

Conséquences de la diffusion des innovations technologiques sur l'emploi industriel en Tunisie : une analyse sur des données de panel

Sami Saafi et Faouzi Sboui



Édition électronique

URL : <https://journals.openedition.org/rei/5311>

DOI : 10.4000/rei.5311

ISSN : 1773-0198

Éditeur

De Boeck Supérieur

Édition imprimée

Date de publication : 15 janvier 2012

Pagination : 85-108

ISSN : 0154-3229

Référence électronique

Sami Saafi et Faouzi Sboui, « Conséquences de la diffusion des innovations technologiques sur l'emploi industriel en Tunisie : une analyse sur des données de panel », *Revue d'économie industrielle* [En ligne], 137 | 1er trimestre 2012, mis en ligne le 15 janvier 2014, consulté le 02 juin 2022. URL : <http://journals.openedition.org/rei/5311> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/rei.5311>

Sami SAAFI

Laboratoire de Recherche sur l'Industrie et l'Innovation (RII), université de Littoral
Côte d'Opale, Unité de Recherche d'Analyses Quantitatives Appliquées (UAQUAP),
université de Tunis

Faouzi SBOUI

Unité de Recherche en Économie Appliquée (URECA), université de Sfax,
faculté des Sciences économiques et de Gestion de Mahdia, université de Monastir

CONSÉQUENCES DE LA DIFFUSION DES INNOVATIONS TECHNOLOGIQUES SUR L'EMPLOI INDUSTRIEL EN TUNISIE: UNE ANALYSE SUR DES DONNÉES DE PANEL (1)

Mots-clés: Innovation, transfert technologique, emploi, données de panel, Tunisie.

Key words: Innovation, Technology Transfer, Employment, Panel Data, Tunisia.

I. — INTRODUCTION

Depuis le milieu des années quatre-vingt, l'État tunisien a adopté une politique d'ajustement libérale et d'ouverture économique impliquant une insertion dans le mouvement de globalisation et de compétition internationale (2). Suite au démantèlement de l'accord multifibres (AMF), amorcé début 2005, la

- (1) Nous remercions vivement les deux rapporteurs anonymes pour leurs remarques et suggestions dont la prise en compte a permis d'améliorer l'étude. Des versions préliminaires de ce texte ont été présentées au colloque international « Knowledge for growth » (Toulouse, juillet 2008) et au deuxième colloque du GDRI-DREEM (Égypte, décembre 2010). Nos infinis remerciements s'adressent également à Sophie Boutillier, Dimitri Uzunidis, Blandine Laperche et Abdejilil Farhat pour leurs commentaires constructifs sur des versions précédentes de cet article. Toutes les erreurs qui subsistent demeurent de la pleine responsabilité des auteurs.
- (2) Adoption du PAS en 1986, adhésion au GATT en 1990 et à l'OMC en 1995 et signature d'un accord d'association avec l'Union européenne en 1995.

part des exportations tunisiennes en matière de textiles sur le marché européen n'est plus garantie mais plutôt soumise à la force compétitive de la Tunisie face aux différents exportateurs et plus particulièrement les pays asiatiques. Dans ce contexte, la technologie constitue un choix stratégique pour assurer la compétitivité des industries tunisiennes. C'est ainsi qu'à partir de la fin des années quatre-vingt dix, la politique industrielle en Tunisie s'est orientée vers le soutien de la R&D et de l'innovation technologique.

La diffusion des innovations technologiques a-t-elle contribué à la création d'emplois ou bien a-t-elle aggravé le déséquilibre sur le marché du travail (3) ? C'est l'interrogation à laquelle cette recherche tente d'apporter une réponse. Pour ce faire, nous adopterons une modélisation s'appuyant sur les enseignements de la théorie de compensation et ceux de la théorie de la croissance endogène.

Les économistes de la « théorie de compensation » (4) postulent que le progrès technique détruit des emplois à court terme – effet de remplacement – mais en crée à long terme – effet de compensation (Vivarelli, 1995, 2007). D'abord, l'innovation technologique (5) augmente la marge de productivité du capital par rapport à celle de la main-d'œuvre, permettant ainsi aux entreprises de maintenir leur niveau de productivité tout en réduisant leur niveau d'emploi. Ensuite et à long terme, en présence d'une flexibilité « suffisante » des prix et des salaires, le changement technique ne devrait pas dans un tel système entraîner le sous-emploi.

Toutefois, ce genre de prédictions théoriques est inspiré des expériences des pays développés. L'impact des innovations technologiques sur le travail et l'emploi a été très peu exploré dans les pays en développement (Sinha, 1994). Or, la relation innovation technologique-emploi dans les pays en développement pourrait être de nature particulière. Ces régions du monde sont caractérisées par des réservoirs importants de main-d'œuvre, un chômage chronique et un sous-emploi. En outre, le potentiel technologique de ces pays est encore relativement faible et la dépendance à l'égard des technologies étrangères est très élevée. Leurs activités technologiques sont généralement associées à une transmission de technologies étrangères *via* l'importation (Grossman et Helpman, 1991 ; Coe et Helpman, 1995). « *Dans un tel contexte, le terme "innovation" se réfère aussi à l'adaptation, au marché local ou à des conditions géographiques particulières, de technologies ou de produits inventés dans des pays plus avancés* » (Aghion, 2002). Néanmoins, l'absorption des transferts de technologies dépend, dans une large mesure, des conditions

(3) La Tunisie est caractérisée par un chômage structurel avec un taux aux alentours de 14 %.

(4) Pour plus de détails, voir Heertje (1977) et Soete (1987).

(5) L'innovation technologique dont il est question ici est l'innovation technologique de procédés qui affecte le processus de production.

locales du pays. En effet, une technologie importée, qui aurait été choisie aveuglément et ne répondant pas aux besoins internes de l'économie, risquerait d'avoir des effets contraires à un certain nombre d'objectifs sociaux et économiques, y compris celui de l'emploi (Sinha, 1994).

Ainsi, l'effet global du transfert technologique sur l'emploi au niveau des pays en développement est ambigu et complexe. Il dépend de l'interaction de plusieurs facteurs tels que le degré d'intégration économique du pays, les caractéristiques des technologies importées et la capacité d'absorption du pays (6) (Conte et Vivarelli, 2007). On ne saurait donc déterminer *a priori*, c'est-à-dire avant étude des caractéristiques de l'économie, le sens des effets de la diffusion de technologies sur l'emploi.

Piva (2003) propose une synthèse de nombreuses évaluations empiriques réalisées sur divers corps de données (individuelles, sectorielles ou macro-économiques), principalement au niveau des pays en développement. Il montre que ces travaux, souvent rudimentaires, s'intéressent plutôt à l'impact des technologies sur les différentes catégories de la main-d'œuvre, qu'à leur effet global sur l'emploi (7).

S'adossant à un cadre théorique combinant la théorie de compensation et celle de la croissance endogène, cet article cherche à mettre en évidence l'effet de court et de long terme, de la diffusion des innovations technologiques sur l'emploi en Tunisie. Même si le lien emploi-changement technologique, devenu aujourd'hui un sujet classique, a été largement traité dans la littérature, son exploration dans un pays en voie de développement demeure très pertinente. La Tunisie pourrait constituer un champ d'analyse éclairant, étant donné la stratégie de libéralisation commerciale suivie, ayant permis la suppression des restrictions quantitatives aux importations, et la place centrale qu'occupe le secteur industriel dans l'économie.

L'article est organisé comme suit. Les deuxième et troisième sections présentent les fondements théoriques de l'article et les relient aux principaux résultats de la littérature empirique. Au niveau de la quatrième section, à travers les résultats des estimations, nous discutons les effets de court, de moyen

- (6) On entend par capacité d'absorption d'un pays la capacité d'apprendre et mettre en application les technologies et les pratiques associées des pays développés (Dahlman et Nelson, 1995). La capacité d'absorption inclut la capacité de rechercher et choisir la technologie la plus appropriée pour être assimilée aussi bien que les activités liées à créer de nouvelles connaissances. Elle reflète également la capacité d'un pays d'intégrer les ressources existantes et exploitables – occasions technologiques – dans la chaîne de production, et la prévoyance pour prévoir la trajectoire technologique potentielle et appropriée.
- (7) Piva (2003) précise que le manque de données est l'une de principales causes qui explique la rareté des études empiriques concernant l'effet global de la diffusion technologique sur l'emploi au niveau des PED.

et de long termes des innovations technologiques sur l'emploi. La dernière section présente les conclusions de cette recherche.

II. — DIFFUSION DES INNOVATIONS TECHNOLOGIQUES ET EMPLOI : LES FONDEMENTS THÉORIQUES

2.1. Les mécanismes de compensation

En raison des gains de productivité qu'il permet, le progrès technique est souvent accusé de créer du chômage. La première correction que les économistes apportaient à l'opinion populaire est la démonstration qu'il existait un certain nombre d'effets compensateurs. Au risque d'une simplification abusive, la littérature économique identifie six mécanismes de compensation (Vivarelli, 1995, 2007 ; Simonetti *et al.*, 2000).

i) « *Via les nouvelles machines* » : les emplois détruits dans le secteur innovant (le secteur utilisateur des innovations de procédés) seront remplacés par des emplois créés dans d'autres secteurs (les secteurs où les innovations sont produites). Trois arguments ont été avancés par les économistes classiques. Premièrement, il faut des ouvriers pour produire des machines. Deuxièmement, il y a extension du marché et la consommation du produit ainsi fabriqué dans des conditions plus efficaces s'élève parce qu'il y a baisse des prix. Troisièmement, il y a apparition de nouvelles activités répondant à des besoins nouveaux.

ii) « *Via la diminution des prix* » : d'une part l'utilisation des innovations de procédés fait réduire le nombre d'employés. D'autre part, ces innovations elles-mêmes devraient réduire le coût unitaire de production. Dans un marché compétitif, cet effet se traduit par une diminution des prix. D'où l'accroissement de la demande adressée à l'entreprise innovante ou à d'autres entreprises et donc une augmentation de la production et de nouveaux emplois sont créés. Ce mécanisme de compensation a été évoqué à plusieurs occasions dans l'histoire de la pensée économique (Clark, 1907 ; Pigou, 1962 ; Neary, 1981 ; Stoneman, 1983).

iii) « *Via la diminution des salaires* » : selon Hicks (1932), l'effet direct de l'innovation (destruction d'emplois) peut être compensé par un ajustement à la baisse des salaires sur le marché du travail. Or, cette réduction des salaires favorise l'augmentation de la demande d'employés.

iv) « *Via les nouveaux investissements* » : annoncé par Ricardo (1951) et discuté par Douglas (1930), Marshall (1961), Hicks (1973) et Stoneman (1983), ce mécanisme se base sur la diminution des coûts à la suite d'un changement technologique. Cette baisse des coûts engendre un profit supplémentaire qui peut être accumulé par les entrepreneurs innovateurs. Lorsqu'ils sont réinvestis, ces bénéfices entraînent la création de nouveaux emplois.

v) « *Via l'augmentation des revenus* » : la baisse des coûts de production associée aux gains de productivité qu'entraînent les nouveaux procédés technologiques est généralement synonyme d'une baisse des prix. Celle-ci aurait pour effet l'accroissement de la demande qui est une condition nécessaire pour augmenter le volume d'emplois utilisé. Cette augmentation de l'emploi peut compenser les pertes initiales d'emplois dues aux innovations de procédés (Pasinetti, 1981). Selon le fameux effet de déversement décrit par Sauvy (1980), le progrès technique crée un revenu supplémentaire qui se répartit entre les salariés, l'État, l'entrepreneur et le capitaliste. La notion de déversement signifie le transfert d'utilisation de revenu. Le nombre d'emplois créés va dépendre de l'utilisation qui est faite de la somme ainsi obtenue.

vi) « *Via les nouveaux produits* » : selon Katsoulakos (1984), si l'innovation de procédés réduit l'emploi, l'innovation de produits a un effet inverse. Les produits nouveaux suscitent une demande nouvelle, et donc une création de nouveaux emplois. Ainsi, les périodes dominées par les innovations de procédés (comme la période actuelle avec l'informatique par exemple) engendrent du chômage, tandis que celles où dominent les innovations de produits (les « trente glorieuses » avec l'automobile, l'électroménager) engendrent de l'emploi.

Les mécanismes de compensation étant, l'effet des innovations technologiques sur l'emploi dépend étroitement de plusieurs facteurs et les interactions qui entrent en jeu sont multiples. Les plus importants sont la flexibilité du marché du travail (absence de contraintes de mobilités, flexibilité des salaires, etc.), la croissance de la demande sur le marché des biens et services et les relations entre les facteurs de production (plus particulièrement le degré de substituabilité des facteurs).

2.2. Les enseignements de la théorie de la croissance endogène

Plusieurs auteurs de la nouvelle théorie de croissance endogène (Coe et Helpman, 1995 ; Coe *et al.*, 1997 ; Keller, 2001, 2002 ; Eaton et Kortum, 2001 ; Dulleck et Foster, 2008) soulignent que le commerce de produits intermédiaires peut être un canal de transmission de technologies. L'innovation peut être mise en œuvre hors du strict cadre de la R&D *via* les imitations des procédés de fabrication ou l'utilisation de la technologie incorporée dans les biens intermédiaires ou équipements. Keller (2002) précise que, outre la voie « directe » selon laquelle la R&D d'un pays intègre les idées produites, le transfert technologique fonctionne aussi par la voie « indirecte » dans la mesure où les idées sont intégrées dans les produits intermédiaires et les biens d'équipement de haute technologie importés.

Le modèle construit par Connoly (2000) montre que l'interaction accrue à travers les importations, entre les pays développés du Nord et les pays moins développés du Sud, peut mener à une croissance plus élevée dans le monde. L'auteur a également mis en évidence que les activités d'innovation dans les

pays en développement dépendent étroitement des importations de technologies des pays développés et que l'importance des importations dans la diffusion de la technologie est plus grande pour les pays en développement que pour les pays développés (Connoly, 2003). Outre, les externalités en termes de connaissances, l'importation de biens comportant de la technologie permet aux pays en développement de combler leur retard technologique. Tant que le coût des importations est plus faible que celui de l'innovation, l'importation de technologies constitue un raccourci vers la modernisation. Elle permet d'éviter les activités de recherche redondantes et d'économiser des ressources.

Étant donné que les pays en développement ne produisent que rarement de nouvelles technologies et qu'ils se limitent, en général, à un exercice d'adaptation des technologies importées, la réalisation d'un progrès technique serait le résultat d'un processus d'apprentissage. Celui-ci est défini comme étant « *un processus par lequel la répétition et l'expérimentation font que des tâches sont effectuées mieux et plus vite et que de nouvelles opportunités de production sont identifiées* » (8). Ainsi, un taux d'apprentissage élevé favorise une grande rapidité d'acquisition des connaissances (9).

L'apprentissage décrit des situations variées. Arrow (1962) insiste sur l'apprentissage par la pratique « *learning by doing* ». Dans ce cas, la multiplication d'utilisations des machines et de technologies productives contribue à l'amélioration de l'expérience, des qualifications et des compétences. De même, les travailleurs pourraient améliorer leurs habiletés à innover en se débarrassant des comportements passifs de spectateurs et en s'impliquant directement dans la manipulation directe des technologies de pointe. C'est l'idée de l'apprentissage par l'usage « *learning by using* » proposée par Rosenberg (1982). Pour Lundvall (1992), l'apprentissage se fonde sur l'interaction « *learning by interacting* » ayant lieu dans le partage des connaissances liant les entreprises avec l'ensemble des acteurs de leur environnement socio-économique. Cette forme d'apprentissage repose sur l'absorption de connaissances provenant de sources externes à la firme et dépend donc de sa capacité d'absorption (10).

En conséquence, la croissance endogène associée au changement technique est étroitement liée au processus d'apprentissage amorcé et à la capacité d'absorption de la diffusion technologique.

- (8) Dosi G., Teece D. et Winter S. (1990), « Les frontières des entreprises : vers une théorie de la cohérence de la grande entreprise », *Revue d'Économie Industrielle*, vol. 51, pp. 242-243.
- (9) Le taux d'apprentissage pourrait être mesuré par la durée nécessaire pour maîtriser telle ou telle opération productive ou une technologie (Le Bas, 1995).
- (10) Par capacité d'absorption, on entend à reconnaître la valeur, à assimiler et à exploiter une nouvelle information (ou connaissance) à des fins commerciales (Cohen et Levinthal, 1989, 1990).

Dans une économie où la concurrence force les entreprises à innover, l'innovation entraîne un renouvellement perpétuel des biens produits et une rotation accrue des emplois. C'est la destruction créatrice dont parlait Schumpeter. L'analyse de Aghion et Howitt (1992, 1994) prévoit que la relation de long terme entre la croissance, impulsée par l'innovation technologique, et le chômage aura la forme d'un « U » renversé. Cette forme signifie que l'accélération d'un rythme de croissance déjà lent crée davantage de chômage, tandis que l'accélération d'un rythme de croissance déjà rapide réduit le chômage.

Le modèle développé par Aghion et Howitt (1997) montre que la diffusion d'une innovation à caractère général (General Purpose Technology (GPT)) (11) s'accompagne généralement d'une hausse du taux de chômage et/ou des inégalités salariales entre employés qualifiés et ceux non qualifiés pendant les phases de diffusion intensives.

III. — APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE

Une mesure rigoureuse des effets de la diffusion des innovations technologiques sur l'emploi requiert la distinction de la situation de court terme de celle de long terme. Pour ce faire, le recours aux spécifications générales des modèles en données de panel est particulièrement opportun.

3.1. Effets à court terme

À l'instar de Milner et Wright (1998), Greenaway *et al.* (1999) et Fu et Balasubramanyam (2005), l'analyse économétrique adoptée dans ce travail reprend le cadre des travaux utilisant des modèles statiques simples de maximisation de profit par les firmes.

Dans ces modèles on suppose une fonction de production de type Cobb-Douglas de la forme :

$$Y_{it} = A^\gamma K_{it}^\alpha L_{it}^\beta \quad (1)$$

Où Y est la production réelle, K est le stock de capital, L est l'unité de travail utilisée, i et t sont les indices respectifs des secteurs et des périodes de temps. α et β représentent la part des facteurs de production ; γ tient compte des facteurs qui affectent l'efficacité de la fonction de production (Milner et Wright, 1998).

(11) GPT consiste en l'introduction d'une vague d'innovations majeures, chacune créant un nouveau produit ou procédé améliorant ceux qui pré-existent, tous étant relativement proches les uns des autres.

Afin de maximiser le profit, les firmes utilisent le capital et le travail à des niveaux tels que la productivité marginale du travail est égale au salaire (w) et le produit marginal du capital est égal à son coût d'utilisation (c) :

Lorsque les facteurs de productions sont choisis à leur niveau optimal, la fonction de production peut s'écrire sous la forme :

$$Y_{it} = A^\gamma [(\alpha L_{it}/\beta) (w/c)]^\alpha L_{it}^\beta \quad (2)$$

En utilisant le logarithme et après réarrangement, la fonction de demande d'emploi s'écrit :

$$\ln L_{it} = \lambda_0 + \lambda_1 \ln (w/c) + \lambda_2 \ln Y_{it} \quad (3)$$

Où ; $\lambda_0 = -(\gamma \ln A + \alpha \ln \alpha - \alpha \ln \beta)/(\alpha + \beta)$; $\lambda_1 = -\alpha/(\alpha + \beta)$ et $\lambda_2 = 1/(\alpha + \beta)$

En 2005, Fu et Balasubramanyam ont apporté une extension au modèle de base de Greenaway-Milner-Wright, en incorporant une nouvelle variable captant les effets des exportations sur l'emploi. Les auteurs font l'hypothèse que l'expansion des exportations peut créer de nouvelles opportunités d'emplois.

Dans ces conditions, l'équation (3) s'écrit :

$$\ln L_{it} = \lambda_0 + \lambda_1 \ln (w/c) + \lambda_2 \ln Y_{it} + \lambda_3 \ln PEX_{it} \quad (4)$$

Où PEX désigne l'index de pénétration des exportations.

Admettant l'hypothèse que la diffusion de technologies peut favoriser l'efficacité de procédés de production et en s'inspirant de l'approche de Fu et Balasubramanyam (2005) et Bin (2008), nous supposons que le paramètre A varie au cours du temps de la manière suivante :

$$A_{it} = \exp \left(\sum_t \gamma_t D_t \right) BREV_{it}^{\phi_1} TECH_{it}^{\phi_2} PEX_{it}^{\phi_3} \quad (5)$$

Où $BREV$ et $TECH$ désignent, respectivement, les stocks de brevets et de technologies importées.

Il importe de préciser que dans cette recherche, nous approximons les résultats des activités d'innovation par les brevets au lieu des dépenses de Recherche et Développement (R&D), bien que ce dernier indicateur soit le plus utilisé. Ce choix se justifie par les raisons suivantes. Tout d'abord, les dépenses de R&D représentent une mesure d'*input* des activités d'innovation et ne nous apprennent rien quant à leur aboutissement sur le plan technique ou commercial (Pamukçu et Cincera, 2001). Ensuite, une activité innovante sera assimilée à de la R&D lorsqu'elle est effectuée de manière continue et organisée par les entreprises (OCDE, 1993). Or, l'enquête de l'innovation menée par le ministère de la Recherche scientifique, de la Technologie et du Développement des compétences montre que les activités de R&D dans la plupart des entreprises tunisiennes sont entreprises d'une manière occasionnelle

(MRSTDC, 2005 ; Saafi, 2007). Enfin, les brevets jouent un rôle central dans le développement des transactions en matière de technologie (Guellec et Kabla, 1994 ; OCDE, 2004). En effet, les objets brevetables, les critères de brevetabilité imposés et la portée des brevets sont trois instruments essentiels que les responsables de la conception des régimes de brevets peuvent utiliser pour accroître à la fois l'innovation et la diffusion (Encaoua *et al.*, 2003).

En l'absence d'une classification technologique officielle des brevets, nous empruntons la méthodologie adoptée par Ghali (2001) pour procéder à une classification des brevets déposés en Tunisie durant la période 1997-2006, par secteurs. Une classification sectorielle de chaque brevet est réalisée sur la base du critère « fonction de l'invention », conformément à la classification internationale de l'Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI). La répartition sectorielle obtenue montre que les brevets sont principalement concentrés, en moyenne par an, dans le secteur des industries chimiques et le secteur des industries mécaniques et électriques. Il s'agit des secteurs où la valeur de technologies importées a enregistré une croissance rapide.

Pour pallier le biais lié à la taille des secteurs, nous construisons un quotient de l'intensité de brevetabilité qui rapporte le nombre de brevets dans un secteur à la taille de ce secteur (nombre des entreprises).

En définitive, l'équation que nous estimons pour appréhender les effets de court terme de la diffusion des innovations technologiques sur l'emploi a la forme suivante (12) :

$$\ln L_{it} = \eta_i + \lambda_1 \ln W_{it} + \lambda_2 \ln VA_{it} + \phi_1 \ln BREV_{it} + \phi_2 \ln TECH_{it} + \phi_3 \ln PEX_{it} + \sum_t \gamma_t D_t + \varepsilon_{it} \quad (6)$$

Où W , VA , $BREV$, $TECH$ et PEX désignent, respectivement, le salaire réel, la valeur ajoutée, le stock de brevets, la part des biens d'équipements importés dans le stock total de capital (13) et l'index de pénétration des exportations (14). ε_{it} sont les termes d'erreur, supposées être i.i.d de moyenne nulle et de variance égale à σ_ε^2 .

Pour le calcul du stock de biens d'équipements, nous suivons la démarche adoptée par Hasan (2002). Ce dernier définit le stock de biens d'équipement importés, incorporant les dernières avancées technologiques, comme :

- (12) À l'instar de Milner et Wright, 1998 ; Greenaway *et al.*, 1999 ; Fu et Balasubramanyam, 2005, nous supposons que la variation du coût de capital peut être captée par les *year dummies*.
- (13) La valeur des importations est déflatée par l'indice de la valeur unitaire des importations.
- (14) Il est mesuré par la part des exportations dans la production totale. La valeur des exportations est déflatée par l'indice de la valeur unitaire des exportations alors que les valeurs de production sont prises aux prix constants (1990=100).

$$TECH_{it} = \sum_{s=0}^T TECH_{it-s} [1 - \gamma]$$

Où γ représente le taux de dépréciation du stock de capital qui est supposé égal à 6 % et T est supposé égal à 4 (Hasan, 2002). À l'instar de Dulleck et Foster (2008), nous supposons que l'ampleur de la diffusion technologique dépend du niveau de l'investissement dans les équipements importés.

Le stock de capital est calculé selon la méthode de l'inventaire perpétuel : le stock au moment t est égal au nouvel investissement au moment t plus le stock au moment $t - 1$ moins l'amortissement :

$$K_{it} = FBCF_{it} + K_{it-1} [1 - \gamma]$$

Pour construire le stock initial, on fait l'hypothèse d'un taux de croissance annuel constant des investissements passés. Ainsi, le stock de l'année 1997 est égal à la formation brute de capital fixe réalisée par le secteur i en 1997 ($FBCF_{i,1997}$), rapportée à la somme du taux de croissance de la $FBCF$ (15) du secteur i sur la période 1997-2006 (noté η) et du taux de dépréciation du capital γ .

$$K_{i,1997} = \frac{FBCF_{i,1997}}{(\eta + \gamma)}$$

Utilisant des données de panel, la procédure d'estimation nécessite de tester si l'on a le droit de supposer que la fonction de demande d'emploi est parfaitement identique pour tous les secteurs (H_0 : $\eta_i = cte$) ou bien s'il existe des spécificités propres à chaque secteur (H_1 : $\eta_i \neq cte$). Sous l'hypothèse H_0 , on néglige l'existence d'un effet fixe individuel alors que sous H_1 c'est le contraire. Cela revient donc à estimer les deux modèles suivants :

Sous H_0 , le modèle (6) s'écrit :

$$\ln L_{it} = \eta + \lambda_1 \ln W_{it} + \lambda_2 \ln VA_{it} + \phi_1 \ln BREV_{it} + \phi_2 \ln TECH_{it} + \phi_3 \ln PEX_{it} + \sum_t \gamma_t D_t + \varepsilon_{it} \quad (7a)$$

Alors que sous H_1 , le modèle (6) devient :

$$\ln L_{it} = \eta_1 D_1 + \dots + \eta_9 D_9 + \lambda_1 \ln W_{it} + \lambda_2 \ln VA_{it} + \phi_1 \ln BREV_{it} + \phi_2 \ln TECH_{it} + \phi_3 \ln PEX_{it} + \sum_t \gamma_t D_t + \varepsilon_{it} \quad (7b)$$

(15) Les valeurs de la FBCF sont prises aux prix constants (1990=100).

où D_1, \dots, D_9 sont des variables Dummy associées aux secteurs.

L'application du test de Fischer entre les deux spécifications (7a) et (7b) nous permettra de tester l'homogénéité des constantes η_i (16, page ci-contre). Quant au test de Hausman, il nous permettra d'identifier la nature de ces effets qui peuvent être aléatoires ($H_0: E(\eta_i/x_i) = 0$), ou fixes ($H_1: E(\eta_i/x_i) \neq 0$).

3.2. Effets à moyen et long termes

Sous des conditions assez générales, l'estimateur « between » est un bon estimateur relatif de long terme (Pirrotte, 1994, 1996). Toutefois, le faible nombre de secteurs observés dans la présente étude rend les coefficients estimés d'une régression inter-individuelle non significatifs. Pour surmonter ce problème, nous recourons à l'approche de panel dynamique. Un modèle dynamique est un modèle dans lequel un ou plusieurs retards de la variable dépendante figurent comme variables explicatives.

En se référant à Blundell et Bond (1998), la forme auto-régressive de la fonction de demande d'emploi pour un secteur i à la date t s'écrit :

$$l_{it} = \eta_i + \lambda_1 l_{it-1} + \beta' (L)X_{it} + \delta_t + \varepsilon_{it} \quad (8)$$

Où l est le logarithme du niveau de l'emploi, L , l'opérateur de retards et X représente l'ensemble des variables explicatives.

Le terme d'erreur dans cette spécification est composé d'un effet inobservable par secteur qui est constant dans le temps (η_i), d'un effet inobservable par période qui est commun à tous les secteurs (δ_t) et d'un terme qui varie selon les secteurs et les périodes et que l'on suppose non corrélé dans le temps (ε_{it}).

Pour mesurer les effets de moyen et long termes de la diffusion des innovations technologiques sur l'emploi, nous estimons une forme particulière de l'équation (8), inspirée de l'approche de Van Reenen (1997) et de Blundell et Bond (1998). La spécification estimée est la suivante :

$$\ln L_{it} = \eta_i + \lambda_1 \ln L_{it-1} + \lambda_2 \ln W_{it} + \lambda_3 \ln W_{it-1} + \lambda_4 \ln VA_{it}$$

(16) La statistique de Fischer se calcule de la manière suivante :

$$F^c = \frac{[SCR(H_0) - SCR(H_1)]/[DL(H_0) - DL(H_1)]}{SCR(H_1)/DL(H_1)}$$

Où $SCR(H_0)$ et $SCR(H_1)$ désignent respectivement la somme des carrés des résidus du modèle (7a) et du modèle (7b); DL , le degré de liberté. Si $F^c > F^{\text{tabulée}}$ (pour un risque $\alpha = 5\%$), on accepte l'hypothèse H_1 , signifiant l'existence d'un effet fixe individuel. Par contre si $F^c < F^{\text{tabulée}}$, on accepte H_0 , indiquant l'absence d'un effet fixe individuel.

$$+ \sum_{j=0}^4 \phi_{1j} \ln BREV_{it-j} + \sum_{j=0}^4 \phi_{2j} \ln TECH_{it-j} + \phi_3 \ln PEX_{it} + \delta_t + \varepsilon_{it} \quad (9)$$

L'estimation d'un tel modèle comporte un certain nombre de difficultés. Celles-ci proviennent, d'une part, de la corrélation entre le retard de la variable dépendante et la perturbation, même si ε_{it} est supposée non corrélée (Greene, 2003). Elles résultent, d'autre part, de la corrélation entre certaines variables explicatives et l'effet spécifique individuel non observable, représenté par le terme γ_i dans la spécification (9).

Pour pallier ces biais d'endogénéité, plusieurs techniques d'estimation sont utilisées dans la littérature se rapportant à l'estimateur du GMM en différence (Arellano et Bond, 1991) et à l'estimateur du GMM en système (Blundell et Bond, 1998).

La méthode d'Arellano et Bond (1991) se présente comme une estimation du panel dynamique en deux étapes. Il s'agit, dans un premier temps, de réécrire le modèle en différence première afin d'éliminer les effets spécifiques individuels et temporels (17). Comme dans des panels relativement courts (18), la corrélation entre la variable endogène en différence première ($l_{it} - l_{it-1}$) et le terme d'erreur ($\varepsilon_{it} - \varepsilon_{it-1}$) persiste, les auteurs proposent, dans un deuxième temps, d'instrumenter les variables explicatives par leurs valeurs retardées (en niveau).

Toutefois, Blundell et Bond (1998) montrent que l'estimateur GMM en différence donne des résultats biaisés dans des échantillons finis lorsque les instruments sont faibles (19). Ils proposent alors un modèle des GMM en système qui se compose d'une équation du modèle en différence première et d'une équation du modèle initial en niveau.

Les instruments pour la première équation en différence première sont les mêmes que ceux discutés plus haut. Quant à l'équation en niveau, les variables explicatives en niveau sont instrumentées par leurs propres différences pre-

(17) $(l_{it} - l_{it-1}) = \lambda_1 (l_{it-1} - l_{it-2}) + \beta' (L) (X_{it} - X_{it-1}) + (\varepsilon_{it} - \varepsilon_{it-1})$

Les termes d'erreurs sont supposés indépendants et homoscédastiques aussi bien entre les secteurs que dans le temps.

(18) Comme ceux utilisés dans cette recherche (9 secteurs pour la période entre 1997 et 2006).

(19) C'est le cas des variables en niveau retardées.

(20) La statistique utilisée dans ce test est distribuée selon une loi du $\chi^2 (m - k - 1)$, avec m , le nombre des instruments; k , le nombre des variables explicatives. Les hypothèses de ce test s'écrivent comme suit:

H_0 : les instruments sont valides (variables instrumentales non corrélées avec les termes d'erreur)

H_1 : les instruments ne sont pas valides (variables instrumentales corrélées avec les termes d'erreur).

mières. La convergence de l'estimateur de la MMG est conditionnée par la validité des instruments. En effet, la validité d'ensemble des instruments peut être vérifiée à l'aide du test de suridentification standard de Sargan (20) qui s'appuie sur l'estimateur de la MMG en deux étapes et est corrigé pour l'hétéroscédasticité sous l'hypothèse nulle de validité des instruments.

IV. — LES EFFETS DES INNOVATIONS TECHNOLOGIQUES SUR L'EMPLOI EN TUNISIE

Les données utilisées dans cette recherche proviennent de quatre sources différentes. Les données sur les industries tunisiennes (valeur ajoutée, formation brute de capital fixe, importations des produits par groupement sectoriel, indice de prix, etc.) nous ont été fournies par l'Institut National de Statistique (INS). Celles sur l'emploi proviennent de l'Agence de Promotion de l'Industrie (API). Concernant les brevets, nous avons exploité la banque de données de l'Institut National de la Normalisation et de la Propriété Industrielle (INNORPI) qui est dépositaire des normes, brevets, marques de fabrique ou de commerce et dessins et modèles industriels protégés en Tunisie. S'agissant des salaires, nous avons utilisé la base constituée par l'Institut d'Études Quantitatives (IEQ).

À partir de ces différentes sources, nous construisons des variables relatant le contexte industriel, le marché du travail et des indicateurs de l'innovation technologique. Le panel formé porte sur neuf secteurs industriels pour la pério-

TABLEAU 1 : Statistiques descriptives des industries tunisiennes en 2006

Secteurs d'activité	Nombre d'entreprises	En % du tissu industriel	Emplois	En % de l'emploi industriel
Industries agro-alimentaires (IAA)	993	18	61822	15
Industries du bois, du liège et de l'ameublement (IBLA)	193	4	24501	6
Industries du cuir et de la chaussure (ICCH)	276	5	8977	2
Industries chimiques (ICH)	474	9	34290	8
Industries diverses (ID)	295	5	15267	4
Industries électriques, électronique et de l'électroménager (IEEE)	324	6	57172	13
Industries des matériaux de construction céramique et verre (IMCCV)	440	8	26973	6
Industries mécaniques et métallurgiques (IMM)	520	10	31599	7
Industries textiles et habillement (ITH)	1955	36	164541	39
Total	5470	100	425162	100

Source : l'Agence de promotion de l'industrie (API).

TABLEAU 2 : Résultats d'estimation du modèle (6) : modèle à effets fixes
Variable dépendante : logarithme du niveau d'emploi

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
lnTECH	0,133** (2,41)		0,138** (2,50)			0,131** (2,32)
lnBREV		0,031 (0,76)	0,001 (0,08)		0,0001 (0,01)	
lnVA	0,263*** (2,88)	0,217*** (2,86)	0,265*** (2,89)	0,259*** (2,81)	0,263*** (3,53)	0,258*** (2,80)
lnPEX	0,127** (2,10)	0,116** (2,17)	0,100*** (2,79)	0,153*** (3,13)		
lnW	-0,707** (-2,05)	-0,714* (-1,93)	-0,779** (-2,36)	-0,807** (-2,42)	-0,707** (-2,13)	-0,735** (-2,17)
Ln(TECH)*Ln(BREV)				0,013*** (3,76)		
Ln(TECH)*Ln(PEXP)					0,134** (2,30)	
Ln(BREV)*Ln(PEX)						0,011* (1,69)
Secteurs dummies	oui	oui	oui	oui	oui	oui
Year dummies	oui	oui	oui	oui	oui	oui
Test de Fisher	6,163	7,744	6,640	4,942	5,734	6,127
Test de Hausman	127,61	123,55	129,47	126,65	127,42	124,39
R ²	0,70	0,68	0,72	0,71	0,72	0,71
Nombre d'observations	90	90	90	90	90	90

** *: le coefficient est significatif à un risque d'erreur de 1 %.

** : le coefficient est significatif à un risque d'erreur de 5 %.

* : le coefficient est significatif à un risque d'erreur de 10 %.

Les valeurs entre parenthèses correspondent à la statistique *t* de Student.

de entre 1997 et 2006. Le tableau 1 présente un ensemble de statistiques descriptives caractérisant le tissu industriel tunisien en 2006.

4.1. Les effets à court terme

Le nombre d'individus « secteurs » étant faible (N=9), le modèle statique, dit « Least Squares Dummy Variable Model » (LSDV) peut être estimé par la méthode de moindres carrés ordinaires (Greene, 2003) dans la dimension intra-individuelle « within ». Outre la convergence, il est assez communément admis que l'estimateur « within » permet de rendre compte des effets de court terme alors que l'estimateur « between » rendrait mieux compte des effets de long terme (Pirotte, 1996).

Les résultats des estimations du modèle (6) sont présentés dans le tableau 2. Les trois premières estimations (de 1 à 3) évaluent les effets des différentes variables explicatives sur le logarithme du niveau d'emploi. Quant aux trois dernières (de 4 à 6), elles mesurent les effets des interactions entre l'importation des biens d'équipement, les brevets et l'exportation.

Le test de Fischer amène à accepter l'hypothèse d'existence des effets spécifiques (rejet de $H_0: \eta_i = \text{cte}$) pour les trois spécifications estimées ($F_c > F^{\text{tabulée}}$). Quant aux résultats du test de Hausman, ils montrent que les effets individuels sont déterministes (rejet de $H_0: E(\alpha_i/x_i) = 0$), et non aléatoires.

Les résultats affichés par le premier groupe d'estimations (de 1 à 3) montrent qu'en dehors du coefficient de la variable indiquant le nombre de brevets, tous les autres sont significatifs. Les signes et grandeurs de ces coefficients appellent les commentaires suivants :

— premièrement, contrairement aux prédictions théoriques, l'effet de court terme de la diffusion des technologies importées sur l'emploi est positif (21). Une augmentation de l'importation des biens d'équipement de 1 % accroît le niveau de l'emploi d'un peu plus de 0,13 %. Ce résultat peut s'expliquer par la relation de complémentarité entre le capital et le travail qui s'est instaurée grâce aux réformes du commerce extérieur, dont notamment la suppression des obstacles à l'importation des biens d'équipement ;

— deuxièmement, dans toutes les régressions, la demande globale de produits (approchée par la valeur ajoutée) exerce un effet positif sur le niveau d'emploi. Il en est ainsi parce que l'augmentation de la valeur ajoutée implique un revenu plus élevé conduisant naturellement à une consommation plus importante. Celle-ci est souvent nécessaire pour la création des emplois (22) ;

— troisièmement, les estimations font apparaître que les entreprises exportatrices ont une plus grande possibilité d'augmenter leur demande d'emploi, suite à une hausse des exportations. En effet une augmentation des exportations de 1 % entraîne un accroissement du niveau d'emploi entre 0,1 % et

- (21) Les mêmes régressions ont été estimées en introduisant le carré de la variable *TECH*. Le coefficient de cette dernière s'est avéré toujours non significatif. En effet, la relation quadratique en *U* inversé n'apparaît pas entre la diffusion de technologies importées et l'emploi.
- (22) Ce résultat est semblable à ceux trouvés par Pianta (2001) et Antonuci et Pianta (2002).
- (23) Ce résultat correspond à celui obtenu par Fu et Balasubramanyam (2005). Ces derniers trouvent qu'une augmentation du volume des exportations de 1 % fait augmenter le niveau d'emploi de 0,17 % au niveau des industries chinoises.
- (24) Boglacio et Pianta (2010), en utilisant les données des enquêtes communautaires de l'innovation (CIS) pour un échantillon de huit pays européens (Allemagne, France, Italie, Pays-Bas, Norvège, Portugal, Espagne) ont abouti à un résultat similaire.

0,15 %. Ceci implique que la croissance de la demande externe (exportations) exerce un effet positif sur l'emploi (23) ;

— quatrième, comme prévu, l'interaction est fortement négative entre le salaire réel et l'emploi. L'élasticité de l'emploi par rapport au salaire est de l'ordre de 0,7. Une diminution des salaires favorise l'augmentation de la demande d'employés (Hicks, 1932) (24).

Quant aux trois effets d'interaction entre l'importation des biens d'équipement, les brevets et l'exportation, les estimations montrent qu'ils sont tous significatifs et positifs. Il en résulte les commentaires suivants :

— d'abord, une augmentation de l'interaction TECHBREV de 1 % accroît le niveau d'emploi de 0,013 % (modèle 4) (25). Ce résultat implique que la diffusion des innovations locales (brevets) influence positivement et indirectement la demande de l'emploi à travers son interaction avec les technologies importées ;

— ensuite, l'importation des biens d'équipement et les exportations contribuent simultanément à l'augmentation de la demande d'emploi. Une augmentation de l'interaction TECHPEX de 1 % accroît le niveau d'emploi de 0,13 % (modèle 5). Ceci implique que les biens d'équipement importés influencent positivement l'emploi à travers leur interaction avec les exportations. En d'autres termes, les importations de biens d'équipement plus intensifs en technologie favorisent la compétitivité des exportations, ce qui peut permettre la création de nouveaux emplois ;

— enfin, pour ce qui est de l'interaction entre les brevets et les exportations, les résultats obtenus montrent que l'innovation améliore les performances en termes d'exportation des industries manufacturières tunisiennes, ce qui stimule la demande d'emploi. D'ailleurs, Chehaider (2009) avait montré que la relation entre l'innovation et l'exportation dans les entreprises tunisiennes est bidirectionnelle. Autrement dit, non seulement l'innovation stimule l'exportation, mais aussi cette dernière améliore les performances en termes d'innovation des entreprises manufacturières. L'effet positif des exportations sur l'innovation s'explique par le fait que la concurrence internationale oblige les entreprises exportatrices à respecter les normes de qualité et les incite à innover (Salmon et Shaver, 2005).

4.2. Effets à moyen et long termes

Les résultats des estimations concernant les effets de moyen et long termes sont présentés dans le tableau 3, page ci-contre. Ces résultats émanent de

(25) En fait la corrélation entre la variable *BREV* et la variable *TECH* est positive (coefficient de corrélation égal à 0,21 ; p-value=0,043).

TABLEAU 3 : Résultats d'estimation du modèle (9) par la méthode GMM en système – Variable dépendante : logarithme de niveau d'emploi

	(1)	(2)	(3)	(4)
$\ln L_{t-1}$	0,984*** (34,73)	0,980*** (62,08)	1,005*** (58,72)	0,989*** (69,01)
$\ln \text{TECH}_t$	0,032* (1,87)		0,032 (1,44)	
$\ln \text{TECH}_{t-1}$	-0,039* (-2,13)		0,018 (0,68)	
$\ln \text{TECH}_{t-2}$	0,004 (0,70)		-0,014*** (-3,76)	
$\ln \text{TECH}_{t-3}$	-0,010** (-2,50)		0,002 (0,23)	
$\ln \text{TECH}_{t-4}$	0,005 (0,45)		-0,017* (-2,28)	
$\ln \text{BREV}_t$		-0,006 (-1,25)	0,002 (0,02)	
$\ln \text{BREV}_{t-1}$		0,010* (2,11)	-0,007 (-1,28)	
$\ln \text{BREV}_{t-2}$		-0,007 (-1,15)	-0,006* (-2,12)	
$\ln \text{BREV}_{t-3}$		0,007 (1,18)	0,008 (1,75)	
$\ln \text{BREV}_{t-4}$		0,013 (1,49)	-0,015* (-2,24)	
$\ln(\text{TECH})_t * \ln(\text{BREV})_t$				0,008 (0,36)
$\ln(\text{TECH})_{t-1} * \ln(\text{BREV})_{t-1}$				-0,003 (-0,21)
$\ln(\text{TECH})_{t-2} * \ln(\text{BREV})_{t-2}$				-0,003 (-0,54)
$\ln(\text{TECH})_{t-3} * \ln(\text{BREV})_{t-3}$				-0,008 (-0,55)
$\ln(\text{TECH})_{t-4} * \ln(\text{BREV})_{t-4}$				0,024** (2,65)
$\ln W_t$	-0,274** (-2,54)	-0,040 (-0,77)	0,022 (1,18)	-0,024 (-0,17)
$\ln W_{t-1}$	-0,213* (-2,00)	0,041 (0,67)	-0,185 (-1,33)	-0,015 (-0,14)
$\ln VA_t$	0,028** (2,65)	0,033 (1,80)	0,185 (1,27)	0,023* (2,12)
$\ln \text{PEX}_t$	0,011 (1,49)	0,006* (2,05)	0,017*** (4,57)	0,008 (1,70)
Year dummies	oui	oui	oui	oui
Test de Sargan (dl) (p-value)	40,13 (46) (0,716)	50,45 (46) (0,302)	34,65 (41) (0,748)	42,10 (46) (0,636)
m_1 (p-value)	-3,01 (0,003)	-2,62 (0,009)	-2,90 (0,004)	-2,70 (0,007)
m_2 (p-value)	1,47 (0,142)	1,26 (0,208)	1,32 (0,188)	1,28 (0,200)
Nombre d'instruments	61	61	61	61

Les valeurs entre parenthèses correspondent à la statistique t de Student.

La liste des instruments : Équation en différence première : $\ln L$ (à partir de t-2), $\ln VA_{t-2}$,

$\ln \text{PEX}_{t-2}$, $\ln W$ (à partir de t-2)

Équation en niveau : $\ln L_{t-1}$, $\ln VA_{t-1}$, $\ln \text{PEX}_{t-1}$, $\ln W_{t-1}$, year dummies.

quatre modèles. Dans le modèle (1), la diffusion technologique est appréhendée par les technologies importées, alors que dans le modèle (2), l'innovation technologique est approchée par les brevets. Quant au modèle (3), il prend en compte simultanément ces deux derniers indicateurs de l'innovation technologique. Enfin, le modèle (4) examine les éventuels effets d'interactions entre les technologies importées et les innovations locales (mesurées par les brevets) sur l'emploi. Quelle que soit la spécification retenue, le test de sur-identification de Sargan n'indique aucun problème en ce qui concerne la validité des variables instrumentales. En outre, le non-rejet de l'hypothèse nulle d'absence d'autocorrélation de second ordre attesté par une statistique non significative apporte une nouvelle justification à la spécification du modèle.

Les résultats affichés dans le tableau 3 inspirent les quatre commentaires suivants.

— Premièrement, le coefficient de la variable salaire est significativement négatif, ce qui implique qu'une augmentation des salaires entraîne une diminution de l'emploi. Le coefficient négatif de la variable salaire retardée d'une période (W_{t-1}) indique qu'il y a un effet de persistance négatif du salaire sur le niveau d'emploi (colonne 1), bien que cet effet de persistance n'apparaisse significatif que dans le cas de la première régression.

— Deuxièmement, les coefficients estimés de la variable exportation (PEX %), lorsqu'ils sont significatifs (colonnes 2 et 3), indiquent qu'une augmentation de la part des exportations dans la production accroît le niveau d'emploi. Ce résultat semble signifier que le choix politique de la Tunisie de promouvoir les exportations a produit ses retombées positives en matière d'emploi. En fait, depuis le début des années 1970, en établissant le statut d'entreprise exportatrice doté d'avantages fiscaux importants (26) (dit régime « offshore »), le Gouvernement a cherché à attirer les investissements étrangers et à susciter des vocations exportatrices parmi les entreprises tunisiennes.

— Troisièmement, les coefficients des valeurs retardées de la variable importation des biens d'équipements (TECH), lorsqu'ils sont statistiquement significatifs, sont de signe négatif (modèle 1, modèle 3). Ce résultat rejoint l'argument de Van Reenen (1997), qui précise qu'à mesure que la technologie arrive à maturité, son effet sur l'emploi devient négatif. Il en est ainsi parce que les technologies matures atteignent un stade où leur potentiel pour produire des effets bénéfiques devient minime. Au contraire, les valeurs retardées

(26) En 1972, la loi a offert des incitations aux entreprises exportant au moins 80 % de leur chiffre d'affaires. L'exonération d'impôt a été initialement prévue pour 20 ans, renouvelée pour dix ans puis prolongée de cinq ans en 2002 jusqu'à la fin 2007 pour les entreprises dont le délai arrivait à expiration avant cette date. Les entreprises exportatrices bénéficient également d'une franchise totale des droits et taxes pour les biens d'équipements importés.

d'une période de la variable brevets (BREV) (modèle 2) exercent un effet positif et significatif sur le niveau d'emploi.

— Quatrièmement, l'effet de l'interaction entre les technologies importées et les brevets sur l'emploi est positif. Cependant, cet effet n'est significatif que lorsque le retard correspond à quatre périodes.

Afin d'améliorer notre diagnostic, nous avons procédé à l'estimation des effets de moyen et de long termes, des technologies importées, des brevets ainsi que de leur terme d'interaction sur l'emploi. Ces effets regroupent tout le processus d'ajustement c'est-à-dire la somme des valeurs des périodes (t à t-4) divisé par $(1-\lambda_1)$.

TABLEAU 4: Effets à moyen et long termes

	(1)	(2)	(3)	(4)
TECH	-0,25	–	-4,2	–
BREV	–	0,85	3,96	–
TECHBREV	–	–	–	1,63

Cette procédure a montré que, d'une part, les effets sur l'emploi à moyen et long termes des innovations technologiques importées sont négatifs alors que ceux de la brevetabilité sont positifs mais non significatifs (27). Il en résulte que la diffusion des technologies importées exerce un effet positif sur l'emploi à court terme (tableau 2) et des effets négatifs à moyen et long termes. Ce résultat semble contredire la théorie de compensation. Bien que ce résultat puisse être spécifique à l'échantillon utilisé et à la période étudiée qui reste relativement courte pour mesurer un effet de long terme, certains arguments tendraient à le justifier. Les plus importants tiennent au marché du travail, à la nature des investissements et aux processus d'apprentissage. D'abord, en dépit des nombreuses réformes engagées par les pouvoirs publics dans le but d'introduire une certaine souplesse dans la législation, d'atténuer son caractère protecteur et de développer son aspect promotionnel des emplois et des reve-

- (27) La non-significativité de l'effet de la brevetabilité s'explique, entre autres par les deux constats suivants :
- près de 80 % des brevets déposés par les résidents le sont à titre individuel, mettant en perspective l'absence quasi totale de collaboration entre chercheurs, laboratoires de recherche et entreprises (Chellouf *et al.*, 1999) ;
 - une grande partie des brevets déposés sont d'origine étrangère. Ces entreprises non nationales visent, d'une part, à protéger les produits qu'elles cherchent à exporter en Tunisie et d'autre part, à protéger les procédés qu'elles cherchent à implanter lors de la mise en place d'unités de production (Ghali, 2001).

nus, les réglementations du travail (en particulier les procédures de licenciement) sont toujours rigides et trop protectrices (Banque mondiale, 2004). Ensuite, il s'avère que la majorité des mesures d'incitation dans le domaine des investissements, élaborées ces dernières années, visent particulièrement à réduire le coût d'utilisation du capital par la réduction de la valeur d'achat d'équipements, la diminution du coût de financement des projets et l'augmentation de la rentabilité du capital. En revanche, très peu de mesures sont prises en faveur de la promotion de l'emploi qui n'ont d'ailleurs que peu d'impact sur les choix technologiques arrêtés par les nouveaux promoteurs (Azaiez, 2000). Enfin, force est de constater que la plupart des entreprises en Tunisie sont des filiales ou des sous-traitants pour les grandes entreprises étrangères. L'apport de ces entreprises se réduit, le plus souvent, à des opérations d'assemblage, ce qui n'implique pas un sérieux processus d'apprentissage et la production de technologies similaires.

D'autre part, l'interaction entre l'importation des technologies et les brevets (TECHBREV) exerce un effet positif sur l'emploi à long terme. Ceci pourrait être expliqué par le fait qu'en Tunisie, les brevets portent essentiellement sur des adaptations et des améliorations des procédés de fabrication importés. Ainsi, comme le souligne Dlala (1990), l'acquisition d'une capacité autonome d'innovation technologique, *via* l'accès à des technologies incorporées dans les biens d'équipement importés, permet d'assurer l'entretien et la réparation des équipements, d'adapter les importations technologiques aux besoins du pays et de concevoir de nouveaux outils de production et de les diffuser dans tout l'environnement économique national.

V. — CONCLUSION

Le bilan des résultats économétriques se présente comme suit. À court terme, les effets sur l'emploi de la diffusion des innovations technologique importées et de la brevetabilité sont positifs. De même, nous trouvons une relation positive et significative entre la demande sur le marché des produits et l'emploi. En revanche l'interaction entre l'emploi et les salaires est négative.

En utilisant les modèles de panel dynamiques, nous trouvons que les effets sur l'emploi à moyen et long termes des innovations importées sont négatifs. Mais l'effet d'interaction entre technologies importées et brevets est positif. Le premier résultat confirme ceux déjà trouvés par la plupart des travaux empiriques qui se sont intéressés à l'étude de la relation entre le transfert technologique et la croissance en Tunisie. Entre autres, Rezgui et Salah (1999) ont montré, sur une période de vingt ans (1976-1995), que les importations des équipements exercent un effet négatif sur la productivité globale des facteurs. Ils expliquent alors ce résultat par le fait que le stock étranger de connaissance contenu dans un dinar d'importation serait insuffisant pour que l'importation ait un effet positif. Ils estiment aussi que le stock minimal permettant un effet direct positif est de 1,5 fois le stock étranger moyen de connaissances

captées par la Tunisie. Ainsi, plutôt que de parler d'effet seuil, Dhaoui (1996) insiste sur l'importance de l'existence de compétences hautement qualifiées pour assimiler les technologies importées.

Ainsi, nous pouvons prétendre que la Tunisie ne profite pas pleinement, en termes de croissance et d'emplois, des technologies importées. Pourtant, compte tenu des expériences internationales, la Tunisie n'aurait-elle pas intérêt à renoncer à l'importation des innovations technologiques ? En effet, la littérature empirique montre qu'en général, l'introduction des innovations technologiques crée plus d'emplois qu'elle n'en détruit. Cela voudrait dire qu'en Tunisie, le problème n'est pas lié à l'importation des technologies, mais plutôt à l'adaptation et l'appropriation de ces technologies. En fait, l'apport des entreprises tunisiennes dans la chaîne de production se limite, le plus souvent, à des opérations d'assemblage employant des machines, déjà obsolètes en Europe, et une main-d'œuvre très peu qualifiée. C'est pourquoi le processus d'introduction des technologies semble ne pas avoir impliqué l'apprentissage, ni la formation massive de cadres ou de techniciens susceptibles de s'approprier, voire d'améliorer les technologies importées. Cela renvoie également à la capacité d'absorption très limitée des industries manufacturières tunisiennes.

Cela étant, comme l'entreprise n'est pas isolée dans un « espace à cloisons », le problème tient souvent, non pas à l'entreprise elle-même, mais à l'économie dans son ensemble. Nous pensons alors que le développement d'un système national de recherche scientifique et d'innovation technologique serait le meilleur gage en vue d'adapter et de s'approprier les technologies importées. À cet égard, certaines défaillances, dont souffre le système tunisien d'innovation, méritent d'être corrigées. L'un des problèmes majeurs est l'insuffisante articulation entre les différents éléments du système d'innovation, notamment la faible coordination entre le système éducatif et la politique industrielle (Saafi, 2007). Le système éducatif tunisien continue de former dans des spécialités très peu demandées sur le marché du travail. En revanche, certaines compétences fortement sollicitées restent relativement rares.

L'importation de technologies serait valorisante en termes d'emplois si la politique industrielle visait l'orientation du potentiel scientifique et technique du pays vers l'organisation d'un espace relationnel entre les institutions publiques d'enseignement et de recherche et les entreprises nationales. Plus précisément, il serait indispensable d'instaurer un contexte d'interaction entre les différents acteurs en vue d'impulser l'apprentissage.

Voir bibliographie pages suivantes

BIBLIOGRAPHIE

- AGHION P. et HOWITT P. (1992), « A Model of Growth Through Creative Destruction », *Econometrica*, 60, pp. 323-351.
- AGHION P. et HOWITT P. (1994), « Growth and Unemployment », *Review of Economic Studies*, 61 : pp. 477-494.
- AGHION P. et HOWITT P. (1997), « On the Macroeconomic Effects of General Purpose Technologies », in Elhanen Helpman (ed), *General Purpose Technologies and Economic Growth*, MIT Press, Cambridge, MA.
- AGHION P. (2002), « Les défis d'une nouvelle théorie de la croissance », *L'Actualité économique*, vol. 78, n° 4, pp. 459-486.
- ANTONNUCI T. et PIANTA M. (2002), « The employment effects of product and process innovations in Europe », *International Review of Applied Economics*, 16, 3, pp. 295-308.
- ARELLANO M. et BOND S. (1991), « Some Tests of Specification for Panel Data: Monte Carlo Evidence and an Application to Employment Equations », *Review of Economic Studies*, n° 58, pp. 277-297.
- ARROW K. (1962), « The Economic Implications of Learning by Doing », *Review of Economic Studies*, vol. 29, pp. 155-173.
- AZAIEZ T.-L. (2000), « Tunisie: changements politiques et emploi (1956-1996) », *L'Harmattan*, Paris.
- BANQUE MONDIALE (2004), « République tunisienne: stratégie d'emploi », vol. 1 et 2.
- BIN G. (2008), « Technology acquisition channels and industry performance: An industry – level analysis of Chinese large – and medium-size manufacturing enterprises », *Research Policy* 37, pp. 194-209.
- BLUNDELL R. et BOND S. (1998), « Initial conditions and moment restrictions in dynamic panel data models », *Journal of Econometrics* 87, pp. 115-143.
- BOGLICINO F. et PIANTA M. (2010), « Innovation and Employment: a Reinvestigation using Revised Pavitt classes », *Research Policy*, n° 39, pp. 799-809.
- CHEHAIDER O. (2009), « Les déterminants de l'activité de recherche et développement des entreprises manufacturières tunisiennes », *Région et Développement*, n° 29, pp. 160-179.
- CHELLOUF I., OUATTARA O. et DOU H. (1999), « La nécessité de la veille technologique en Tunisie », *International Journal of Information Sciences for Decision Making*, n° 3, pp. 35-47.
- CLARK J.-B. (1907), *Essentials of Economic Theory*, Macmillan, New York.
- COE D.-T., HELPMAN E. et HOFFMAISTER A.-W. (1997), « North-South R&D spillovers », *The Economic Journal*, n° 107, pp. 134-149.
- COE D.-T. et HELPMAN E. (1995), « International R&D spillovers », *European Economic Review*, vol. 39, n° 5, pp. 859-887.
- COHEN W. et LEVINTHAL D.-A. (1990), « Absorptive capacity: A new perspective on learning and innovation », *Administrative Science Quarterly*, vol. 35, Issue 1, pp. 128-152.
- COHEN W. et LEVINTHAL D.-A. (1989), « Innovation and learning: The two faces of R&D », *The Economic Journal*, vol. 99, pp. 569-596.
- CONNOLY M. (2003), « The Dual Nature of Trade: Measuring its Impact on Imitation and Growth », *Journal of Development Economics*, vol. 72, pp. 31-55.
- CONNOLY M. (2000), « North-South technological diffusion: a new case for dynamic gains from trade », Duke University, *Department of Economics Working Papers*, n° 99-08.
- CONTE A. et VIVARELLI M. (2007), « Globalization and Employment: Imported Skill Biased Technological Change in Developing Countries », *Working paper IZA DP*, n° 2797.
- DAHLMAN C. et NELSON R.-R. (1995), « Social Absorption Capability, National Innovation Systems and Economic Development », in Koo B. and Perkins D. (ed.), *Social Capability and Long Term Economic Growth*, pp. 82-122.
- DHAOUI M.-L. (1996), *Mise à niveau et compétitivité de l'entreprise industrielle en Tunisie*, Éditions Arabesques, Tunis.
- DLALA H. (1990), « Le transfert de technologie et de savoir-faire industriels en Tunisie », *Annales de Géographie*, n° 554, pp. 441-457.

- DOSI G., TEECE D. et WINTER S. (1990), « Les frontières des entreprises : vers une théorie de la cohérence de la grande entreprise », *Revue d'Économie Industrielle*, vol. 51, pp. 238-254.
- DOUGLAS P.-H. (1930), « Technological unemployment », *American Federationist* 37(8), pp. 923-950.
- DULLECK U. et FOSTER N. (2008), « Imported Equipment, Human Capital and Economic Growth in Developing Countries », *Economic Analysis Policy*, vol. 38, n° 2, pp. 233-250.
- EATON B. et KORTUM S. (2001), « Technology, Trade and Growth: A Unified Framework », *European Economic Review*, vol. 45, pp. 742-755.
- ENCAOÛA D., GUELLEC D. et MARTINEZ C. (2003), « The Economics of Patents: From Natural Rights to Policy Instruments », *Cahiers de la MSE*, collection EUREQua, 124.
- FU X. et BALASUBRAMANYAM V.-N. (2005), « Exports, Foreign Direct Investment and Employment: The Case of China », *The World Economy*, vol. 28, Issue 4, pp. 607-625.
- GHALI S. (2001), « Une évaluation de la capacité innovatrice des entreprises tunisiennes », *Revue Finance & développement du Maghreb*, n° 26, pp. 40-49.
- GREENE W.-P. (2003), *Econometric Analysis*, Fifth Edition, Prentice Hall, Englewood Cliffs.
- GREENWAY D., HINE R. et WRIHGT P. (1999), « An Empirical Assessment of the Impact of Trade on Employment in the United Kingdom », *European Journal of Political Economy*, 15, pp. 485-500.
- GROSSMAN G.-M. et HELPMAN E. (1991), « Trade Knowledge Spillovers and Growth », *European Economic Review*, vol. 35, pp. 517-526.
- GUELLEC D. et KABLA I. (1994), « Le brevet : un instrument d'appropriation des innovations technologiques », *Économie et statistique*, n° 275-276, pp. 83-94.
- HASAN R. (2002), « The impact of imported and domestic technologies on the productivity of firms: panel data evidence from Indian manufacturing firms », *Journal of Development Economics* 69, pp. 23-49.
- HEERTJE A. (1977), *Economics and Technical Change*, Londres, Methuen.
- HICKS J.-R. (1932), *The Theory of Wages*, Macmillan, London.
- HICKS J.-R. (1973), *Capital and Time*, Oxford, Oxford University Press.
- KATSOULACOS Y.-S. (1984), « Product Innovation and Employment », *European Economic Review*, 26, pp. 83-108.
- KELLER W. (2002), « Trade and the transmission of technology », *Journal of Economic Growth* 7, pp. 5-24.
- KELLER W. (2001), « The geography and channels of diffusion at the world's technology frontier », *NBER Working Paper* 8150, mars.
- Le BAS C. (1995), *Économie de l'innovation*, Economica, Poche.
- LUNDVALL B.-A. (1992), *National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*, Londres: Pinter Publishers.
- MARSCHALL A. (1961), *Principles of Economics*, Cambridge, Macmillan, first ed. 1890.
- MILNER C. et WRIGHT P. (1998), « Modeling labour market adjustment to trade liberalization in an industrialising economy », *The Economic Journal* 108, pp. 509-528.
- MRSTDC (2005), « Les dépenses de R&D et d'innovation des entreprises en Tunisie », rapport du ministère de la Recherche scientifique, technique et du Développement des compétences.
- NEARY J.-P. (1981), « On the Short-run Effects of Technological Progress », *Oxford Economic Papers*, 32, pp. 224-233.
- OCDE (2004), *Brevets et innovations: tendances et enjeux pour les pouvoirs publics*, Paris.
- OCDE (1993), *Manuel de Frascati: la mesure des activités technologiques et scientifiques*, OCDE.
- PAMUKÇU T. et CINCERA M. (2001), « Analyse des déterminants de l'innovation technologique dans un Nouveau Pays Industrialisé: une étude économétrique sur données d'entreprises dans le secteur manufacturier turc », *Économie et Prévision*, 4-5, n° 150, pp. 139-158.
- PASINETTI L. (1981), *Structural Change and Economic Growth*, Cambridge, Cambridge University Press.
- PIANTA M. (2001), Innovation, Demand and Employment, in Petit and Soete (ed), *Technology and the Future of European Employment*, pp. 142-165, Edwar Elgar, UK and US.

- PIGOU A. (1962), *The Economics of Welfare*, Macmillan, London, first ed. 1920.
- PIROTTE A. (1994), *Court terme et long terme en économétrie : l'apport de cointégration en données de panel*, thèse de doctorat, université de Paris XII-Créteil.
- PIROTTE A. (1996), « Estimation de relations de long terme sur données de panel : nouveaux résultats », *Économie et Prévision*, n° 126, pp. 143-161.
- PIVA M. (2003), « The Impact of Technology Transfer on Employment and Income Distribution in Developing Countries: A Survey of Theoretical Models and Empirical Studies », *ILO Working Paper*, n° 15.
- REZGUI S. et SALAH H. (1999), « Y a-t-il des effets de report de technologies liés au commerce International et à l'IDE ? », *Annales d'Économie et de Gestion*, vol. 6, n° 12.
- RICARDO D. (1951), *On the Principles of Political Economy and Taxation*, Cambridge University Press. *Works and Correspondence of David Ricardo*, vol. 1, edited by Piero Sraffa with the collaboration of Maurice Dobb.
- ROSENBERG N. (1982), *Inside the Black Box: Technology and Economics*, Cambridge: Cambridge University Press.
- SAAFI S. (2007), « Caractéristiques notables du système tunisien d'innovation », *Cahiers du Labo RII*, n° 155, juin.
- SALMON R. et SHAVER J. (2005), « Learning by exporting : new insights from examining firm innovation », *Journal of Economics & Management Strategy* 14, pp. 431-460.
- SAUVY A. (1980), *La machine et le chômage : le progrès technique et l'emploi*, Dunod, collection l'Oeil économique.
- SINHAN N. (1994), « Les technologies de l'information et la perspective du chômage technologique dans les pays en développement », *Tiers-Monde*, tome 35, n° 138, pp. 411-424.
- SIMONETTI R., TAYLOR K. et VIVARELLI M. (2000), « Modelling the employment impact of innovation, Do compensation mechanisms work ? » in Vivarelli M. et Piant M. (ed), *The Employment Impact of Innovation: Evidence and Policy*, London, Routledge, pp. 27-43.
- SOETE L. (1987), « Employment, Unemployment and Technical Change », in Freeman C. et Soete L. (ed), *Technical change and full employment*, Basil Blackwell, New York, 279 p.
- STONEMAN P. (1983), *The Economic Analysis of Technological Change*, Oxford University Press, Oxford.
- Van REENEN J. (1997), « Employment and Technological Innovation: Evidence from U.K. Manufacturing Firms », *Journal of Labor Economics*, vol. 15, pp. 255-284.
- VIVARELLI M. (1995), *The Economics of Technology and Employment: Theory and Empirical Evidence*, Elgar, Aldershot.
- VIVARELLI M. (2007). « Innovation and employment: A survey », *IZA Working Paper*, n° 2621.