

L'IMPACT DES INNOVATIONS
TECHNOLOGIQUES ET ORGANISATIONNELLES
SUR LES PERFORMANCES DES ENTREPRISES :
UNE ÉVALUATION NON PARAMÉTRIQUE*

Véronique JANOD[†]
Commissariat Général du Plan
EUREQua – Université de Paris 1

23 novembre 2004
Version préliminaire

Résumé

Cet article propose une évaluation non paramétrique de l'impact joint des innovations organisationnelles et technologiques sur les performances économiques des entreprises manufacturières françaises à la fin des années quatre-vingt-dix en recourant aux méthodes d'appariement sélectif appropriées au traitement multiple non ordonné. Cette étude retient comme indicateur synthétique de changement organisationnel, l'utilisation par une même entreprise d'au moins deux dispositifs organisationnels innovants parmi treize renseignés. Le recours aux nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication (TIC) est mesuré par le degré de diffusion des postes informatiques au sein des entreprises.

Les estimations réalisées mettent en évidence l'efficacité de la mise en œuvre jointe des innovations organisationnelles et technologiques sur les performances des entreprises. Elles établissent de plus que l'amélioration des performances des entreprises disposant de technologies informatiques avancées suite à la mise œuvre de dispositifs organisationnels innovants est plus importante que celle induite par l'adoption des TIC dans des entreprises utilisant déjà les pratiques organisationnelles innovantes.

Mots Clé: Changement organisationnel - TIC - Emploi - Productivité - Effet Causal
Biais de sélection.

Classification JEL : C25, L23, L60, O30.

*Je remercie Emmanuel Duguet et Anne Saint-Martin pour leurs remarques et conseils. Cette étude, effectuée lors d'un stage à la DARES, n'exprime pas la position de la DARES. Je demeure seule responsable des éventuelles erreurs et omissions.

[†]EUREQua, UMR 8594 du CNRS, Maison des Sciences Economiques, 106-112, Bd. de l'Hôpital, 75647 Paris Cedex 13, France. Tél.: +33 1 44 07 82 12 Fax: +33 1 44 07 82 02 E-mail: vjanod@univ-paris1.fr

1 Introduction

Lancées à partir du milieu des années soixante-dix¹, les Technologies de l'Information et de la Communication (TIC) ont connu un essor mondial particulièrement rapide. Leur fulgurante propagation s'est accompagnée de transformations des processus de production et de l'économie dans son ensemble d'une telle ampleur que les TIC sont parfois jugées annonciatrices d'une troisième révolution industrielle (Caron (1997)). Par analogie avec les révolutions antérieures, une répercussion en terme de croissance économique était attendue. Toutefois jusqu'au milieu des années quatre-vingt-dix aucun effet de l'informatisation ne fut perceptible. L'absence d'incidence sur la croissance économique comme sur la productivité du travail conduisit Solow (1987) à interpréter ce phénomène comme un paradoxe selon lequel «On peut voir des ordinateurs partout, sauf dans les statistiques de productivité»². La phase de croissance économique, rapide et persistante, observée aux Etats-Unis durant la seconde moitié des années quatre-vingt-dix et, dans une moindre mesure, les meilleures performances de certains pays européens à la fin des années quatre-vingt-dix laissa temporairement penser que l'attente allait enfin prendre fin (Gordon (2002), Zarnowitz (2000)). Mais le retour de conjonctures moroses depuis l'entrée dans le nouveau millénaire réactualisa les doutes concernant l'impact des TIC sur la croissance économique.

Bien que forts différents, l'attentisme des années quatre-vingt et l'accalmie conjoncturelle de la fin des années quatre-vingt-dix eurent tous deux le mérite de stimuler des recherches tant théoriques qu'empiriques tentant d'expliquer les mécanismes par lesquels les TIC sont susceptibles d'influencer la croissance économique (Mairesse (2003)). Parmi les différents mécanismes avancés jusqu'ici, l'un d'eux repose sur l'idée de complémentarité entre les nouvelles technologies et les nouvelles pratiques organisationnelles (Athey et Stern (1998), Milgrom et Roberts (1990)) : pour être suivis d'effets perceptibles, les TIC doivent être associées à une réorganisation adéquate du travail (Cohen et Debonneuil (2000)). Dès lors l'insuffisante propagation des réorganisations du travail pourrait expliquer, au moins partiellement, les faibles répercussions des TIC en terme de croissance économique (Feldstein (2003), Artus (2002), Coriat (2000)).

La suspicion de complémentarité entre les innovations organisationnelles et technologiques résulte de l'apparition depuis le milieu des années quatre-vingt d'importants changements dans l'organisation du travail au sein des entreprises : le passage d'une organisation fordienne à une organisation japonaise ou ohnienne du travail (Aoki (1986))³. Développées au Japon sur la base des dysfonctionnements décelés dans les organisations fordienues, les innovations organisationnelles japonaises consistent en un raffinement des principes organisationnels antérieurs en vue d'adapter constamment la production à la demande de

1. L'Altair, premier micro-ordinateur, est commercialisé en 1974 tandis que le premier ordinateur convivial est mis en vente par Apple en 1976.

2. "We can see the computer age everywhere but in the productivity statistics", Solow (1987), p. 36.

3. Le qualificatif ohnien fait référence à Taiichi Ohno ingénieur japonais chez Toyota à l'origine des principales innovations organisationnelles (Ohno (1989)). Ce néologisme introduit par Coriat (1991) permet d'associer ces nouvelles méthodes à son auteur, suivant en cela le même principe que celui appliqué à Taylor, Ford ou Sloan.

biens. Dès lors, le processus de production est organisé de l'aval vers l'amont, à l'inverse des modes de production antérieurs. Cette production sur commande impose de courts délais de production, dont le respect est garanti par la mise en œuvre d'une organisation du travail particulière qui se traduit principalement par un élargissement du champ d'activité des travailleurs, une affectation alternée des travailleurs aux différents postes de travail, une diffusion du travail en équipe, une décentralisation des pouvoirs de décision, une intensification de la circulation horizontale comme verticale de l'information comme une réduction du nombre de niveaux hiérarchiques (Aoki (1990)). Changements organisationnels et TIC poursuivent ainsi la même logique : accroître la flexibilité des entreprises pour permettre une production en juste-à-temps. Dès lors l'existence de complémentarité entre les innovations organisationnelles et technologiques est attendue. De plus, compte tenu de l'ampleur des changements à l'œuvre et, par conséquent, de leur coût financier, la diffusion massive et internationale de ces deux types d'innovations laisse présager leur caractère lucratif⁴.

D'un point de vue empirique, les études visant à mettre en évidence cette complémentarité (Bresnahan, Brynjolfsson, et Hitt (2002), Black et Lynch (2001)) sont confrontées à diverses difficultés. Etudier la complémentarité entre innovations technologiques et organisationnelles nécessite en effet de disposer i) d'indicateurs à même de refléter les choix technologiques et organisationnels des entreprises et ii) d'une méthodologie capable de détecter la présence de complémentarité. S'inscrivant dans cette problématique, l'étude présentée ici analyse l'apport des méthodes non paramétriques d'appariement sélectif appropriées au traitement multiple non ordonné pour l'évaluation de l'impact joint des innovations organisationnelles et technologiques sur les performances économiques des entreprises.

A cette fin deux bases de données françaises sont mobilisées : le volet «entreprises» de l'enquête Changements Organisationnels et Informatisation (COI) de 1997 et les fichiers DISques pour l'Analyse Economique (DIANE). L'enquête COI permet de rendre compte des pratiques organisationnelles et des TIC mises en œuvre par les entreprises manufacturières françaises en 1997. Les variables de performance des entreprises pour les années 1995, 1997 et 1999, telles que la productivité globale des facteurs ou la productivité du travail, sont extraites des comptes sociaux des entreprises commerciales déposés auprès des greffes des tribunaux de commerce contenus dans les fichiers DIANE. L'appariement de l'enquête COI avec les fichiers DIANE permet de constituer un échantillon de 2 404 entreprises servant de base aux différentes évaluations entreprises.

La construction des indicateurs technologiques et organisationnels s'inscrit dans le prolongement d'un travail mené antérieurement sur les changements organisationnels (Janod

4. Historiquement, l'attention vouée aux nouvelles pratiques organisationnelles est issue de la croyance en leur pouvoir bénéfique sur les performances économiques des entreprises japonaises. En effet bien qu'élaborée au début des années cinquante par Ohno, cette organisation est restée spécifique aux entreprises japonaises jusqu'aux années soixante dix. Le prolongement atypique du ralentissement économique durant ces années a conduit à analyser les spécificités des pays les plus performants dans l'espoir d'y trouver quelques remèdes. Cette recherche a abouti à l'identification de l'organisation ohnienne comme une source potentielle du succès économique japonais, ce qui lui vaut depuis l'appellation ambiguë d'«organisation performante», le lien entre la performance économique du Japon et son organisation du travail n'étant pas pour autant établi empiriquement (Cappelli et Neumark (1999)).

et Saint-Martin (2003a)). Celui-ci a montré que les indicateurs rendant compte de l'intensité des réorganisations permettaient une bonne détection des stratégies organisationnelles des entreprises. Ce même principe est appliqué aux innovations technologiques⁵. Ainsi l'indicateur synthétique de changements organisationnels retenu est l'utilisation par une même entreprise d'au moins deux dispositifs organisationnels innovants parmi les treize dispositifs organisationnels renseignés par l'enquête COI⁶. Par ailleurs une entreprise est considérée comme disposant de technologies innovantes si elle déclare qu'au moins 40% des effectifs d'au moins deux des cinq catégories de travailleurs renseignées dans l'enquête COI utilisent un poste informatique en 1997.

Muni de ces deux indicateurs, la généralisation des méthodes d'appariement sélectif au traitement multiple non ordonné proposée par Imbens (1999) et Lechner (1999) est mise en œuvre afin d'évaluer l'impact joint des innovations organisationnelles et technologiques sur les performances économiques des entreprises. Cette méthodologie consiste à comparer les performances atteintes par les entreprises selon la nature des innovations technologiques et organisationnelles mises en œuvre. Les deux variables dichotomiques reflétant les stratégies technologiques et organisationnelles permettent en effet de déterminer l'avancée innovatrice ou encore l'état technologique et organisationnel de chaque entreprise. Cet état peut prendre quatre modalités différentes : une entreprise peut i) être non innovante, disposer ii) d'innovations purement organisationnelles, ou iii) d'innovations purement technologiques ou encore iv) cumuler les innovations technologiques et organisationnelles. Muni de cette variable de traitement, les méthodes d'appariement sélectif visent, afin d'évaluer l'effet causal de l'état innovant sur les performances économiques des entreprises, à se rapprocher d'une mesure idéale. Celle-ci consiste à comparer, pour chaque entreprise, les performances atteintes dans un certain état innovant avec celles obtenues dans un autre état. Ne pouvant disposer à la fois, pour chaque entreprise, des performances atteintes dans les différents états, les méthodes d'appariement sélectif permettent d'inférer les informations non disponibles pour chaque entreprise à partir d'informations disponibles sur les entreprises présentant l'état recherché. La principale difficulté à contourner est celle d'éventuels biais de sélection : les choix organisationnels et technologiques d'une entreprise naissent dans un contexte particulier dont il faut neutraliser l'influence sur les performances générales de l'entreprise avant de pouvoir mesurer les conséquences de ces choix eux-mêmes. Intuitivement, la démarche suivie pour corriger les biais de sélection con-

5. S'ils permettent de rendre compte des stratégies organisationnelles et technologiques des entreprises, les indicateurs ainsi construits négligent les différences qualitatives de ces stratégies, qui sont elles plus complexes à appréhender empiriquement. En effet, jusqu'ici, les analyses des correspondances multiples menées sur données américaines (Gittleman, Horrigan, et Joyce (1998), Osterman (1994)) comme sur données françaises (Janod et Saint-Martin (2003b), Greenan et Hamon-Cholet (2000)) n'ont pas permis de déceler de stratégies organisationnelles dominantes.

6. Les treize dispositifs organisationnels sont : les certifications ISO 9001, ISO 9002 et EAQF ; les autres systèmes de certification ou démarche de qualité totale ; l'analyse de la valeur ou l'analyse fonctionnelle ou AMDEC ; les méthodes 5S ou TPM ; l'organisation en centre de profit ; la formalisation de contrats de type clients/fournisseurs en interne ; le système de production de type juste-à-temps ; le système de livraison de type juste-à-temps ; les groupes de travail autonomes ; les groupes de résolution des problèmes ; les groupes de projet ; l'augmentation de la polyvalence des opérateurs ; la réduction du nombre de niveaux hiérarchiques. Une présentation exhaustive de ces dispositifs ainsi que des statistiques descriptives à l'origine de l'indicateur synthétique de réorganisation retenu sont disponibles dans Janod et Saint-Martin (2003b).

siste à se replacer dans un contexte proche de celui d'une expérience contrôlée, composée de groupes séparant les entreprises selon leur choix organisationnels et technologiques. L'élimination des biais de sélection passe ainsi par le regroupement d'entreprises qui sont comparables à tout point de vue, exception faite de leur état innovant. Les entreprises, dont l'état innovant diffère mais dont les caractéristiques sont proches, sont ainsi appariées, à partir de leur probabilité d'être dans cet état relativement à l'autre état et ce conditionnellement à leurs caractéristiques. Leurs performances sont ensuite comparées sur la base de cet appariement. La procédure d'estimation comporte deux étapes. Une première étape consiste à évaluer la probabilité pour chaque entreprise de se trouver dans les différents états innovants à partir d'un modèle logistique multinomial. L'effet de l'état innovant par rapport à un autre sur les performances des entreprises est ensuite estimé à partir de trois types d'estimateurs, dont seuls les deux derniers intègrent les potentiels biais de sélection : l'estimateur naïf, l'estimateur pondéré initialement développé par Horvitz et Thompson (1952) et l'estimateur à noyau proposé par Heckman, Ichimura, et Todd (1998). L'intérêt de recourir à cette méthodologie est son extrême souplesse : elle permet d'être appliquée sur une vaste palette de variables et d'appréhender finement l'effet joint des innovations organisationnelles et technologiques.

Les estimations réalisées mettent en évidence l'efficacité de la mise en œuvre simultanée des innovations organisationnelles et technologiques sur les performances des entreprises : innovations technologiques et organisationnelles seraient donc bien complémentaires. Elles montrent de plus que l'amélioration des performances des entreprises disposant de technologies informatiques avancées induite par la mise œuvre de dispositifs organisationnels innovants s'avère plus importante que celle induite par l'adoption des technologies informatiques dans des entreprises utilisant déjà les pratiques organisationnelles innovantes.

Le papier est organisé comme suit. La première section est consacrée à la présentation des données au travers de statistiques descriptives sur les indicateurs et les performances des entreprises. La deuxième section rappelle la spécificité des méthodes d'appariement sélectif dans le cas de traitement multiple non ordonné tandis que la troisième section analyse les principaux résultats que livrent les estimations.

2 Quelques statistiques sur la diffusion des TIC

Les choix organisationnels des entreprises ayant fait l'objet d'une présentation exhaustive dans Janod et Saint-Martin (2003a), seule l'utilisation de l'informatique sera analysée ici à l'aide de statistiques descriptives. Cette analyse sera suivie d'une présentation des performances des entreprises selon leur degré d'informatisation.

2.1 Choix d'un indicateur technologique

Adressé par le SESSI aux entreprises de plus de 20 salariés de l'industrie manufacturière, le volet «entreprises» de l'enquête COI permet d'appréhender les changements intervenus entre 1994 et 1997 dans l'organisation du travail et l'usage des technologies de

l'information au sein des entreprises ainsi que d'évaluer les objectifs visés par ces changements. Cette enquête livre donc des informations qui permettent d'inférer les choix organisationnels et technologiques des entreprises. L'analyse statistique des données portant sur l'organisation du travail a montré que le dénombrement des dispositifs organisationnels innovants utilisés par les entreprises offrait une bonne détection de leurs stratégies organisationnelles. L'indicateur synthétique de réorganisation retenu est l'utilisation par une même entreprise d'au moins deux des treize dispositifs organisationnels innovants renseignés par l'enquête COI. D'après cet indicateur, 64% des entreprises peuvent être considérées comme réorganisées⁷. Compte tenu du niveau de diffusion des TIC au sein des entreprises, il apparaît cohérent de chercher à détecter le niveau de développement des technologies de l'information et des communications au sein des entreprises en appliquant un principe similaire de dénombrement, à même de refléter l'intensité de diffusion des TIC.

Parmi les sept questions relatives à l'informatisation des entreprises, le volet «entreprises» de l'enquête COI livre la proportion de salariés appartenant à cinq catégories différentes (ingénieurs et cadres, employés, salariés de la maîtrise et de l'encadrement intermédiaire, techniciens et ouvriers) qui utilisent en 1997 un poste informatique qu'il s'agisse d'un micro-ordinateur ou d'un terminal (tableau 1). Permettant une bonne mesure de la diffusion de TIC au sein des entreprises, cette question est mise à profit pour construire l'indicateur synthétique de diffusion des TIC. Sa construction nécessite de poser un seuil sur le pourcentage de salariés devant disposant d'un poste informatique ainsi que le nombre de catégories qui doivent être concernée afin que l'entreprise puisse être considérée comme disposant de technologies de l'information et de la communication avancées.

TAB. 1 – *Proportion des salariés utilisant en 1997 un poste informatique*

	en % du nombre d'entreprises				
	0%-20%	20%-40%	40%-60%	60%-80%	+ 80%
Ingénieurs et cadres	26.2	5.5	8.9	11.1	48.3
Employés	23.6	7.2	8.3	14.6	46.3
Maîtrise et encadrement intermédiaire	37.9	10.4	13.4	11	27.3
Techniciens	46.6	12.8	10.8	10.1	19.7
Ouvriers	82.2	8.7	3.7	1.7	3.7

Champ: Echantillon de 4 143 entreprises de 20 salariés et plus représentatives (taille secteur) de l'industrie manufacturière

Source: enquête COI 1997, volet «entreprises», Sessi.

Les statistiques présentées dans le tableau 1 montrent que si toutes les catégories de salariés des entreprises peuvent être dotée d'un poste informatique, l'attribution des postes informatiques semble en moyenne respecter l'ordre hiérarchique des catégories professionnelles. Les salariés appartenant à une des catégories situées plutôt en bas de l'échelle hiérarchique (telle que les ouvriers) disposent moins fréquemment d'un poste informatique. Toutefois, au vu du tableau 2, lorsqu'ils en sont dotés, le nombre d'autres catégories de

7. Cet indicateur s'avère très proche de la définition avancée par Osterman (1994), d'après laquelle une organisation est transformée si au moins deux pratiques organisationnelles sont mises en œuvre et qu'elles impliquent chacune au moins 50% de la catégorie la plus importante de salariés (hors dirigeant et surveillant) impliquée dans la production de biens ou services d'un établissement.

salariés dont au moins 40% disposent d'un poste informatique est particulièrement important. Cette intensification de la dotation des postes informatiques avec l'ordre hiérarchique se comprend assez bien. En effet, si disposer d'un poste informatique facilite la communication en en réduisant le coût, il apparaît logique de doter initialement les catégories de salariés qui communiquent le plus. Par ailleurs, la décentralisation des pouvoirs de décision parce qu'elle s'accompagne d'une intensification de la communication, justifie la diffusion progressive des postes informatiques à l'ensemble des catégories de salariés. En moyenne quelle que soit la catégorie retenue, les entreprises déclarent procurer un poste informatique à au moins 40% des effectifs appartenant à deux autres catégories, et ce presque systématiquement.

TAB. 2 – *Dotation en postes informatiques*

Catégorie de salariés	en % du nombre d'entreprises	
	Entreprises déclarant qu'au moins 40% de chaque catégorie est concerné	Nb moyen d'autres catégories concernées à au moins 40% simultanément
Ingénieurs et cadres		
Ensemble des entreprises	69.3	2.2
Entreprises réorganisées	76.6	2.3
Entreprises non réorganisées	54.9	1.9
Employés		
Ensemble des entreprises	68.7	2.2
Entreprises réorganisées	74.0	2.3
Entreprises non réorganisées	58.1	1.8
Salariés de la maîtrise et de l'encadrement intermédiaire		
Ensemble des entreprises	52.1	2.6
Entreprises réorganisées	60.1	2.7
Entreprises non réorganisées	36.2	2.5
Techniciens		
Ensemble des entreprises	41.5	2.9
Entreprises réorganisées	48.8	2.9
Entreprises non réorganisées	27.0	2.7
Ouvriers		
Ensemble des entreprises	8.9	3.3
Entreprises réorganisées	10.3	3.4
Entreprises non réorganisées	6.2	2.9

Lecture : Ces statistiques sont réalisées après pondération.

Champ : 2 404 entreprises de 20 salariés et plus de l'industrie manufacturière (appariement DIANE-COI).

Source : enquête COI 1997, volet «entreprises», Sessi - fichiers DIANE 1995-1999, Dares.

Par ailleurs conformément aux attentes, les entreprises réorganisées de l'industrie manufacturière française disposent d'une technologie informatique relativement plus en pointe que les entreprises non réorganisées (tableau 2). Ce phénomène est identique à celui déjà observé sur données américaines par Brynjolfsson et Hitt (1998). Il plaide en faveur d'une utilisation jointe des pratiques organisationnelles innovantes et des technologies informatiques de pointe.

Sur la base des statistiques descriptives réalisées, l'indicateur synthétique retenu pour refléter un niveau d'utilisation avancé des TIC (ou encore un niveau d'informatisation avancé) est l'utilisation d'un poste informatique par au moins 40% des effectifs d'au moins deux des cinq catégories de salariés distinguées par l'enquête COI. Selon cet indicateur binaire, 68% des entreprises de l'échantillon pondéré, résultant de l'appariement de l'enquête COI avec les fichiers DIANE, utilisent les TIC à un niveau avancé. Au sein des entreprises réorganisées, 75% d'entre elles recourent aux TIC, tandis qu'elles ne sont que 52% au sein des entreprises non réorganisées.

2.2 Les performances des entreprises selon leur degré d'informatisation

Muni de cet indicateur, il est désormais possible de distinguer les performances des entreprises selon leur degré d'informatisation (tableau 3). Globalement, les entreprises fortement informatisées affichent de meilleures performances que celles faiblement informatisées.

TAB. 3 – TIC et performances économiques

Entreprises	Moyennes	moyennes des évolutions	
	annuelles	(en %)	
	1997	1995-1997	1997-1999
Effectifs			
fortement informatisées	186.74 (22.2)	2.30 (0.4)	3.6 (0.5)
faiblement ou non informatisées	63.2 (5.8)	-0.03 (0.8)	1.9 (0.8)
Productivité du travail (VA/effectif)			
fortement informatisées	312.6 (3.8)	7.7 (0.7)	10.5 (0.7)
faiblement ou non informatisées	252.5 (4.9)	5.5 (1.1)	10.1 (1.1)
Productivité du capital (VA/capital)			
fortement informatisées	2.8 (0.1)	-4.6 (0.7)	0.3 (1.3)
faiblement ou non informatisées	3.2 (0.2)	-5.5 (1.1)	-1.2 (0.8)
Coût du travail moyen (salaires/effectifs)			
fortement informatisées	212.1 (1.7)	6.8 (0.5)	9.4 (0.5)
faiblement ou non informatisées	185.4 (2.6)	5.8 (0.9)	8.1 (0.8)
Capital moyen par travailleur (capital/effectifs)			
fortement informatisées	243.5 (9.9)	18.8 (0.8)	17.4 (0.8)
faiblement ou non informatisées	165.4 (8.6)	16.7 (1.4)	14.6 (1.2)
Partage de la valeur ajoutée (salaires/VA)			
fortement informatisées	0.7 (0.01)	2.3 (0.5)	3.2 (0.6)
faiblement ou non informatisées	0.8 (0.01)	2.3 (0.6)	1.2 (0.9)

Lecture : les moyennes sont pondérées et leur écart-type est donné entre parenthèses.

Champ : 2 404 entreprises de 20 salariés et plus de l'industrie manufacturière (appariement DIANE-COI).

Source : enquête COI 1997, volet «entreprises», Sessi - fichiers DIANE 1995-1999, Dares.

Conformément à la prédiction théorique selon laquelle une entreprise de grande taille profite d'autant plus des technologies permettant la réduction des coûts de communication que son fonctionnement nécessite une communication intense, les entreprises fortement informatisées sont en moyenne de plus grande taille. Par ailleurs, ces entreprises disposent d'une meilleure productivité du travail. De surcroît, le taux de croissance de

cette productivité est, depuis 1995, plus élevée que dans les entreprises non réorganisées. Ce résultat est conforme aux arguments théoriques, selon lesquels les nouvelles technologies permettent essentiellement d'améliorer l'efficacité du travail. A l'inverse, compte tenu des investissements, encore relativement coûteux, nécessaires à l'informatisation des entreprises, la productivité du capital demeure plus faible dans les entreprises fortement informatisées. Toutefois une amélioration du taux de croissance de cette productivité est constatée entre 1997 et 1999. Cette amélioration peut traduire la qualité croissante du matériel informatique à prix constant permise par la loi de Moore (1965)⁸, qui prédit le doublement de la puissance des ordinateurs tous les dix-huit mois. Enfin les entreprises fortement informatisées sont confrontées en moyenne à des coûts du travail par salarié et du capital par salarié plus importants. De nouveau, il est tentant d'interpréter l'augmentation du coût du travail unitaire comme le résultat de l'emploi d'une main d'œuvre plus qualifiée. Toutefois, faute de données sur les qualifications des salariés, cette interprétation demeure spéculative.

TAB. 4 – *Choix organisationnel et performances économiques*

	Moyennes annuelles 1997	moyennes des évolutions (en %)	
		1995-1997	1997-1999
Effectifs			
entreprises réorganisées (2 dispositifs ou plus)	188.4 (21.1)	2.0 (0.4)	3.9 (0.5)
entreprises non réorganisées (0 ou 1 dispositif)	63.8 (4.2)	0.7 (0.7)	1.3 (0.7)
Productivité du travail (VA/effectif)			
entreprises réorganisées (2 dispositifs ou plus)	318.6 (3.8)	7.2 (0.7)	11.5 (0.7)
entreprises non réorganisées (0 ou 1 dispositif)	276.6 (5.5)	6.5 (1.1)	8.3 (1.0)
Productivité du capital (VA/capital)			
entreprises réorganisées (2 dispositifs ou plus)	2.5 (0.1)	-5.3 (0.7)	0.8 (0.8)
entreprises non réorganisées (0 ou 1 dispositif)	2.9 (0.1)	-4.1 (1.1)	-3.4 (1.1)
Coût du travail moyen (salaires/effectifs)			
entreprises réorganisées (2 dispositifs ou plus)	219.8 (1.7)	6.6 (0.5)	9.5 (0.5)
entreprises non réorganisées (0 ou 1 dispositif)	199.7 (2.6)	6.2 (0.8)	7.8 (0.7)
Capital moyen par travailleur (capital/effectifs)			
entreprises réorganisées (2 dispositifs ou plus)	270.8 (9.4)	19.0 (0.8)	16.2 (0.8)
entreprises non réorganisées (0 ou 1 dispositif)	212.1 (18.3)	16.4 (1.3)	17.1 (1.2)
Partage de la valeur ajoutée (salaires/VA)			
entreprises réorganisées (2 dispositifs ou plus)	0.8 (0.01)	2.4 (0.5)	2.5 (0.6)
entreprises non réorganisées (0 ou 1 dispositif)	0.8 (0.01)	2.2 (0.7)	2.5 (0.8)

Lecture : les moyennes sont pondérées et leur écart-type est donné entre parenthèses.

Champ : 2 404 entreprises de 20 salariés et plus de l'industrie manufacturière (appariement DIANE-COI).

Source : enquête COI 1997, volet «entreprises», Sessi - fichiers DIANE 1995-1999, Dares.

De façon plus surprenante les performances des entreprises selon leur degré d'informatisation, présentées dans le tableau 3, s'avèrent similaires aux performances des entreprises selon leur choix organisationnel, présentées au tableau 4. Sans en constituer une

8. Formulée par Gordon E. Moore en 1965, cette loi est fondée sur le constat de l'évolution des performances des mémoires entre 1959 et 1965. Elle postulait initialement le doublement annuel des performances des circuits intégrés (mémoires et processeurs), puis fut revue à la baisse en 1975, la périodicité du doublement étant estimée à 18 mois.

preuve, cette similitude renforce la présomption de complémentarité entre innovations technologiques et organisationnelles.

3 La méthodologie

L'analyse de l'impact des innovations technologiques et organisationnelles sur les performances économiques des entreprises est effectuée en appliquant les méthodes d'appariement sélectif appropriées au traitement multiple non ordonné. Après avoir explicité les spécificités de la variable de traitement considérée, une présentation des méthodes d'appariement sélectif au traitement multiple non ordonné est proposée.

3.1 Les indicateurs technologiques et organisationnels

La variable de traitement T_i considérée traduit l'avancée innovante ou l'état innovant de chaque entreprise. Elle synthétise donc les informations relatives aux niveaux technologique et organisationnel des entreprises. Chaque entreprise i est caractérisée par deux variables dichotomiques, notées I_i et O_i , reflétant respectivement son état technologique et état organisationnel. La variable de technologie informatique I_i retenue prend la valeur 1 si l'entreprise i déclare qu'au moins 40% des effectifs d'au moins deux des cinq catégories de travailleurs utilisent un poste informatique en 1997. L'état organisationnel, O_i , de l'entreprise i est mesuré par un indicateur synthétique binaire, qui prend la valeur 1 si cette entreprise déclare utiliser, en 1997, au moins deux des treize dispositifs organisationnels innovants renseignés par l'enquête COI. Ces deux variables dichotomiques déterminent la valeur du traitement T_i . Cette variable peut donc prendre quatre modalités différentes, qui ne peuvent être ordonnées. Ces quatre modalités sont :

- 1- L'absence de technologies et de pratiques organisationnelles innovantes :

$$I_i = 0 \text{ et } O_i = 0.$$

Ces entreprises sont qualifiées, dans la suite de cette étude, d'entreprises non-innovantes. Leur variable de traitement a pour valeur $T_i = 0$.

- 2- La présence des technologies de l'information et la communication innovantes uniquement :

$$I_i = 1 \text{ et } O_i = 0.$$

Ces entreprises sont qualifiées d'entreprises aux innovations purement technologiques. La modalité de leur variable de traitement est notée $T_i = I$.

- 3- La présence des pratiques organisationnelles innovantes uniquement :

$$I_i = 0 \text{ et } O_i = 1.$$

Ces entreprises sont qualifiées d'entreprises aux innovations purement organisationnelles. La modalité de leur variable de traitement est notée $T_i = O$.

- 4- Le cumul des innovations technologiques et organisationnelles :

$$I_i = 1 \text{ et } O_i = 1.$$

Ces entreprises sont qualifiées d'entreprises innovantes. La modalité de leur variable de traitement est notée $T_i = IO$.

Le tableau 5 récapitule la fréquence des différents modalités de T_i au sein de l'échantillon des entreprises manufacturières françaises obtenu suite à l'appariement des bases COI et DIANE.

TAB. 5 – *Fréquences des différents états technologiques et organisationnels*

État des entreprises	T_i	nombre	
		d'entreprises	%
Non innovantes	0	263	10.94
Innovations purement technologiques	I	364	15.14
Innovations purement organisationnelles	O	324	13.48
Innovations technologiques et organisationnelles	IO	1 453	60.44

Champ : 2 404 entreprises de 20 salariés et plus de l'industrie manufacturière (appariement DIANE-COI).

Source : enquête COI 1997, volet «entreprises», Sessi - Fichiers DIANE 1995-1999, Dares.

3.2 Les méthodes d'appariement sélectif

Muni de la variable de traitement T_i , il reste à évaluer l'effet joint des innovations technologiques et organisationnelles des entreprises sur leurs performances économiques, mesurées par un ensemble de variables formant le vecteur Y_i . L'effet des innovations sera mesuré sur les taux de croissance des variables de performance notés ΔY_i . Les variables de performance retenues sont les taux de croissance entre 1997 et 1999 des huit variables suivantes : i) les effectifs, ii) la productivité globale des facteurs, mesurée par la valeur ajoutée, iii) le stock de capital, iv) la productivité du travail, estimée par le rapport de la valeur ajoutée sur les effectifs, v) la productivité du capital, évaluée par le rapport de la valeur ajoutée sur le stock de capital, vi) le coût du travail moyen par tête, mesuré par le rapport des salaires sur les effectifs, vii) le capital par effectifs et viii) le partage de la valeur ajoutée, mesuré par le rapport des salaires sur la valeur ajoutée.

Il s'agit ici de comparer deux à deux l'impact des différents états innovants sur les performances économiques des entreprises. Plus précisément, il s'agit, pour les entreprises caractérisées par un état innovant, noté k , d'estimer l'effet causal, en terme de performances économiques, d'être dans cet état k par rapport à un autre état, noté l :

$$C_k^{k,l} = E(\Delta Y_{ik} - \Delta Y_{il} | T_i = k).$$

Ceci permet, par exemple, de déterminer l'apport, en terme de performances, de la mise en œuvre simultanée des innovations technologiques et organisationnelles ($T_i = k = IO$) par rapport à l'absence totale d'innovations ($l = 0$) ou encore de mesurer l'impact, en terme de performances, pour les entreprises recourant aux innovations purement technologiques, d'avoir investi dans ces innovations ($T_i = k = I$) par rapport aux entreprises non innovantes ($l = 0$). De même, l'effet causal sur les performances d'être dans l'état innovant

k par rapport aux performances induites par un autre état l sachant que l'entreprise est caractérisée par ce dernier état $T_i = l$ peut être estimé :

$$C_l^{k,l} = E(\Delta Y_{ik} - \Delta Y_{il} | T_i = l).$$

Il s'agit donc d'estimer les variations de performances effectivement enregistrées par les entreprises ayant adopté une plus grande variété d'innovations mais aussi d'évaluer ce que serait l'effet de l'adoption d'une plus large palette d'innovations pour les entreprises qui ont jusqu'ici relativement peu investi dans ces nouvelles techniques et pratiques organisationnelles.

La principale difficulté de l'estimation réside dans le fait que, pour chaque entreprise i , seules les performances induites par l'état observé sont connues. Il faut donc parvenir à estimer les performances qui auraient résultés d'un état différent ($E(\Delta Y_{il} | T_i = k)$ et $E(\Delta Y_{ik} | T_i = l)$). Cette évaluation est obtenue en comparant les performances d'entreprises présentant des choix technologiques et organisationnels différents. La principale difficulté à contourner est dès lors celle des biais de sélection. En effet, les quatre groupes d'entreprises, résultant d'un regroupement par modalité de la variable de traitement, se distinguent à bien d'autres égards que leurs choix technologiques et organisationnels. L'adoption de ces innovations naît dans un contexte bien particulier dont il faut neutraliser l'influence sur les performances des entreprises avant de pouvoir mesurer correctement l'effet des choix technologiques et organisationnels sur les performances. Dans cette perspective, la simple comparaison des performances atteintes par les entreprises présentant l'état k avec celles atteintes par les entreprises d'état l livre une estimation biaisée de l'effet des technologies et des pratiques organisationnelles sur les performances. Les biais de sélection trouvent leur origine dans le fait que les performances économiques des entreprises d'état l sont très probablement différentes de celles qu'auraient connues les entreprises d'état k si elles avaient privilégié l'état l .

La démarche adoptée pour corriger ces biais consiste à composer des groupes pertinents d'entreprises dans l'état k et dans l'état témoin l , les entreprises appartenant à ces deux groupes devant être comparables pour un certain nombre de caractéristiques essentielles, notées X_i pour chaque entreprise i . Compte tenu des difficultés induites par un appariement sur un nombre important de variables observables X_i , le regroupement des entreprises est effectué en fonction de leur score canonique, $s_i^{k,l}$, qui est établi à partir des probabilités conditionnelles aux caractéristiques des entreprises, d'être dans les différents états distingués :

$$s_i^{k,l} = \frac{Pr(T_i = k | X_i)}{Pr(T_i = k | X_i) + Pr(T_i = l | X_i)}.$$

L'absence d'ordre naturel pour classer les quatre modalités de la variable de traitement, T_i , conduit à estimer les probabilités de se trouver dans les différents états à l'aide d'un modèle logistique multinomial. L'appariement à partir des scores canoniques déplace dès lors la difficulté de l'évaluation de l'effet causal de l'état technologique et organisationnel des entreprises au choix des attributs. Le choix des attributs se fait de la façon suivante : seules les variables influençant significativement la probabilité d'être dans les différents

états innovants ainsi que les performances de l'entreprise sont retenus comme attributs.

Une fois les attributs choisis et les appariement effectués, l'estimation de l'effet joint des nouvelles technologies et des pratiques organisationnelles innovantes sur les performances économiques des entreprises nécessite encore d'évaluer, à partir du groupe de contrôle, ce qu'auraient été les performances de chaque entreprise si elles s'étaient placées dans un état innovant différent de celui effectivement mis en œuvre. Ces évaluations sont obtenues en recourant à l'estimateur naïf, l'estimateur pondéré et à l'estimateur à noyau d'Épanechnikov, pour une fenêtre de Silverman⁹ :

$$\begin{aligned}
\hat{C}^{naïf\ kl} &= \frac{1}{N_k} \sum_{i \in I_k} \Delta Y_i - \frac{1}{N_l} \sum_{i \in I_l} \Delta Y_i \\
\hat{C}_k^{pond\ kl} &= \frac{1}{N_k} \left\{ \sum_{i \in I_k} \Delta Y_i - \sum_{j \in I_l} \frac{Pr(T_j = k | X_j)}{Pr(T_j = l | X_j)} \Delta Y_j \right\} \\
\hat{C}_l^{pond\ kl} &= \frac{1}{N_l} \left\{ \sum_{i \in I_k} \frac{Pr(T_i = l | X_i)}{Pr(T_i = k | X_i)} \Delta Y_i - \sum_{j \in I_l} \Delta Y_j \right\} \\
\hat{C}_k^{noyau\ kl} &= \frac{1}{N_k} \left[\sum_{i \in I_k} \left\{ \Delta Y_i - \sum_{j \in I_l} \frac{K[(\hat{s}_i^{k,l} - \hat{s}_j(k,l))/h_j]}{\sum_{j \in I_l} K[(\hat{s}_i^{k,l} - \hat{s}_j^{k,l})/h_j]} \Delta Y_j \right\} \right] \\
\hat{C}_l^{noyau\ kl} &= \frac{1}{N_l} \left[\sum_{i \in I_l} \left\{ \sum_{j \in I_k} \frac{K[(\hat{s}_i^{k,l} - \hat{s}_j(k,l))/h_j]}{\sum_{j \in I_k} K[(\hat{s}_i^{k,l} - \hat{s}_j^{k,l})/h_j]} \Delta Y_j - \Delta Y_i \right\} \right].
\end{aligned}$$

où, N_t est le nombre d'entreprises telles que $T_i = t$, I_t désigne l'ensemble des entreprises telles que $T_i = t$ pour $t = k, l$, Y_i désigne la variable de performance observée pour l'entreprise i et $\hat{s}_i^{k,l}$ est un estimateur du score canonique en cas de traitement multiple non ordonné obtenu à partir d'un modèle logistique multinomial. Les estimateurs pondéré et à noyau sont évalués uniquement sur le support commun des distributions du score canonique $s_i^{k,l}$. La variance de ces estimateurs est obtenue par la méthode du bootstrap, réalisée sur 100 simulations.

4 Les résultats

L'estimation est effectuée en deux étapes. Une première étape consiste à évaluer à l'aide du modèle logistique multinomial la probabilité pour chaque entreprise d'être dans les différents états innovants. Les attributs, indispensables pour l'évaluation de ces probabilités, sont choisis au sein des trois familles de variables caractérisant les entreprises : l'environnement économique, les caractéristiques individuelles et les performances économiques passées. Seules les variables ressortant comme significatives, au seuil d'au plus 10%, pour expliquer l'un des trois états innovants, conformément au modèle logistique multinomial¹⁰, sont conservées comme attributs. De plus, afin de maintenir la correction des

9. Voir Crépon et Duguet (2002) et Brodaty, Crépon, et Fougère (2000).

10. Le quatrième état (entreprises non innovantes) est la modalité de référence dans le modèle logistique multinomial.

éventuels effets fixes individuels inobservables, les estimations de l'effet causal portent sur l'évolution des variables de performance. Enfin, les estimations sont effectuées à partir du support commun des distributions des scores canoniques. A l'exception de la comparaison des deux états les plus extrêmes, *i. e.* les entreprises non innovantes ($T_i = 0$) *versus* les entreprises cumulant les innovations technologiques et informationnelles ($T_i = IO$), les distributions des scores canoniques sont relativement proches. Le support commun demeure ainsi suffisamment large pour permettre l'utilisation des méthodes d'appariement sélectif (tableau 6).

TAB. 6 – Nombre d'entreprises utilisées pour les appariements

Entreprises	Non innovantes $T_i = 0$	aux innovations purement technologiques $T_i = I$	aux innovations purement organisationnelles $T_i = O$	aux innovations technologique et organisationnelle $T_i = IO$
$T_i = 0$ Non innovantes	263			
$T_i = I$ aux innovations purement technologiques	627 575 91.71	364		
$T_i = O$ aux innovations purement organisationnelles	587 516 87.90	688 662 96.22	324	
$T_i = IO$ aux innovations technologique et organisationnelle	1716 1193 69.52	1817 1638 90.14	1777 1633 91.90	1453

Lecture : 627 entreprises sont caractérisées par un traitement prenant la modalité 0 ou I.
Seules 575 parmi ces 627 entreprises c'est-à-dire 91.71% appartiennent au support commun.
Champ : 2 404 entreprises de 20 salariés et plus de l'industrie manufacturière (appariement DIANE-COI).
Source : enquête COI 1997, volet «entreprises », Sessi - Fichiers DIANE 1995-1999, Dares.

L'effet joint des nouvelles technologies et des pratiques organisationnelles innovantes sur les performances économiques est ensuite estimé en utilisant les estimateurs naïf, pondéré et à noyau, appliqués sur le support commun des distributions des scores canoniques.

L'analyse des déterminants des différents états innovants précédera la présentation des estimations de l'effet causal joint des innovations technologiques et organisationnelles sur les performances des entreprises.

4.1 Les déterminants des différents états innovants

Les estimations par le maximum de vraisemblance du modèle logistique multinomial¹¹, présentées dans le tableau 7, témoignent de l'existence de biais de sélection : les technologies informatiques et les pratiques organisationnelles innovantes ne sont pas mises en œuvre au hasard. La comparaison, proposée ci-dessous, des déterminants des états caractérisés par la mise en œuvre d'une seule des deux innovations puis de ceux de l'état, dans lequel toutes les innovations sont adoptées, en témoigne.

La comparaison des déterminants de l'état de technologie informatique innovante pure avec ceux favorisant un état d'organisation innovante pure permet d'établir quelques différences. Ainsi, poursuivre, comme stratégie générale, la création de nouveaux produits accroît les probabilités d'adoption des technologies informatiques tandis que chercher à améliorer la qualité des produits joue au contraire en faveur de l'adoption des pratiques organisationnelles innovantes. De même, appartenir à un groupe étranger favorise les réorganisations pures tandis que cela ne constitue pas un facteur significatif pour mettre en œuvre des technologies informatiques. Il convient toutefois de remarquer l'étonnante absence d'effet significatif des contraintes ayant pesé sur les choix organisationnels dans les deux états où seul un des deux types d'innovations est mis en œuvre. Ce résultat est inchangé lorsque les contraintes ayant pesé sur les choix en matière d'informatisation sont ajoutées à la liste des attributs.

A l'exception de ces quelques différences, le tableau 7 fait ressortir une forte similitude des déterminants de ces deux états où seule une des deux innovations est adoptée. Ces deux états sont en effet d'autant plus probables que l'entreprise est de grande taille, qu'il s'agit d'un groupe français contraint d'adapter de façon aléatoire la production à la demande. En retenant le secteur de l'énergie comme référence, appartenir à l'industrie automobile ou des biens d'équipement réduit significativement les probabilités d'être dans ces deux états. Cette similitude des déterminants des états innovants purs renforce l'idée de complémentarité entre innovations technologiques et organisationnelles.

Par comparaison, les déterminants favorisant le cumul des innovations témoignent en premier lieu d'une stratégie générale plus intense et plus marquée : l'amélioration de la qualité, la mise au point de procédés de production nouveaux, la création de nouveaux produits et dans une moindre mesure la différenciation des produits existants influencent tous positivement et significativement la probabilité de recourir aux deux types d'innovations. Par ailleurs, la pression accrue de la concurrence et l'ajustement aléatoire de la production à la demande s'avèrent tous deux des facteurs déterminants et significatifs au seuil de 1% pour la mise en œuvre de cet état. Par contre, les contraintes induites par les réglementations administratives, qui jouaient en défaveur de l'adoption d'innovations organisationnelles pures n'interviennent pas significativement dans l'instauration d'un état de cumul des innovations.

11. La modalité de référence est l'état sans technologie informatique innovante et sans recours aux pratiques organisationnelles innovantes, c'est-à-dire $T_i = 0$.

TAB. 7 – Déterminants des états technologiques et organisationnels

Variables explicatives	Technologie innovante uniquement	Organisation innovante uniquement	Technologie et organisation innovantes
Constante	-6.06***	-4.09**	-11.71***
Secteurs d'activité			
Industries des biens de consommation	-2.25**	-2.35***	-1.83
Industrie automobile	-1.94	-2.02	-1.08
Industries des biens intermédiaires	-1.78	-1.42	-0.66
Industries des biens d'équipements	-2.29**	-2.16**	-1.42
Énergie	réf.	réf.	réf.
Effectifs en 1997 (en logarithme)	0.48***	0.47***	0.95***
Statut			
Entreprises indépendantes	réf.	réf.	réf.
Groupe français	0.79***	0.70**	0.97***
Groupe étranger	0.65	0.95**	1.23***
Facteurs assez à très importants dans la stratégie générale de l'entreprise			
Réduction des coûts	0.54	-0.37	0.45
Amélioration de la qualité des produits	0.52	1.14***	0.94**
Mise au point de procédés de production nouveaux	0.15	0.32	0.42**
Création de nouveaux produits	0.39*	0.35	0.44**
Différenciation des produits existants	0.09	0.21	0.34*
Contraintes ayant pesé sur les choix organisationnels entre 1994 et 1997			
Pression accrue de la concurrence	0.30	0.17	0.54***
Incertitude sur les marchés	0.16	0.31	0.05
Contraintes des clients	0.15	0.38	0.31
Contraintes de réglementat. adm.	-0.30	-0.46**	-0.27
Contraintes des fournisseurs...	-0.35	-0.27	-0.21
Autres contraintes de l'actionnariat ou du groupe	0.28	0.20	0.50
Contraintes de fusion d'acquisition...	-0.39	-0.33	-0.07
Ajustement de la production à la demande ...			
...de manière aléatoire	0.59***	0.87***	0.89***
...de manière attendue	-0.07	0.20	0.05
Part du chiffre d'affaires réalisé à l'export en 1997			
Faible (0)	réf.	réf.	réf.
Moyen (0-17,5%)	-0.29	-0.24	0.02
Fort (> 17,5%)	-0.43*	-0.22	0.05
Performances économiques en 1997			
Valeur ajoutée / effectifs	1.00**	0.68	1.20***
Valeur ajoutée / capital	0.02	-0.04	-0.03
Salaire / effectifs	-0.16	-0.32	0.01
Taux de croissance de la variable entre 95 et 97			
Effectif	-0.10	-0.47	0.32
Valeur ajoutée / effectifs	0.27	0.34	0.55
Valeur ajoutée / capital	-0.36	-0.43	-0.83**
Salaire / effectifs	-0.69	-0.62	-0.52

Lecture : significatif au seuil de *** 1% ** 5% * 10%

Champ : 2 404 entreprises de 20 salariés et plus de l'industrie manufacturière (appariement DIANE-COI).

Source : enquête COI 1997, volet «entreprises», Sessi - Fichiers DIANE 1995-1999, Dares.

L'importance des effectifs, l'appartenance à un groupe français et plus encore à un groupe étranger demeurent déterminants dans la mise en œuvre de cet état. Enfin, le niveau de la productivité du travail s'avère un atout pour l'adoption jointe des innovations

technologiques et organisationnelles tandis que le taux de croissance passé de la productivité du capital joue en sa défaveur avec un seuil de significativité de 5%. Étonnamment les secteurs d'activité qui étaient pourtant significatifs en cas d'innovations technologiques pures comme en cas d'innovations organisationnelles pures perdent leur significativité en cas de cumul des innovations.

4.2 Estimation de l'effet joint des technologies et des pratiques organisationnelles innovantes

Les résultats des estimations sont présentés dans les tableaux 8 et 9. La significativité des effets mesurés varie peu selon les estimateurs et ce, même entre l'estimateur naïf et les estimateurs pondérés et à noyau qui tiennent compte des biais de sélection. Toutefois, l'utilisation de ces deux estimateurs, plus fins, dévoile la significativité de l'effet de changement d'état pour quatre variables de performance.

TAB. 8 – *Effet joint des technologies et des pratiques organisationnelles*

k	l	Y	$\hat{C}^{naïf\ kl}$	$\hat{C}_k^{pond\ kl}$	$\hat{C}_k^{noyau\ kl}$	$\hat{C}_1^{pond\ kl}$	$\hat{C}_1^{noyau\ kl}$	
Tech et org	Org pure $N_{commun} : 1\ 633$ Pct : 91.9%	Effectifs	0.004	-0.001	-0.001	0.002	0.011	
		V. A.	0.025	0.031	0.027	0.015	0.030	
		Stock de capital	0.038**	0.031*	0.027	-0.024	0.010	
		V. A./Effectifs	0.021	0.031*	0.027	0.013	0.019	
		V. A./capital	-0.013	0.000	0.000	0.039	0.019	
		Salaires/effectifs	0.020	0.024*	0.021	0.008	0.013	
		Capital/effectifs	0.034**	0.031*	0.027*	-0.026	-0.001	
		Salaires/V. A.	-0.001	-0.007	-0.007	-0.005	-0.006	
		Tech pure $N_{commun} : 1\ 638$ Pct : 90.1%	Effectifs	0.005	0.006	0.004	0.003	0.005
	V. A.		0.059***	0.066***	0.064***	0.055**	0.059***	
	Stock de capital		0.022	0.026	0.017	0.010	0.014	
		V. A./Effectifs	0.054***	0.061***	0.059***	0.053***	0.054***	
		V. A./capital	0.037*	0.041*	0.046**	0.046**	0.045**	
		Salaires/effectifs	0.025**	0.040**	0.035**	0.023*	0.024*	
		Capital/effectifs	0.017	0.020	0.013	0.007	0.009	
		Salaires/V. A.	-0.029**	-0.021	-0.024*	-0.030**	-0.031**	
		Ni tech ni org $N_{commun} : 1\ 193$ Pct : 69.5%	Effectifs	0.042***	0.016	0.026	0.030	0.033*
			V. A.	0.033	0.046	0.014	0.040	0.033
			Stock de capital	0.013	-0.027	0.010	0.005	-0.003
			V. A./Effectifs	-0.008	0.030	-0.012	0.010	0.000
			V. A./capital	0.020	0.073	0.005	0.035	0.036
			Salaires/effectifs	0.007	0.025	0.012	0.020	0.011
			Capital/effectifs	-0.029	-0.043	-0.016	-0.025	-0.035*
		Salaires/V. A.	0.015	-0.005	0.024	0.010	0.011	

Lecture : significatif au seuil de *** 1% ** 5% * 10%

V.A.: valeur ajoutée

N_{commun} : nombre d'entreprises sur le support commun

Pct : pourcentage d'entreprises sur le support commun par rapport au support total

Source : enquête COI 1997, volet «entreprises», Sessi - Fichiers DIANE 1995-1999, Dares (appariement DIANE-COI)

Ainsi, selon l'estimateur pondéré, le passage d'un état d'organisation innovante pure à l'état de cumul des innovations technologiques et organisationnelles améliore signifi-

tivement la productivité du travail et le salaire par tête pour les entreprises qui déclarent effectivement mettre en œuvre ces deux types d'innovations. De même, selon les estimateurs pondéré et à noyau, le passage d'un état non innovant à un état d'innovations purement organisationnelles réduit au seuil faiblement significatif de 10% le taux de croissance du stock de capital, pour les entreprises qui recourent effectivement aux pratiques organisationnelles innovantes. Enfin, selon l'estimateur à noyau, le passage d'un état sans innovation à un état cumulant les innovations réduirait, au seuil faiblement significatif de 10%, le capital par tête des entreprises appartenant au groupe des entreprises non innovantes en 1997. A l'inverse, à deux reprises, lors du passage d'un état non innovant à l'état de cumul des innovations et lors du passage d'un état non innovant à un état de technologie informatique pure, la significativité du taux de croissance des effectifs disparaît lorsque les estimateurs tentent de corriger les biais de sélection.

TAB. 9 – *Effet joint des technologies et des pratiques organisationnelles*

k	l	Y	$\hat{C}^{naïf\ kl}$	$\hat{C}_k^{pond\ kl}$	$\hat{C}_k^{noyau\ kl}$	$\hat{C}_l^{pond\ kl}$	$\hat{C}_l^{noyau\ kl}$	
Org pure	Tech pure	Effectifs	0.004	0.010	0.009	0.007	0.007	
		N_{commun} : 662	V. A.	0.037	0.031	0.033	0.031	0.033
		Pct : 96.2 %	Stock de capital	-0.015	-0.013	-0.013	-0.014	-0.015
			V. A./Effectifs	0.033	0.021	0.024	0.024	0.026
			V. A./capital	0.052**	0.044	0.046*	0.045*	0.047*
			Salaires/effectifs	0.005	-0.001	0.000	0.004	0.003
			Capital/effectifs	-0.019	-0.023	-0.022	-0.021	-0.022
		Salaires/V. A.	-0.028	-0.022	-0.024	-0.020	-0.022	
	Ni tech ni org	Effectifs	0.035**	0.031	0.035*	0.043**	0.041**	
		N_{commun} : 516	V. A.	0.002	-0.007	-0.001	0.004	-0.0002
		Pct : 87.9 %	Stock de capital	-0.024	-0.051*	-0.034*	-0.017	-0.025
			V. A./Effectifs	-0.033	-0.037	-0.036	-0.039	-0.041
			V. A./capital	0.025	0.044	0.033	0.021	0.024
			Salaires/effectifs	-0.018	-0.018	-0.016	-0.016	-0.020
		Capital/effectifs	-0.058***	-0.081**	-0.069***	-0.060**	-0.065**	
Tech pure	Ni tech ni org	Salaires/V. A.	0.015	0.020	0.020	0.022	0.021	
		Effectifs	0.027*	0.018	0.017	0.017	0.016	
		N_{commun} : 575	V. A.	-0.031	-0.027	-0.038	-0.037	-0.039
		Pct : 91.7 %	Stock de capital	0.005	-0.011	-0.008	0.007	0.004
			V. A./Effectifs	-0.058**	-0.045	-0.056**	-0.054**	-0.055**
			V. A./capital	-0.036	-0.016	-0.030	-0.044	-0.043
			Salaires/effectifs	-0.013	-0.004	-0.007	0.001	0.0003
			Capital/effectifs	-0.022	-0.028	-0.026	-0.010	-0.012
			Salaires/V. A.	0.045***	0.041	0.049**	0.055***	0.054***

Lecture : significatif au seuil de *** 1% ** 5% * 10%

V.A.: valeur ajoutée

N_{commun} : nombre d'entreprises sur le support commun

Pct : pourcentage d'entreprises sur le support commun par rapport au support total

Source : enquête COI 1997, volet «entreprises», Sessi - Fichiers DIANE 1995-1999, Dares (appariement DIANE-COI)

Comparé à l'état non innovant, la mise en œuvre d'une seule des innovations engendre peu d'effets significatifs sur les taux de croissance des variables de performance. Qui plus est, lorsque des effets apparaissent, il s'agit d'une détérioration des performances.

Ainsi, le recours aux technologies informatiques en l'absence de réorganisation du travail, engendre une baisse du taux de croissance de la productivité du travail. Conformément aux craintes fréquemment exprimées, en l'absence de réorganisations, l'informatique se révèle être un gadget coûteux. Ce coût se traduit, de plus, par une modification du partage des gains de productivité en faveur des travailleurs, cette modification étant sans doute le résultat de l'augmentation de la qualification des salariés requise par l'arrivée des technologies informatiques.

La mise en œuvre de pratiques organisationnelles innovantes sans l'apport des technologies informatiques dégrade significativement quant à elle la dynamique du capital par tête. Cette dégradation résulte en partie d'une hausse du taux de croissance des effectifs accompagnée d'une baisse de celui du stock de capital. Aucun effet significatif sur la productivité du travail ou du capital n'est en revanche mesuré.

Enfin, la comparaison des performances des entreprises caractérisées par un état d'innovation organisationnelle pure avec celles des entreprises recourant uniquement aux technologies informatiques met en évidence un meilleur taux de croissance de la productivité du capital associé aux innovations organisationnelles.

Le résultat le plus frappant des tableaux 8 et 9 concerne la validation de la complémentarité des innovations technologique et organisationnelle.

En effet, le passage d'un état caractérisé uniquement par les technologies informatiques à un état associant ces technologies aux réorganisations du travail engendre des effets positifs et significatifs tant du point de vue du taux de croissance de la productivité globale des facteurs, de celle de la productivité du travail que de celle de la productivité du capital. Ces effets sont, de plus, accompagnés par une hausse du taux de croissance des salaires par tête, vraisemblablement induite par une augmentation des qualifications de la main d'œuvre.

Le passage d'un état caractérisé uniquement par la mise en œuvre des pratiques organisationnelles innovantes à un état dans lequel elles sont associées aux technologies informatiques conduit lui aussi à améliorer la dynamique des performances des entreprises, mais de façon moins systématique. Ainsi, si une hausse de la productivité du travail est bien observée, aucune hausse du taux de croissance de la productivité globale des facteurs ni de celui de la productivité du capital, ni un changement de la règle de partage des gains de productivité ne sont enregistrés. Conformément aux prédictions théoriques, l'estimateur pondéré révèle, toutefois selon un seuil de significativité à 10%, une hausse du taux de croissance du stock de capital. De même, le taux de croissance du capital par tête augmente selon les trois estimateurs.

Enfin il est possible de comparer l'effet engendré par le passage d'un état où seul un des deux types d'innovations est mis en œuvre à l'état dans lequel les deux types d'innovations sont utilisés, en distinguant la situation dans laquelle les entreprises se trouvent réellement. Cette distinction permet donc d'évaluer l'effet perçu par les entreprises qui ont effectivement cumulé les innovations, de l'effet que les entreprises n'ayant pas encore mis en œuvre ces deux types d'innovations seraient susceptibles de percevoir si elles changeaient de stratégies. Contrairement aux effets observés lors du passage d'un état purement technologique à un état cumulant les innovations, le passage d'un état pure-

ment organisationnel vers l'état de cumul des innovations engendre des effets significatifs uniquement pour les entreprises faisant un usage simultané de ces deux types d'innovations. L'ajout de dispositifs organisationnels innovants aux technologies de l'information engendre de plus fortes améliorations des performances des entreprises, que l'apport des nouvelles technologies pour des entreprises déjà réorganisées. Les réorganisations apparaissent donc comme un facteur déterminant de l'utilisation efficace des nouvelles technologies. Si les nouvelles technologies contribuent à renforcer l'efficacité des réorganisations, elles engendrent une amélioration des performances moins importante que la mise en œuvre de pratiques organisationnelles innovantes dans des entreprises fortement informatisées. Ce résultat rejoint les arguments avancés par Amable et Boyer (1993) selon lesquels l'organisation, mise en œuvre dans le modèle productif récent, prime sur la vitesse d'adaptation aux changements technologiques, à l'opposé de ce qui était observé dans le modèle fordiste antérieur. Le succès japonais en témoigne (Aoki (1990), Aoki (1988)). Il repose, en effet, d'abord sur une mutation de l'organisation, confortée ensuite par l'essor des innovations technologiques (Boyer (2002), Cohen (2000)) :

«Le nouveau mode d'organisation du travail qui accompagne la révolution informatique correspond à bien autre chose qu'à une nécessité technique. Il n'a d'ailleurs pas été créé par elle. Les idées de chasse aux temps morts, de polyvalence, de structure hiérarchiques plates, ont été expérimentées bien avant l'apparition des ordinateurs portables : elles sont nées dans les années soixante, au Japon, dans les usines Toyota.»

Cohen (2000)

Chapitre II p. 56-57.

Cette interprétation prend toutefois des connotations quasi dynamiques, dépassant le cadre statique dans lequel les résultats ont été établis.

Conclusion

L'analyse empirique proposée vise à évaluer l'effet joint des nouvelles technologies et des pratiques organisationnelles innovantes sur les performances économiques des entreprises. Appliquant les méthodes d'appariement sélectif adaptées au traitement multiple non ordonné, les estimations entreprises à partir des données sur les entreprises manufacturières françaises témoignent de la redoutable efficacité de l'association des réorganisations aux nouvelles technologies de la communication. Le résultat principal de ces évaluations tient en l'importance de l'efficacité des réorganisations lorsqu'elles sont mises en œuvre dans des entreprises disposant déjà de technologies informatiques. Cet effet s'avère plus conséquent que celui induit par l'adoption des technologies informatiques dans des entreprises recourant déjà aux pratiques organisationnelles innovantes. Ce résultat est conforme aux études empiriques sur données américaines (Bresnahan, Brynjolfsson, et Hitt (2002)).

Toutefois la faible variation des estimations après correction des biais de sélection sème le doute sur la qualité des corrections effectuées et sur l'impact potentiel des qualifications des travailleurs qui n'ont pu être prise en compte à partir des bases de données utilisées.

Références

- AMABLE, B., ET R. BOYER (1993), « L'Europe est-elle en retard d'un modèle technologique? », *Économie Internationale*, 56, p. 61–90.
- AOKI, M. (1986), « Horizontal vs. Vertical Information Structure of the Firm », *American Economic Review*, 76(5), p. 971–983.
- (1988), *Information, Incentives, and Bargaining in the Japanese Economy*, Cambridge University Press, New York.
- (1990), « Toward an Economic Model of the Japanese Firm », *Journal of Economic Literature*, 28(1), p. 1–27.
- ARTUS, P. (2002), « La divergence des gains de productivité entre les États-Unis et la zone euro », Flash 114, CDC IXIS Capital Markets.
- ATHEY, S., ET S. STERN (1998), « An Empirical Framework for Testing Theories About Complementarity in Organizational Design », Mimeo, MIT.
- BLACK, S. E., ET L. M. LYNCH (2001), « How to Compete: the Impact of Workplace Practices and Information Technology on Productivity », *Review of Economics and Statistics*, 83(3), p. 434–445.
- BOYER, R. (2002), *La croissance, début de siècle. De l'octet au gène*, Albin Michel, Paris.
- BRESNAHAN, T. F., E. BRYNJOLFSSON, ET L. M. HITT (2002), « Information Technology, Workplace Organization, and the Demand for Skilled Labor: Firm-Level Evidence », *Quarterly Journal of Economics*, 117(1), p. 339–376.
- BRODATY, T., B. CRÉPON, ET D. FOUGÈRE (2000), « Using Matching Estimators to Evaluate Alternative Youth Employment Programs: Evidence from France 1986-8 », Discussion Paper 2604, CEPR.
- BRYNJOLFSSON, E., ET L. M. HITT (1998), « Information Technology and Organizational Design: Evidence from Micro Data », Mimeo, MIT.
- CAPPELLI, P., ET D. NEUMARK (1999), « Do «High Performance» Work Practices Improve Establishment-Level Outcomes », Working Paper 7374, NBER.
- CARON, F. (1997), *Les deux révolutions industrielles du XX^e siècle*, Albin Michel, Paris.
- COHEN, D. (2000), *Nos temps modernes*, Flammarion, Paris.
- COHEN, D., ET M. DEBONNEUIL (2000), « L'économie de la nouvelle économie », Conseil d'analyse économique 28, la Documentation Française, Paris.
- CORIAT, B. (1991), *Penser à l'Envers. Travail et organisation dans la firme japonaise*, Collection Choix-Essais, Christian Bourgeois, Paris.
- (2000), « Organizational Innovation in European firms: A Critical Overview of the Survey Evidence », dans *The End of the Fordism and the Rise of the Knowledge Economy*, éd. par D. Archibugi, et B. Lundvall, Oxford University Press.
- CRÉPON, B., ET E. DUGUET (2002), « Prêt bancaire, aides publiques et survie des nouvelles entreprises: une analyse économétrique à partir des méthodes d'appariement sélectif sur données d'entrepreneurs », Cahier de la MSE, série verte 2002.48, EUREQua.
- DUGUET, E. (1999), « Macro-commandes SAS pour l'économétrie des panels et des variables qualitatives. », Document de travail, DESE G9914, INSEE.

- FELDSTEIN, M. (2003), « Why is Productivity Growing Faster », Working Paper 9530, NBER.
- GITTLEMAN, M., M. HARRIGAN, ET M. JOYCE (1998), « «Flexible» Workplace Practices: Evidence from a Nationally Representative Survey », *Industrial and Labor Relations Review*, 52(1), p. 99–115.
- GORDON, R. J. (2002), « Technology and Economic Performance in the American Economy », Working Paper 8771, NBER.
- GREENAN, N., ET S. HAMON-CHOLET (2000), « Les salariés industriels face aux changements organisationnels en 1997 », Premières Informations et Premières Synthèses 9.3, DARES.
- HECKMAN, J. J., H. ICHIMURA, ET P. TODD (1998), « Matching as an Econometric Evaluation Estimator », *Review of Economic Studies*, 65(2), p. 261–294.
- HORVITZ, D. G., ET D. J. THOMPSON (1952), « A Generalization of Sampling without Replacement from a Finite Universe », *Journal of the American Statistical Association*, 47, p. 663–685.
- JANOD, V., ET A. SAINT-MARTIN (2003a), « Impact des réorganisations du travail sur les performances des entreprises manufacturières : une analyse sur données françaises 1997-1999 », *Revue économique*, 54(3), p. 637–648.
- (2003b), « La réorganisation du travail et son impact sur les performances des entreprises industrielles : une analyse sur données françaises 1995-1999 », Document d'Études 68, DARES.
- MAIRESSE, J. (2003), « Y a-t-il encore un paradoxe de productivité », Mimeo, Séminaire Recherche TIC, productivité et conditions sociales, CREST, INSEE, 20 mars, Paris.
- MILGROM, P., ET J. ROBERTS (1990), « The Economics of Modern Manufacturing: Technology Strategy, and Organization », *American Economic Review*, 80(3), p. 511–528.
- MOORE, G. E. (1965), « Cramming More Components onto Integrated Circuits », *Electronics*, 38(8).
- OHNO, T. (1988), *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*, Productivity Press, Cambridge Mass.
- (1989), *L'esprit Toyota. Traduction française de Ohno (1988)*, Masson, Paris.
- OSTERMAN, P. (1994), « How Common Is Workplace Transformation and Who Adopts It? », *Industrial and Labor Relations Review*, 47(2), p. 173–188.
- SOLOW, R. M. (1987), « We'd Better Watch Out », *New York Review of Books*, p. 36.
- ZARNOWITZ, V. (2000), « The Old and the New in U.S. Economic Expansion of the 1990s », Working Paper 7721, NBER.

Annexe

Le modèle logistique multinomial

Les deux variables dichotomiques reflétant les choix technologique I_i et organisationnel O_i de chaque entreprise i déterminent quatre modalités pour la variable de traitement T_i , qui reflète l'état technologique et organisationnel de cette entreprise :

$$T_i = \begin{cases} 0 & \text{si } I_i = 0 \text{ et } O_i = 0 \\ I & \text{si } I_i = 1 \text{ et } O_i = 0 \\ O & \text{si } I_i = 0 \text{ et } O_i = 1 \\ IO & \text{si } I_i = 1 \text{ et } O_i = 1 \end{cases}$$

La variable de traitement, T_i , peut prendre quatre modalités mutuellement exclusives, constituant un ensemble K fini, ($K = \{0, I, O, IO\}$). Le modèle logistique multinomial doit donc être mis en œuvre. La représentation par ce modèle de la variable qualitative de traitement consiste à supposer que T_i , l'état innovant de l'entreprise i , résulte du tirage selon une loi multinomiale de paramètres $(p_{i0}, p_{iI}, p_{iO}, p_{iIO})$, où $p_{i0} + p_{iI} + p_{iO} + p_{iIO} = 1$, ces probabilités étant fonction des caractéristiques X_i selon une forme logistique :

$$p_{ik} = \frac{e^{X_i \beta_k}}{\sum_{j \in K} e^{X_i \beta_j}} \quad \forall k \in K.$$

La log-vraisemblance, ℓ , du modèle logistique multinomial s'écrit :

$$\ell = \sum_{i \in I} \sum_{k \in K} 1_{T_i=k} \ln(p_{ik}) \quad \text{avec } 1_{T_i=k} = \begin{cases} 1 & \text{si } T_i = k \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}.$$

Le maximum de cette fonction est déterminé par un algorithme de Newton-Raphson. L'estimation est le résultat d'un programme SAS-IML, appelant la macro-commande %multino mise au point récemment par Emmanuel Duguet, à partir de l'ancienne version de cette macro disponible dans Duguet (1999). Elle évalue les écart-types à partir de la matrice Hessienne du critère de log-vraisemblance maximisé.