italie. Les États-Unis ont devancé les autres membres du G7 pendant toute la période. Le Royaume-Uni s'est classé au troisième rang dans le G7 jusqu'en 1995. L'Italie et la France ont tiré de l'arrière par rapport à tous les autres pays du G7 pendant toute la période.

TABLEAU 11

NIVEAUX DU FACTEUR TRAVAIL ET DES HEURES TRAVAILLÉES PAR PERSONNE,
ET QUALITÉ DU TRAVAIL

ANNÉE	ÉTATS-UNIS	CANADA	ROYAUME-UNI	FRANCE	ALLEMAGNE	ITALIE	JAPON
Facteur travail par personne							
1980	81,1	78,6	78,8	61,6	49,4	46,8	91,8
1989	91,9	89,8	77,8	56,5	60,9	51,4	104,8
1995	94,2	88,2	78,0	59,2	77,6	52,1	104,4
2000	100,0	96,5	86,5	66,9	75,9	54,8	102,1
Heures travaillées par personne							
1980	89,7	95,1	92,8	78,2	43,2	60,0	116,9
1989	97,1	100,7	93,2	68,1	53,9	63,5	116,7
1995	95,9	95,1	89,6	65,4	73,8	62,2	109,9
2000	100,0	100,5	96,2	68,2	72,3	64,3	104,9
Qualité du travail							
1980	90,4	82,7	85,0	78,8	114,2	78,0	78,6
1989	94,7	89,2	83,5	82,9	113,0	80,9	89,9
1995	98,2	92,8	87,0	90,5	105,0	83,9	95,0
2000	100,0	96,0	89,9	98,1	105,0	85,2	97,3

NOTE : États-Unis = 100,0 en 2000; les données pour le Canada commencent en 1981.

Le profil des heures travaillées par personne présente certaines similitudes avec celui de l'intrant travail et aussi des disparités importantes. Le Japon était le chef de file mondial en matière d'heures travaillées par personne. Les États-Unis, le Canada et le Royaume-Uni ont plus ou moins évolué en parallèle. Le Royaume-Uni se classait au deuxième rang en 1980 et en 1989, alors que les États-Unis atteignaient la deuxième place en 1995 et en 2001. Le France et l'Italie ont tiré de l'arrière au sein du G7 de 1980 à 2001.

L'évolution de la qualité du travail met en lumière la différence entre l'intrant travail et les heures travaillées. L'Allemagne était championne de la qualité du travail pendant toute la période 1980-2001, talonnée par les États-Unis. Le Canada, le Royaume-Uni, la France et le Japon ont enregistré des niveaux semblables de qualité du travail au cours de la période, sans toutefois atteindre les niveaux de l'Allemagne et des États-Unis. L'Italie se classait au dernier rang dans le G7 quant à la qualité du travail.

Au tableau 12, je résume la croissance de l'intrant travail et des heures travaillées par personne, de même que la qualité du travail au cours de la période 1980-2001. Le Canada et le Japon étaient en tête du G7 pour la croissance de l'intrant travail au cours des années quatre-vingt, la France a dominé de 1989 à 1995, puis elle a perdu ce titre au profit de l'Italie après 1995. La croissance de l'intrant travail a été négative en France pendant les années quatre-vingt, de même qu'au Royaume-Uni, en Allemagne, en Italie et au Japon pendant la période 1989-1995, et de nouveau au Japon après 1995.

TABLEAU 12

CROISSANCE DU FACTEUR TRAVAIL ET DES HEURES TRAVAILLÉES PAR PERSONNE,
ET QUALITÉ DU TRAVAIL

ANNÉE	ÉTATS-UNIS	CANADA	ROYAUME-UNI	FRANCE	ALLEMAGNE	ITALIE	JAPON
Facteur travail par personne							
1980-1989	1,38	1,67	-0,14	-0,97	2,33	1,03	1,47
1989-1995	0,41	-0,30	0,03	0,79	4,03	0,25	-0,08
1995-2000	1,20	1,79	2,07	2,44	-0,42	1,00	-0,44
Heures travaillées par personne							
1980-1989	0,87	0,72	0,05	-1,53	2,45	0,62	-0,02
1989-1995	-0,21	-0,96	-0,65	-0,67	5,24	-0,36	-0,99
1995-2000	0,84	1,10	1,42	0,83	-0,42	0,68	-0,93
Qualité du travail							
1980-1989	0,51	0,95	-0,19	0,57	-0,12	0,40	1,50
1989-1995	0,61	0,65	0,67	1,46	-1,21	0,61	0,92
1995-2000	0,36	0,69	0,65	1,60	-0,01	0,32	0,49

NOTE : En pourcentage; les données pour le Canada commencent en 1981.

Les heures travaillées par personne ont constamment baissé au cours de la période 1980-2001 au Japon et elles ont aussi diminué dans tous les pays du G7 à la période 1989-1995. La croissance de la qualité du travail s'est avérée positive dans le G7 à toutes les périodes. Le Japon était en tête au cours des années quatre-vingt, puis la France est devenue le numéro un au début des années quatre-vingt-dix, puis l'Italie, à la fin des années quatre-vingt-dix. La croissance de la qualité du travail et des heures travaillées s'est également avérée importante comme source de croissance de l'intrant travail dans le G7.

2. L'INVESTISSEMENT DANS LES TECHNOLOGIES DE L'INFORMATION

À l'aide des données figurant dans les tableaux 1 et 2, je peux déterminer l'importance comparative des investissements et de la productivité comme sources de croissance économique dans les pays du G7. Les investissements dans des actifs corporels et le capital humain ont eu beaucoup plus d'impact que la productivité durant la période 1980-2001. Bien que la productivité ait chuté en Italie au cours de cette période, les autres membres du G7 ont enregistré une croissance positive de leur productivité sur l'ensemble de la période.

Parallèlement, en exploitant les données du tableau 5, je peux estimer l'importance comparative de la croissance dans le stock et la qualité du capital. La croissance de l'intrant capital est demeurée positive pour tous les pays à la période 1980-2001, de même que lors des trois sous-périodes. Quant à l'amélioration de la qualité du capital, elle est ressortie positive pour l'ensemble de la période dans tous les pays du G7. Bien que le stock de capital ait été l'élément prépondérant dans la progression de l'intrant capital, la qualité du capital y a joué un rôle non négligeable, particulièrement après 1995.

Enfin, grâce aux données du tableau 11, j'ai pu jauger l'importance comparative des mouvements dans les heures travaillées et la qualité du travail. Les heures travaillées par personne ont diminué en France, en Allemagne et au Japon, tandis que la qualité du travail s'est accrue dans ces pays en 1980-2001. Aux États-Unis, au Canada, au Royaume-Uni et en Italie, aussi bien les heures travaillées par personne que la qualité du travail ont augmenté. J'en conclus que la hausse de la qualité du travail est essentielle pour l'analyse de la croissance de l'intrant travail.

2.1 *L'investissement dans le matériel de technologies de l'information et les logiciels*

La dernière étape de l'analyse comparative des profils de croissance économique dans le G7 consiste à élucider les répercussions des investissements dans le matériel de technologies de l'information et les logiciels. Au tableau 6, je consigne les niveaux de l'intrant capital de technologies de l'information par personne pour les pays du G7 lors de la période 1980-2001 en fonction du niveau aux États-Unis en 2000. Les États-Unis ont dépassé l'Allemagne en 1989 et sont demeurés au premier rang jusqu'en 2001. Le Canada et le Japon ont tiré de l'arrière au sein du groupe jusqu'en 1995, mais la France est tombée au dernier rang en 2001.

Le tableau 6 révèle des disparités importantes entre le stock de capital et l'intrant capital de technologies de l'information. En 1980, les pays du G7 ne possédaient que très peu de matériel de technologies de l'information et de logiciels par personne. Ces stocks ont beaucoup augmenté au cours de la période 1980-2001. Les États-Unis ont été champion quant au stock de capital de technologies de l'information pendant toute cette période, tandis que le Japon est passé de la troisième moins bonne position en 1980 au deuxième rang en 2001.

Dans le domaine des technologies de l'information, la qualité du capital reflète la composition de l'intrant capital, compte tenu du stock de capital. Une progression de la qualité du capital révèle un mouvement vers des actifs à courte durée de vie, comme les ordinateurs et les logiciels. Une telle évolution est particulièrement marquée aux États-Unis, au Canada et au Japon, alors que la composition du stock de capital des technologies de l'information s'est moins modifiée dans le cas du Royaume-Uni, de la France, de l'Allemagne et de l'Italie. Dans les domaines autres que les technologies de l'information, l'évolution de l'intrant capital, des stocks de capital et de la qualité du capital a essentiellement suivi la tendance générale du capital, comme on peut d'ailleurs le constater au tableau 5.

Les taux de croissance pour l'intrant capital des technologies de l'information par personne, le stock de capital par personne et la qualité du capital figurent au tableau 9. Depuis 1995, les pays du G7 ont enregistré une croissance dans les deux chiffres de l'intrant capital de technologies de l'information par personne. Le Canada était le champion dans ce domaine, talonné par le Japon. Pendant les années quatre-vingt – une autre période de croissance dans les deux chiffres pour le G7 – le Japon a obtenu la plus forte croissance de l'intrant capital des technologies de l'information. Toutefois, la croissance japonaise des technologies de l'information a beaucoup décéléré en 1989-1995 et le Canada a pris la tête du peloton.

Le profil de croissance du stock de capital de technologies de l'information par personne ressemble à celui de l'intrant capital des technologies de l'information pour les quatre pays européens. La modification de la composition du stock a été une importante source de croissance de l'intrant capital des technologies de l'information par personne aux États-Unis, au Canada et au Japon. Le stock de capital des technologies de l'information a également suivi l'allure de l'intrant capital des technologies de l'information avec une croissance considérable au cours des années quatre-vingt, après quoi une nette accalmie s'est produite (1989-1995). Après 1995, la croissance a rebondi dans tous les pays du G7, sauf l'Allemagne; toutefois, le taux n'a dépassé celui des années quatre-vingt qu'aux États-Unis et au Japon.

Enfin, les taux de croissance de la qualité du capital des technologies de l'information reflètent les taux selon lesquels les actifs des technologies de l'information à courte durée de vie ont été substitués à des biens plus durables. Après avoir été le champion de la hausse de la qualité du capital au cours des années quatre-vingt, le Japon a été dépassé par le Canada en 1989. Effectivement, l'amélioration de la qualité au Canada a de beaucoup surpassé celle des autres membres du G7 pendant la période 1989-2001. Dans les secteurs autres que les technologies de l'information, les profils de croissance de l'intrant capital par personne, du stock de capital par personne et de la qualité du capital, qui figurent au tableau 10, correspondent généralement à ceux de l'ensemble du capital (tableau 8).

Le tableau 13 montre la contribution de l'intrant capital à la croissance économique des pays du G7, avec une ventilation entre le capital des technologies de l'information, hors technologies de l'information et les autres secteurs. Aux

États-Unis, le bond spectaculaire des investissements en technologies de l'information après 1995 a coïncidé avec des avancées semblables de la contribution du capital des technologies de l'information dans tout le G7. La contribution de l'intrant capital des technologies de l'information est demeurée inchangée au cours des années quatre-vingt et pendant la période 1989-1995 dans tous les pays du G7, malgré le fléchissement des taux de croissance économique après 1989. Le Japon fait figure d'exception à cette tendance générale avec une contribution du capital des technologies de l'information similaire à celle des États-Unis pendant les années quatre-vingt-dix, après quoi un déclin s'est produit en 1989-1995, conséquence du ralentissement marqué de la croissance économique japonaise.

TABLEAU 13

CONTRIBUTION DE L'ENSEMBLE DU CAPITAL, DU CAPITAL DE TI ET DU CAPITAL HORS TI
À LA CROISSANCE DE LA PRODUCTION

ANNÉE	ÉTATS-UNIS	CANADA	ROYAUME-UNI	FRANCE	ALLEMAGNE	ITALIE	JAPON
Ensemble du capital							
1980-1989	1,45	1,62	1,34	2,93	1,39	1,62	1,85
1989-1995	1,14	0,81	1,29	1,36	1,33	0,81	1,47
1995-2000	2,06	1,51	0,83	1,21	1,41	1,63	1,18
Capital de TI							
1980-1989	0,46	0,31	0,22	0,23	0,17	0,23	0,43
1989-1995	0,47	0,35	0,23	0,22	0,23	0,22	0,31
1995-2000	0,97	0,54	0,69	0,42	0,41	0,42	0,78
Capital hors TI							
1980-1989	0,99	1,31	1,12	2,76	1,22	1,39	1,42
1989-1995	0,67	0,46	1,06	1,20	1,10	0,59	1,16
1995-2000	1,09	0,97	0,14	0,88	1,00	1,21	0,40

NOTE : En pourcentage. La contribution correspond au taux de croissance multiplié par la proportion au sein de l'ensemble. Les données pour le Canada commencent en 1981.

La contribution de l'intrant capital hors technologies de l'information après 1995 a dépassé celle de l'intrant capital des technologies de l'information pour quatre pays du G7, les exceptions étant le Canada, le Royaume-Uni et le Japon. Les États-Unis se démarquent quant à l'ampleur de la contribution de l'intrant capital après 1995. L'intrant capital, des technologies de l'information et hors

technologies de l'information, a stimulé la reprise économique aux États-Unis dans la deuxième moitié de la décennie quatre-vingt-dix. Malgré l'excellente tenue des investissements en technologies de l'information au Japon après 1995, la contribution de l'intrant capital a passablement diminué dans ce pays, de même qu'au Royaume-Uni et en Allemagne.

2.2 L'importance comparative de l'investissement et de la productivité

Le tableau 14 présente la contribution de la productivité à la croissance économique, avec une ventilation entre les industries fabriquant des technologies de l'information et d'autres types d'équipements. La méthodologie utilisée à cette fin s'inspire de celle de Triplett (1996). La contribution des secteurs produisant des technologies de l'information a été positive tout au long de la période 1980-2001 et elle a bondi après 1995. Étant donné qu'en Italie, le niveau de productivité était, en 1980, supérieur à ce qu'il était en 2001, il n'est pas surprenant que la contribution à la croissance de la productivité dans les industries ne produisant pas des technologies de l'information ait été négative tout au long de la période. La productivité de ces secteurs a aussi diminué en 1989-1995 au Canada, au Royaume-Uni et en France, de même qu'après 1989 en Allemagne et en Italie.

TABLEAU 14

CONTRIBUTION DES FACTEURS GLOBAUX DE PRODUCTIVITÉ, DE CEUX DE TI ET HORS TI
À LA CROISSANCE DE LA PRODUCTION

ANNÉE	ÉTATS-UNIS	CANADA	ROYAUME-UNI	FRANCE	ALLEMAGNE	ITALIE	JAPON
Facteurs globaux de productivité							
1980-1989	0,52	-0,24	1,42	-0,06	-0,74	-0,24	1,35
1989-1995	0,21	-0,32	0,23	-0,37	-2,41	-0,32	0,89
1995-2000	0,61	0,66	0,49	0,06	0,54	-0,40	1,08
Facteurs globaux de productivité en TI							
1980-1989	0,22	0,14	0,20	0,23	0,23	0,28	0,24
1989-1995	0,25	0,15	0,23	0,22	0,31	0,30	0,29
1995-2000	0,44	0,21	0,62	0,43	0,57	0,62	0,61
Facteurs globaux de productivité hors TI							
1980-1989	0,30	-0,38	1,22	-0,29	-0,97	-0,52	1,11
1989-1995	-0,04	-0,47	0,00	-0,59	-2,72	-0,62	0,60
1995-2000	0,17	0,45	-0,13	-0,37	-0,03	-1,02	0,47

NOTE : En pourcentage; les données pour le Canada commencent en 1981.

Le tableau 15 donne un aperçu complet des sources de croissance économique au sein du G7. La contribution du seul intrant capital dépasse celle de la productivité pour la plupart des pays pour la majorité des périodes. La contribution de l'intrant capital hors technologies de l'information surclasse l'intrant capital des technologies de l'information de la même façon, sauf au Canada en 1989-2001, de même qu'au Royaume-Uni et au Japon après 1995. Cela peut s'expliquer par une faiblesse inhabituelle dans la croissance de la demande globale dans ces pays. La contribution de l'intrant travail varie considérablement d'un pays à l'autre au sein du G7, les contributions négatives ayant été enregistrées après 1995 au Japon, durant les années quatre-vingt en France et durant la période 1989-1995 au Royaume-Uni et en Allemagne.

TABLEAU 15

SOURCES DE LA CROISSANCE DE LA PRODUCTION

ANNÉE	ÉTATS-UNIS	CANADA	ROYAUME-UNI	FRANCE	ALLEMAGNE	ITALIE	JAPON
Travail							
1980-1989	1,35	1,57	-0,04	-0,26	1,50	1,57	1,20
1989-1995	0,98	0,51	0,13	0,50	2,75	0,51	0,14
1995-2000	1,38	1,46	1,32	1,18	-0,17	0,67	-0,14
Capital de TI							
1980-1989	0,46	0,31	0,22	0,23	0,17	0,23	0,43
1989-1995	0,47	0,35	0,23	0,22	0,23	0,22	0,31
1995-2000	0,97	0,54	0,69	0,42	0,41	0,42	0,78
Capital hors TI							
1980-1989	0,99	1,31	1,12	2,76	1,22	1,39	1,42
1989-1995	0,67	0,46	1,06	1,20	1,10	0,59	1,16
1995-2000	1,09	0,97	0,14	0,88	1,00	1,21	0,40
Facteurs globaux de productivité en TI							
1980-1989	0,22	0,14	0,20	0,23	0,23	0,28	0,24
1989-1995	0,25	0,15	0,23	0,22	0,31	0,30	0,29
1995-2000	0,44	0,21	0,62	0,43	0,57	0,62	0,61
Facteurs globaux de productivité hors TI							
1980-1989	0,30	-0,38	1,22	-0,29	-0,97	-0,52	1,11
1989-1995	-0,04	-0,47	0,00	-0,59	-2,72	-0,62	0,60
1995-2000	0,17	0,45	-0,13	-0,37	-0,03	-1,02	0,47

NOTE : En pourcentage. Contributions. Les données pour le Canada commencent en 1981.

Enfin, le tableau 16 transpose les causes de la croissance en sources de hausse dans la productivité moyenne du travail (PMT). La PMT, qui se définit comme la production par heure travaillée, doit être soigneusement distinguée de la productivité globale, qui correspond à la production par unité de l'intrant capital et de l'intrant travail. L'accroissement de la production correspond à la somme des gains dans les heures travaillées et la PMT. La hausse de la PMT est tributaire de l'intensité capitalistique, de l'accroissement de la qualité du travail et de l'augmentation de la productivité.

TABLEAU 16
SOURCES DE LA CROISSANCE DE LA PRODUCTIVITÉ DU TRAVAIL

ANNÉE	ÉTATS-UNIS	CANADA	ROYAUME-UNI	FRANCE	ALLEMAGNE	ITALIE	JAPON
Qualité du travail							
1980-1989	0,30	0,53	-0,12	0,25	-0,07	0,25	0,87
1989-1995	0,36	0,38	0,40	0,59	-0,70	0,37	0,53
1995-2000	0,21	0,37	0,37	0,67	0,00	0,18	0,29
Intensification du capital							
1980-1989	0,71	0,77	1,21	3,41	0,46	2,26	1,62
1989-1995	0,73	0,68	1,43	1,49	-1,07	1,17	1,75
1995-2000	1,24	0,56	0,12	0,50	1,53	1,28	1,47
Facteurs globaux de productivité							
1980-1989	0,52	-0,24	1,42	-0,06	-0,74	-0,24	1,35
1989-1995	0,21	-0,32	0,23	-0,37	-2,41	-0,32	0,89
1995-2000	0,61	0,66	0,49	0,06	0,54	-0,40	1,08

NOTE : En pourcentage. Contributions. Les données pour le Canada commencent en 1981.

Le renforcement de l'intensité capitalistique provient de la croissance de l'intrant capital par heure travaillée et constitue un facteur plus important que la productivité comme source de progression de la PMT dans le G7. L'accroissement de l'intensité capitalistique dans les technologies de l'information est prépondérant par rapport à celui des autres domaines pour les États-Unis tout au long de la période 1980-2001, pour le Canada après 1989, et pour le Royaume-Uni, la France et le Japon après 1995. Enfin, la contribution de la qualité du travail est ressortie positive pour tous les pays du G7 pendant toute la période.

3. AUTRES APPROCHES

Dans un livre novateur, intitulé *Why Growth Rates Differ* (1967), Edward Denison a comparé, pour huit pays européens et les États-Unis, les écarts de taux de croissance du revenu national par personne (après consommation de capital) à la période 1950-1962 avec les différences de niveaux de 1960. Les pays européens ont enregistré une croissance beaucoup plus rapide et un niveau plus faible de revenu national par personne. Cependant, ce rapprochement n'était pas vérifié pour toutes les comparaisons entre ces différents pays et les États-Unis. Néanmoins, Denison conclut que¹¹ :

« Excluant les anomalies de court terme, l'Europe devrait pouvoir atteindre des taux de croissance plus élevés, du moins dans le revenu national par employé et ce, pour longtemps. Les Américains doivent s'y attendre et ne pas s'en inquiéter. »

Maddison (1987, 1991) a construit des estimations de la production et des intrants globaux, de même que des évaluations de la croissance de la productivité, pour la France, l'Allemagne, le Japon, les Pays-Bas et le Royaume-Uni pendant la période 1870-1987. Maddison (1995) a étendu les estimations pour les États-Unis, le Royaume-Uni et le Japon jusqu'en 1820 d'une part et jusqu'en 1992 d'autre part. Il a défini la production sans en retrancher la consommation de capital tout au long de la période et il a élaboré des indices de qualité constante de l'intrant travail pour la période 1913-1984, mais pas pour celle de 1870 à 1913.

Maddison a eu recours au stock de capital pour mesurer l'intrant capital, mais n'a pas tenu compte des variations dans la composition du capital, qui ont été une source de croissance tellement importante dans le G7. Cette omission est particulièrement grave dans l'estimation des répercussions des investissements dans les technologies de l'information. Enfin, il a réduit de 1 % par année le taux de croissance de l'indice des prix pour les investissements dans tous les pays et à toutes les périodes, dans le but de corriger les biais comme ceux qu'avait identifiés Wyckoff (1995).

3.1 Comparaisons sans décomposition de la croissance

Kuznets (1971) a effectué des comparaisons élaborées de taux de croissance pour 14 pays industrialisés. Contrairement à Denison (1967), il n'a pas rapporté les comparaisons de niveaux. Maddison (1982) a corrigé cette lacune en comparant le niveau du produit national de 16 pays. Ces comparaisons ont été réalisées grâce à des estimations des parités des pouvoirs d'achat, réalisées par Irving Kravis, Alan Heston et Robert Summers (1978)¹².

11. Voir Denison (1967), particulièrement le chapitre 21, *The Sources of Growth and the Contrast between Europe and the United States*, p. 296-348.

12. Pour plus de détails, voir Maddison (1982) : 159-168.

Maddison (1995) a étendu ses estimations de long terme portant sur la croissance du produit national et de la population à 56 pays, pour la période 1820-1992. Maddison (2001) a mis à jour ces estimations jusqu'en 1998 dans son magistral volume : *The World Economy: A Millennial Perspective*. Il nous a fourni des estimations pour 134 pays et 7 régions dans le monde – l'Europe de l'Ouest, des anciennes colonies de l'Occident (Australie, Canada, Nouvelle-Zélande et États-Unis), l'Europe de l'Est, l'ex-URSS, l'Amérique latine, l'Asie et l'Afrique.

Les parités des pouvoirs d'achat ont été mises à jour grâce aux versions successives de la *Penn World Table*. Summers et Heston (1991) donnent la liste complète de ces tables, jusqu'à *Mark 5*. On peut trouver la version courante de la *Penn World Table* sur le site web du Center for International Comparisons de l'Université de Pennsylvanie (CICUP). Elle couvre 168 pays pour la période 1950-2000 et représente l'un des grands monuments de la mesure économique pour la période d'après-guerre¹³.

3.2 *La convergence*

Les données relatives par Kuznets (1971) et Maddison, de même que les versions successives de la *Penn World Table*, permettent de réexaminer la question de la convergence, soulevée par Denison (1967). Moses Abramovitz (1986) fut le premier à relever ce défi en analysant la convergence de la production par personne dans les 16 pays étudiés par Maddison. Il en conclut que la convergence est essentiellement un phénomène d'après-guerre, car avant 1914 et entre les deux guerres, une telle tendance n'existait pas. Baumol (1986) a formalisé ces résultats en effectuant une régression du taux de croissance du PIB par personne pour la période 1870-1979 sur le niveau du PIB par personne, enregistré en 1870¹⁴.

Dans un article très novateur intitulé « *Crazy Explanations for the Productivity Slowdown* » Paul Romer (1987) a pu déduire la « régression de la croissance » de Baumol du modèle de croissance de Solow (1970) en ayant recours à une fonction de production de type Cobb-Douglas. La contribution empirique de Romer a consisté à étendre les régressions de la croissance des 16 pays industrialisés étudiés par Maddison (1982) aux 115 pays de la *Penn World Table (Mark 3)*. La principale découverte de Romer a été son estimation, à près des trois-quarts, de l'élasticité de la production par rapport au capital. La proportion du capital dans le PNB découlant du modèle de Solow était un peu inférieure à la moitié de ce chiffre.

13. Voir Heston, Summers et Aten (2002). Voici l'adresse du site Web du CICUP : <http://pwt.econ.upenn.edu/aboutpwt.html>.

14. La « régression de la croissance » de Baumol a suscité une abondante littérature, laquelle a d'ailleurs récemment été résumée par Steven Durlauf et Danny Quah (1999), Ellen McGrattan et James Schmitz (1999) et par Islam (2003). Une grande partie de cette littérature a utilisé les données figurant dans les versions successives de la *Penn World Table*.

Gregory Mankiw, David Romer et David Weil (1992) ont défendu le cadre traditionnel de Kuznets (1971) et Solow (1970). La partie empirique de leurs travaux reposait sur les données pour 98 pays provenant de la *Penn World Table* (Mark 4). À l'instar de Paul Romer (1987), Mankiw, David Romer et Weil ont déduit une régression de la croissance du modèle de Solow (1970); toutefois, ils l'ont enrichi en tenant compte de l'investissement en capital humain.

Les résultats de Mankiw, David Romer et Weil (1992) ont étayé d'une façon empirique le modèle de Solow « enrichi ». On y voit des preuves de la convergence prévue par le modèle; de plus, l'élasticité estimative de la production par rapport au capital correspondait à la part du capital dans la valeur de la production. Le taux de convergence de la production par personne était trop faible pour s'accorder avec la version 1970 du modèle de Solow, mais en étayait toutefois la version enrichie.

3.3 Modélisation des différences de productivité

Enfin, Islam (1995) a exploité une caractéristique importante de la *Penn World Table*, qui avait été négligée dans les travaux antérieurs. Ces données recueillies au moyen d'un panel renferment des comparaisons de référence pour les niveaux de produit national à intervalles de cinq ans à compter de 1960. Cela a permis de tester une hypothèse courante dans les régressions de la croissance. Celles-ci supposent des niveaux identiques de productivité pour tous les pays figurant dans la *Penn World Table*.

D'importants écarts de niveaux de productivité entre les pays ont été mis en évidence par Denison (1967), dans les articles que j'ai écrits conjointement avec Christensen et Cummings (1981), Dougherty (1996, 1999) et Yip (2001), de même qu'à la première section du présent article. En introduisant l'application de méthodes économétriques à des données recueillies au moyen d'un panel, Islam (1995) a pu prendre en compte de tels écarts. Il a corroboré le résultat de Mankiw, David Romer et Weil (1992), selon lequel l'élasticité de la production par rapport à l'intrant capital correspondait à la part du capital dans la valeur de la production.

De plus, Islam (1995) a trouvé que le taux de convergence de la production par personne des pays figurant dans la *Penn World Table* venait étayer la version *traditionnelle* (non enrichie) du modèle de croissance de Solow (1970). Bref, les élucubrations extravagantes (*crazy explanations*) pour expliquer le ralentissement de la productivité, comme celles proposées par Paul Romer (1987), étaient superflues. De plus, le modèle n'avait pas besoin d'une extension avec l'investissement endogène dans le capital humain, comme l'avaient proposé Mankiw, David Romer et Weil (1992).

Islam a conclu que la disparité technologique entre pays doit être incluse dans les modèles économétriques de taux de croissance. Cela exige l'emploi de méthodes économétriques sur des données recueillies au moyen d'un panel, comme celles proposées par Gary Chamberlain (1984), plutôt que les régressions de

Baumol et Paul Romer et de Mankiw, David Romer et Weil. Les données recueillies au moyen d'un panel ont maintenant supplanté les régressions pour la modélisation des disparités de production par personne.

CONCLUSION

J'en conclus qu'après 1995, une forte poussée des investissements dans le matériel et les technologies de l'information caractérise toutes les économies du G7. Cela explique une grande partie de la reprise de la croissance économique aux États-Unis, mais également une portion non négligeable de celle des autres pays membres du G7. Un autre facteur significatif pour la relance de la croissance dans le G7 après 1995 fut un bond de productivité dans les industries productrices de technologies de l'information.

Mais dans le cas du Japon, les fortes répercussions des investissements en technologies de l'information après 1995 n'ont pas suffi pour contrecarrer les tensions baissières dues à la piètre croissance de la demande globale. Cela s'est manifesté par des contributions de plus en plus faibles des intrants travail et capital hors technologies de l'information. Des fléchissements semblables se sont également produits dans l'intrant capital hors technologies de l'information en France, en Allemagne et particulièrement au Royaume-Uni après 1995.

Ces résultats reposent sur de nouvelles données et une méthodologie améliorée pour analyser les sources de la croissance économique. L'harmonisation internationale des prix du matériel de technologies de l'information et des logiciels est essentielle pour déceler les écarts entre les pays du G7. Des indices de qualité constante du capital et de l'intrant travail sont nécessaires pour prendre en compte les répercussions des investissements dans les technologies de l'information et le capital humain.

En tirant avantage des nouvelles données et de l'amélioration de la méthodologie, j'ai réussi à démontrer que les investissements dans les actifs corporels constituent la plus importante source de croissance économique dans les pays du G7. La contribution de l'intrant capital surpasse celle de la productivité pour tous les pays et à toutes les périodes. L'amélioration de la productivité est beaucoup moins cruciale que ce que laissait entrevoir la méthodologie traditionnelle de Kuznets (1971) et Solow (1970), maintenant dépassée.

Selon les recherches d'Islam (1995), le modèle de Solow (1970) est approprié pour la modélisation de l'accumulation endogène des actifs corporels. Et il n'est pas nécessaire de rendre endogène l'accumulation du capital humain. La transition vers une croissance équilibrée après une modification des politiques relatives à l'investissement dans les actifs corporels nécessite des décennies, alors que la transition après un changement touchant l'investissement en capital humain peut prendre jusqu'à un siècle.

BIBLIOGRAPHIE

- ABRAMOVITZ, M. (1986), « Catching Up, Forging Ahead, and Falling Behind », *Journal of Economic History*, 46(2) : 385-406.
- BALDWIN, J. R. et T. M. HARCHAOUI (2002), *Productivity Growth in Canada – 2002*, Ottawa, Statistique Canada.
- BAUMOL, W. J. (1986), « Productivity Growth, Convergence, and Welfare », *American Economic Review*, 76(5) : 1072-1085.
- CHAMBERLAIN, G. (1984), « Panel Data », in Z. GRILICHES et M. INTRILIGATOR (éds), *Handbook of Econometrics*, 2, p. 1 247-1 318.
- CHRISTENSEN, L. R., D. CUMMINGS et D. W. JORGENSON (1980), « Economic Growth, 1947-1973: An International Comparison », in J. W. KENDRICK et B. VACCARA, (éds), *New Developments in Productivity Measurement and Analysis*, Chicago, University of Chicago Press, p. 595-698.
- CHRISTENSEN, L. R., D. CUMMINGS et D. W. JORGENSON (1981), « Relative Productivity Levels, 1947-1973 », *European Economic Review*, 16(1) : 61-94.
- COLECCHIA, A. et P. SCHREYER (2002), « ICT Investment and Economic Growth in the 1990s: Is the United States a Unique Case? A Comparative Study of Nine OECD Countries », *Review of Economic Dynamics*, 5(2) : 408-442.
- DENISON, E. F. (1967), *Why Growth Rates Differ*, Washington, The Brookings Institution.
- DOUGHERTY, C. et D. W. JORGENSON (1996), « International Comparisons of the Sources of Economic Growth », *American Economic Review*, 86(2) : 25-29.
- DOUGHERTY, C. et D. W. JORGENSON (1999), « There Is No Silver Bullet : Investment and Growth in the G7 », *National Institute Economic Review*, 162 : 57-74.
- DURLAUF, S. N. et D. T. QUAH (1999), « The New Empirics of Economic Growth », in J. B. TAYLOR et M. WOODFORD (éds), *Handbook of Macroeconomics*, 1A, Amsterdam, North-Holland, p. 235-310.
- HESTON, AL., R. SUMMERS et B. ATEN (2002), *Penn World Table Version 6.1*, Philadelphie, Center for International Comparisons at the University of Pennsylvania (CICUP), octobre.
- ISLAM, N. (1995), « Growth Empirics », *Quarterly Journal of Economics*, 110(4) : 1127-1170.
- ISLAM, N. (2003), « What Have We Learned from the Convergence Debate? » *Journal of Economic Surveys*, 17(3) : 309-362.
- JORGENSON, D. W. (2001), « Information Technology and the U.S. Economy », *American Economic Review*, 91(1) : 1-32.
- JORGENSON, D. W. (2003), « Information Technology and the G7 Economies », *World Economics*, 4(4) : 139-170.
- JORGENSON, D. W. et K. MOTOHASHI (2003), « Economic Growth of Japan and the U.S. in the Information Age », Tokyo, Research Institute of Economy, Trade and Industry, juillet.

- JORGENSEN, D. W. et K. J. STIROH (2000), « Raising the Speed Limit: U.S. Economic Growth in the Information Age », *Brookings Papers on Economic Activity*, 1 : 125-211.
- JORGENSEN, D. W. et E. YIP (2001), « Whatever Happened to Productivity Growth? » in C. R. HULTEN, E. R. DEAN et M. J. HARPER (éds), *New Developments in Productivity Analysis*, Chicago, University of Chicago Press, p. 509-540.
- KRAVIS, I. B., A. HESTON et R. SUMMERS (1978), *International Comparisons of Real Product and Purchasing Power*, Baltimore, Johns Hopkins University Press.
- KUZNETS, S. (1971), *Economic Growth of Nations*, Cambridge, Harvard University Press.
- MADDISON, A. (1982), *Phases of Capitalist Development*, Oxford, Oxford University Press.
- MADDISON, A. (1987), « Growth and Slowdown in Advanced Capitalist Economies: Techniques of Quantitative Assessment » *Journal of Economic Literature*, 25(2) : 649-698.
- MADDISON, A. (1991), *Dynamic Forces in Capitalist Development*, Oxford, Oxford University Press.
- MADDISON, A. (1995), *Monitoring the World Economy*, Paris, Organisation de coopération et développement économiques.
- MADDISON, A. (2001), *The World Economy: A Millennial Perspective*, Paris, Organisation de coopération et développement économiques.
- MANKIW, N. G., D. ROMER et D. WEIL (1992), « A Contribution to the Empirics of Economic Growth », *Quarterly Journal of Economics*, 107(2) : 407-437.
- MCGRATTAN, E. et J. SCHMITZ (1999), « Explaining Cross-Country Income Differences » in TAYLOR, J. B. et M. WOODFORD (éds), *Handbook of Macroeconomics*, 1A, Amsterdam, North-Holland, p. 669-737.
- ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUES (2002), *Purchasing Power Parities and Real Expenditures, 1999 Benchmark Year*, Paris, Organisation de coopération et développement économiques.
- OLINER, S. D. et D. J. SICHEL (2000), « The Resurgence of Growth in the Late 1990's : Is Information Technology the Story? » *Journal of Economic Perspectives*, 14(4) : 3-22.
- ROMER, P. (1987), « Crazy Explanations for the Productivity Slowdown » in S. FISCHER (éd.), *NBER Macroeconomics Annual*, Cambridge, The MIT Press, p. 163-201.
- SCHREYER, P. (2000), « The Contribution of Information and Communication Technology to Output Growth: A Study of the G7 Countries », Paris, Organisation de coopération et développement économiques, 23 mai.
- SOLOW, R. M. (1970), *Growth Theory: An Exposition*, New York, Oxford University Press.

- SUMMERS, R. et A. HESTON (1991), « The Penn World Table (Mark 5): An Expanded Set of International Comparisons, 1950-1988 », *Quarterly Journal of Economics*, 106(2) : 327-368.
- TAYLOR, J. B. et M. WOODFORD (éds), (1999), *Handbook of Macroeconomics*, 1A, Amsterdam, North-Holland.
- TRIPLETT, J. (1996), « High-Tech Industry Productivity and Hedonic Price Indices », in Organisation de coopération et développement économiques, *Industry Productivity*, Paris, Organisation de coopération et développement économiques, p. 119-142.
- VAN ARK, B., J. MELKA, N. MULDER, M. TIMMER et G. YPMA (2002), *ICT Investment and Growth Accounts for the European Union, 1980-2000*, Bruxelles, Commission Européenne, juin.
- WYCKOFF, A. W. (1995), « The Impact of Computer Prices on International Comparisons of Productivity » *Economics of Innovation and New Technology*, 3(3-4) : 277-93.