

Investissement dans l'économie de la connaissance, innovation et productivité : cas des entreprises manufacturières tunisiennes



Adel BEN KHALIFA
Direction Centrale
Synthèse et Modélisation

Avril 2021

www.itceq.tn

Le présent document est la propriété de l'Institut Tunisien de la Compétitivité et des Études Quantitatives (ITCEQ). Toute reproduction ou représentation, intégrale ou partielle, par quelque procédé que ce soit, de la présente publication, faite sans l'autorisation écrite de l'ITCEQ, est considérée comme illicite et constitue une contrefaçon.

Les résultats, interprétations et conclusions émis dans cette publication sont ceux de(s) auteur(s) et ne devraient pas être attribués à l'ITCEQ, à sa Direction ou aux autorités de tutelle.

Ce document est réalisé dans le cadre du programme d'activité de l'ITCEQ, au sein de la Direction Centrale Synthèse et Modélisation, par M. Adel BEN KHALIFA, sous la supervision de M. Mounir BEN SAID.

TABLE DES MATIERES

Liste des tableaux	ii
Liste des graphiques	ii
Liste des annexes.....	ii
Résumé.....	iii
Synthèse des principaux résultats.....	iv
I. INTRODUCTION	1
II. BASE DE DONNEES ET METHODE D'ECHANTILLONAGE.....	4
III. INVESTISSEMENT DANS L'ECONOMIE DE LA CONNAISSANCE, INNOVATION ET ENTREPRISES MANUFACTURIERES TUNISIENNES : ETAT DES LIEUX	4
III.1. Performances innovatrices des entreprises manufacturières tunisiennes.....	4
III.2. R-D, connaissances externes et performances innovatrices.....	6
III.3. TIC et performances innovatrices	10
III.4. Changement organisationnel et performances innovatrices	14
III.5. Capital humain et performances innovatrices	19
III.6. Perception du régime économique et institutionnel et performances innovatrices.....	20
III.7. Caractéristiques structurelles des entreprises et performances innovatrices	21
IV. INVESTISSEMENT DANS L'ECONOMIE DE LA CONNAISSANCE, INNOVATION ET PRODUCTIVITE : QUELS IMPACTS ?	25
IV.1. Cadre conceptuel et modélisation empirique.....	25
IV.2. Résultats économétriques	28
IV.2.1. Décision et intensité de l'investissement dans la R&D	28
IV.2.2. De l'investissement dans l'économie de la connaissance à l'innovation.....	30
IV.2.3. De l'innovation à la productivité.....	38
V. IMPLICATIONS POUR LES ACTEURS DE DEVELOPPEMENT.....	42
VI. CONCLUSION.....	47
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	52
ANNEXES.....	56

Liste des tableaux

Tableau 1.	Intensité moyenne d'adoption des TIC (échantillon total)	13
Tableau 2.	Tests sur la différence des moyennes des TIC : entreprises innovantes vs. entreprises non innovantes	13
Tableau 3.	Intensité du changement organisationnel (échantillon total)	17
Tableau 4.	Tests sur la différence des moyennes du changement organisationnel: entreprises innovantes vs. entreprises non innovantes	18
Tableau 5.	Taux d'encadrement et performances innovatrices	20
Tableau 6.	Formation et performances innovatrices	20
Tableau 7.	Taille d'entreprise et performances innovatrices (en % des entreprises interrogées)	21
Tableau 8.	Secteur d'activité et performances innovatrices (en % des entreprises interrogées)	22
Tableau 9.	Localisation géographique et performances innovatrices (en % des entreprises interrogées)	23
Tableau 10.	Marché de l'entreprise et performances innovatrices (en % des entreprises interrogées)	24
Tableau 11.	Age et performances innovatrices (en % des entreprises interrogées)	24
Tableau 12.	Déterminants de l'investissement en R&D	28
Tableau 13.	Effets marginaux de l'investissement dans l'économie de la connaissance sur les performances innovatrices	32
Tableau 14.	Contribution des différentes sources d'information	34
Tableau 15.	Impacts du comportement stratégique sur les performances innovatrices	35
Tableau 16.	Impacts des caractéristiques structurelles des entreprises sur les performances des entreprises	36
Tableau 17.	Impacts des facteurs institutionnels sur les performances innovatrices	37
Tableau 18.	Impact de l'innovation sur la productivité du travail (régression linéaire)	39
Tableau 19.	Contribution de l'investissement dans l'économie de la connaissance et de l'innovation (IECI) à la productivité	41
Tableau 20.	Recommandations pour une économie innovante	42

Liste des graphiques

Graphique 1.	Entreprises innovantes (en % des entreprises interrogées)	5
Graphique 2.	Innovations échouées et innovations en cours (en % des entreprises interrogées)	5
Graphique 3.	Dépenses en R&D (en % des entreprises interrogées)	6
Graphique 4.	Innovation et engagement dans des activités de R-D (en % des entreprises innovantes)	6
Graphique 5.	Entreprises bénéficiaires d'incitations offertes par l'Etat en matière de R&D (en % des entreprises engagées dans la R&D)	7
Graphique 6.	Efforts en matière d'innovation (en % des entreprises innovantes)	8
Graphique 7.	Sources d'information et partenaires d'innovation (en % des entreprises innovantes)	9
Graphique 8.	Sources d'information et partenaires d'innovation par zone géographique (en % des entreprises innovantes)	9
Graphique 9.	Logiciels (en % des entreprises interrogées)	11
Graphique 10.	Matériel (en % des entreprises interrogées)	12
Graphique 11.	Outils de communication (en % des entreprises interrogées)	12
Graphique 12.	Organisation des pratiques de l'entreprise (en % des entreprises interrogées)	15
Graphique 13.	Organisation du lieu du travail (en % des entreprises interrogées)	16
Graphique 14.	Organisation des relations externes (en % des entreprises interrogées)	17
Graphique 15.	Investissement en capital humain	19
Graphique 16.	Degré d'importance des obstacles à l'innovation (en % des entreprises interrogées)	21

Liste des annexes

Tableau A1.	Variables dépendantes et variables explicatives : mesures et définitions	56
Tableau A2.	Déterminants de l'innovation	57

Résumé

Ce travail mesure l'impact des investissements dans l'économie de la connaissance [recherche et développement (R-D), technologie de l'information et de la communication (TIC), capital humain (KH) et changement organisationnel (CO)] sur l'innovation et la productivité des entreprises manufacturières tunisiennes. La méthode d'estimation est basée sur le modèle CDM en trois étapes et la théorie de la complémentarité. Les données utilisées pour estimer ce modèle sont issues de la 8^{ème} enquête de mise à niveau 2016. Les résultats économétriques montrent que les investissements dans la R&D, les TIC et le changement organisationnel ont un impact positif et significatif sur les performances innovatrices (innovation de produit et/ou de procédé) des entreprises. En revanche, le capital humain apparaît comme négativement associé à la plupart des mesures d'innovation envisagées. Conformément à la théorie de la complémentarité, l'effet du capital humain a un impact positif sur l'innovation pour le cas des entreprises qui ont investi encore dans le changement organisationnel. Les mêmes analyses montrent aussi la complexité de la gestion des investissements conjoints dans les TIC, le capital humain et le changement organisationnel pour renforcer les capacités innovatrices des entreprises. En effet, contrairement à la théorie de la complémentarité, les entreprises qui investissent intensivement et simultanément dans les TIC, le capital humain et le changement organisationnel diminuent leurs chances d'être innovantes à ce qu'elles auraient dû être si elles avaient investi dans un seul pilier. Les résultats des estimations confirment, également, les relations positives entre l'innovation et la productivité. Le fait d'introduire uniquement des innovations de produit ou les deux formes conjointement (innovations de produit et de procédé) augmente la productivité du travail de 132% et 79%, respectivement. Les résultats économétriques soulignent aussi que l'innovation contribue à hauteur de 9% à la PGF (productivité globale des facteurs). Cette contribution vient beaucoup plus de l'innovation uniquement en produit (6%) que de la combinaison des deux formes d'innovation (3,6%). Si on ajoute encore l'effet direct du capital humain et du changement organisationnel, on trouve un effet global des IEI (investissement dans l'économie de la connaissance et l'innovation) de 7%. Les mêmes analyses montrent, également, que 55% de la productivité du travail résulte de la productivité globale des facteurs. L'intensité du capital contribue, quant à elle, de 43% contre 2% seulement pour le facteur travail. Il est important ici de signaler que la contribution de l'IEI à la productivité du travail ne se limite pas à sa contribution à la PGF, mais il apparaît que l'effet le plus important est transmis directement à travers le capital-TIC incorporé dans le capital global (*deepening effect*).

Synthèse des principaux résultats

➤ Présentation de l'étude

A. Cadre général de l'étude et questions de recherche

Il est largement admis que nous vivons, depuis la fin des années 1990, l'émergence d'une nouvelle économie basée sur la connaissance et l'innovation. Dans cette nouvelle économie, la connaissance et l'innovation sont les principaux moteurs de la croissance économique, de la création d'emploi et de l'amélioration du bien-être social. De même, la connaissance et l'innovation sont les outils essentiels pour mesurer la capacité des pays à posséder les causes du progrès et les ingrédients nécessaires au succès de leurs plans et programmes de développement durable. La capacité d'un pays à entrer dans l'économie de la connaissance se mesure aussi par la capacité des entreprises à investir dans les quatre principaux piliers de l'économie de la connaissance à savoir : les TIC (technologies de l'information et de la communication), la R&D (recherche et développement), le changement organisationnel et le capital humain. Le présent travail cherche à répondre aux questions suivantes :

- 1) Dans quelle mesure les entreprises tunisiennes sont-elles capables d'investir dans l'économie de la connaissance ?
- 2) Dans quelle mesure les entreprises ont-elles réussi à transformer ces investissements en produits et procédés innovants ?
- 3) Dans quelle mesure ces innovations contribuent-elles à la croissance de la productivité ?

B. Objectif de l'étude

L'objectif de cette étude est de construire une idée claire sur les capacités des entreprises tunisiennes à investir dans l'économie de la connaissance, ainsi que leurs capacités à transformer ces investissements en produits et procédés innovants leur permettant, à leur tour, d'accroître leur productivité. Il est question aussi de définir les politiques industrielles qui pourraient renforcer ces capacités et accélérer la transition de l'économie tunisienne vers l'économie de la connaissance, d'autant plus que la Tunisie est sur le point de préparer la Stratégie Numérique de la Tunisie 2021-2025.

C. Base de données

Les données utilisées dans ce travail sont issues de la 8^{ème} enquête de mise à niveau conduite par l'ITCEQ (Institut Tunisien de la Compétitivité et des Etudes Quantitatives) en collaboration avec le Bureau de Mise à Niveau en 2016. La taille de l'échantillon des entreprises ayant répondues aux questionnaires est de 238 entreprises tunisiennes

manufacturières. Il s'agit d'un échantillon aléatoire stratifié et représentatif du tissu industriel tunisien avec une marge d'erreur de 6,2% et un niveau de confiance de 95%.

D. Méthodologie

Dans cette étude deux approches statistiques ont été adoptées pour répondre aux questions avancées plus haut. Pour la première, il s'agit de la statistique descriptive qui permet d'analyser, à partir des données collectées, le niveau d'investissement dans les quatre piliers de l'économie de la connaissance, les liens d'association entre ces piliers, les performances innovatrices, et d'autres caractéristiques structurelles des entreprises (taille, âge, régime,...). De plus, l'analyse explore les différentes sources d'information et de connaissance externes consultées par les entreprises pour développer leurs activités d'innovation. L'analyse s'intéresse aussi à révéler les différents obstacles qui pourraient entraver le processus d'innovation.

La deuxième approche consiste à utiliser un modèle économétrique pour mesurer l'impact des investissements dans l'économie de la connaissance sur les performances innovatrices des entreprises et la productivité. Le modèle utilisé est basé sur un modèle de type CDM (baptisée en référence à l'article original de Crépon, Duguet et Mairesse, 1998) et la théorie de la complémentarité. En se basant sur trois étapes séquentielles, le modèle étudie la logique de transformation des « *inputs* » d'innovation (investissement en R&D, TIC, changement organisationnel et capital humain) en « *outputs* » d'innovation (innovation de produit, innovation de procédé), puis de mesurer l'impact des « *outputs* » d'innovation sur la performance de l'entreprise, exprimée par la productivité du travail.

Enfin, l'étude avance une dizaine de recommandations et suggestions de politiques industrielles pour des actions visant à réussir la transition des entreprises tunisiennes vers l'économie de la connaissance.

E. Plan de l'étude

L'étude est subdivisée en six sections. La première section présente le cadre général de l'étude et son importance (introduction). La deuxième section décrit la base de données et la méthode d'échantillonnage. La troisième section présente un état des lieux des investissements dans l'économie de la connaissance réalisés par les entreprises manufacturières tunisiennes, les liens d'association entre ces investissements et les caractéristiques structurelles et comportementales des entreprises, ainsi que les obstacles d'ordre institutionnel qui pourraient entraver leurs capacités innovatrices. La quatrième section est consacrée au cadre conceptuel, à la modélisation empirique et aux résultats des estimations économétriques des liens entre l'IEC, l'innovation et la productivité. La cinquième section est consacrée à une discussion des résultats et leurs implications possibles en termes de politiques industrielles. Enfin, la sixième section est destinée à la conclusion générale.

➤ Principaux résultats de l'étude

A. Etat des lieux de l'investissement dans l'économie de la connaissance et de l'innovation

Performances innovatrices

- ❖ L'analyse des données issues de la 8^{ème} enquête de mise à niveau montrent que 61% des entreprises interrogées ont introduit, durant la période 2013-2015, des innovations technologiques (innovation de produit et/ ou de procédé). 53% des entreprises ont introduit des innovations de produit. Les innovations de procédé sont, toutefois, moins répandues, soit 34% seulement, alors qu'il est couramment supposé que pour des marchés matures (comme c'est le cas en Tunisie), la compétition entre les entreprises se fait à travers la maîtrise des coûts et les économies d'échelle, c'est-à-dire les innovations dans les procédés de production.

Recherche et développement (R-D)

- ❖ Près de 2/5 des entreprises interrogées ont des activités de R-D, soit 39%. La moitié de ces entreprises sont engagées dans la R-D d'une manière occasionnelle et non permanente. La ventilation des données par type d'innovation montre que 58% des entreprises ayant introduit des innovations, qu'elles soient en produit ou en procédé, ont investi dans des activités de R-D. Les entreprises réalisant des innovations de produit sont un peu plus nombreuses à s'engager dans des activités de R-D que leurs homologues innovant dans les procédés, soit 63% et 57% respectivement.
- ❖ Seulement 11% des entreprises engagées dans des activités de R-D déclarent avoir bénéficié des incitations financières, principalement les PIRD (Prime d'Investissement dans des Activités de R-D). Il y a donc lieu de s'interroger sur l'utilité des différentes mesures d'incitations et les raisons qui empêchent les entreprises innovantes d'y avoir recours pour développer leurs capacités innovatrices. Mais, la réponse à cette question dépasse le cadre de cette étude et nécessite des enquêtes spécifiques.

Connaissances externes et sources d'information

- ❖ Seulement 17% des entreprises innovantes ont investi dans l'acquisition des connaissances externes et des brevets. Cela nous semble inquiétant, car l'achat des brevets est indispensable pour qu'une entreprise et plus généralement un pays se rapproche de la frontière technologique et remonte les chaînes de valeur globales. En revanche, toutes les entreprises innovantes ont investi dans l'acquisition de machines, d'équipement et de logiciels et plus de 3/4 ont dispensé des programmes de formation, en lien avec les activités d'innovation, à leur personnel.

- ❖ 78% des entreprises innovantes ont eu recours à des sources d'information et à des partenaires externes. Les fournisseurs (29%) et les consultants externes (28%) sont les principaux acteurs du processus d'innovation, suivis par les clients (17%) et les entreprises de même groupe (16%). Les innovateurs ont du mal à coopérer avec leurs concurrents (7%), dans un univers où la protection est difficile et l'imitation une loi quasi naturelle. On est donc loin du concept du cluster, cher à Porter (1990), où il règne la coopétition au lieu de la compétition pour que tout le monde gagne en compétitivité. De même, les laboratoires de recherche (13%) et les universités (8%) sont moins nombreux à être des acteurs clés dans le processus d'innovation. Cette déconnexion entre le milieu industriel et le milieu scientifique s'explique généralement par le caractère purement fondamental des recherches scientifiques et académiques, le faible positionnement des industries tunisiennes par rapport à la frontière technologique et le nombre limité des entreprises de grande taille capables de nouer de solides contrats ou toute autre type de relation avec le milieu scientifique.
- ❖ La proximité géographique est la base de tout transfert technologique. Dans un monde où la distance ne cesse de s'abolir, la proximité géographique joue encore un rôle primordial dans le processus d'innovation. Plus de trois quarts des relations de coopération sont faites à une échelle locale (77% à 100% selon les partenaires), 13% à 19% à une échelle nationale et une absence quasi-totale de la dimension internationale (0 à 5%). A cet égard, on peut conclure que les entreprises tunisiennes n'ont pas profité de la dimension collaborative des TIC dans un monde où les activités technologiques ne cessent de se globaliser à travers l'exploitation internationale de la technologie, la globalisation de la R-D et les collaborations technico-scientifiques internationales.

Adoption des TIC (technologies de l'information et de la communication)

- ❖ 61% des entreprises interrogées ont au moins une technologie manufacturière de pointe de type logiciel. On distingue deux groupes de logiciel. i) Les logiciels de spécificité sectorielle (GPAO/ Gestion de production assistée par ordinateur, CAO/ conception assistée par ordinateur, DAO/Dessin assisté par ordinateur et GMAO/Gestion de maintenance assistée par ordinateur) : ce sont des outils de travail vital et déjà utilisés depuis longtemps, pourtant dans les meilleurs des cas leur niveau d'adoption ne dépasse pas les 2/5 des entreprises interrogées. Une analyse comparative montre que les entreprises innovantes sont plus nombreuses à adopter ce groupe de logiciels. Les proportions varient de 30 à 76% (selon le type de logiciel) pour les entreprises innovantes et de 9 à 38% pour celles non innovantes. ii) Pour le

deuxième groupe de logiciels non spécifiques les plus avancés, la situation est encore plus critique, à l'exception des ERP (Entreprise Ressource Planning) avec un niveau de diffusion relativement modéré (25%). Les analyses montrent que 12% seulement des entreprises interrogées adoptent des logiciels CRM/Customer Relationship Management, 9% des SCM/ Supply Chain Management et 3% des KMS/Knowledge Management System. Contrairement au premier groupe de logiciel, la fracture entre les entreprises innovantes et non innovantes est très réduite, exception faite pour le cas des ERP où l'écart, au profit des premières, est considérable, 33% contre 13%. Ces technologies avancées permettent la collecte, le traitement, la création, le stockage et le partage d'information et de connaissances stratégiques. Elles constituent, aujourd'hui, le moteur de l'innovation et de la compétitivité dans l'ensemble de l'économie. La diffusion et l'appropriation de cette vague de technologies nécessitent, toutefois, d'autres investissements complémentaires en termes de capital humain et surtout de changement organisationnel, ce qui peut expliquer en partie leur faible taux de diffusion.

- ❖ Près d'une entreprise sur deux a au moins une technologie de type matériel. Ce groupe de technologies (Robots, MCN et CFF) permet de renforcer la réactivité opérationnelle des entreprises, particulièrement les PME (petites et moyennes entreprises), afin de répondre à une demande en constante évolution. Malgré leur ancienneté, leur niveau de diffusion est encore faible, excepté les MCN/machines à commande numérique (45%). Pour le cas des Robots et les CFF/cellules de fabrication flexibles, le niveau d'adoption parmi les entreprises interrogées est de l'ordre de 9 et 13%, respectivement. Comme pour le cas des logiciels, excepté les CFF, les robots et les MCN ont pénétré beaucoup plus les entreprises innovantes que leurs homologues non innovantes. Les proportions sont respectivement 53 et 17% pour les Robots et 32 et 6% pour les MCN.
- ❖ 87% des entreprises sont équipées d'au moins une technologie de communication. A une exception près, les technologies de communication sont le groupe de technologies TIC les plus diffusées parmi les entreprises de notre échantillon. Les taux de diffusion sont par ordre croissant: 87% pour l'Internet, 50% l'Intranet, 45% le site web. L'exception ici est l'Extranet, elle n'est adoptée que par 23% des entreprises. Les technologies de communication, bien qu'elles soient des technologies à fort potentiel d'innovation, les taux d'adoption ne disent rien au sujet de l'usage effectif de ces technologies. Des études antérieures faites sur l'industrie tunisienne, montrent que ces technologies, sont généralement utilisées dans des activités basiques comme la recherche et le transfert d'information non stratégique

et la présentation de l'entreprise et ses produits sur le web. De plus, excepté le cas d'Internet, les entreprises non innovantes, avec des taux d'adoption allant de 14 à 31%, sont très loin derrière leurs homologues innovantes, avec 29 à 61%, selon le type de technologies envisagées.

Changement organisationnel

- ❖ Près de 3/4 des entreprises ont introduit au moins une nouvelle méthode organisationnelle dans les pratiques de l'entreprise. Plus de la moitié pratiquent la production sur commande (le juste à temps), près du tiers adoptent des systèmes de gestion de la qualité totale et plus de deux cinquièmes ont des systèmes de gestion de la chaîne d'approvisionnement. Les pratiques de re-engineering et les systèmes de gestion des connaissances sont introduits par une faible fraction d'entreprises, soit 5% et 11%, respectivement. Pour la certification ISO, les entreprises interrogées accordent peu ou non plus d'attention aux défis environnementaux, 6% déclarent avoir une certification ISO14001. Pour l'ISO 9001, la situation est aussi inquiétante, près d'un quart d'entreprises seulement ont une certification qualité. L'analyse nous montre, également, que les entreprises innovantes sont deux fois plus susceptibles (87%) que celles non innovantes (43%) d'introduire au moins une nouvelle pratique organisationnelle. L'écart peut augmenter de deux à presque six fois (cas du système de gestion des connaissances) selon la pratique envisagée, sans parler de l'ISO 14001 dont le niveau d'adoption parmi les entreprises non innovantes est nul.
- ❖ Plus de 2/3 des entreprises ont introduit au moins une nouvelle méthode organisationnelle dans le lieu du travail. Le travail en équipe vient au premier rang avec un taux de l'ordre de 59%. La répartition des responsabilités entre les travailleurs et les groupes de résolution des problèmes sont introduites par 28% et 22% des entreprises, respectivement. La décentralisation de l'organisation n'est adoptée que par une minorité (13%), en raison probablement de l'importance des PME et des secteurs d'activité à faible contenu technologique dans notre échantillon et en Tunisie d'une manière générale. Comme pour le cas du premier groupe, les entreprises innovantes sont deux à trois fois plus susceptibles que celles non innovantes d'introduire des nouvelles pratiques organisationnelles dans les lieux du travail.
- ❖ Plus de la moitié des entreprises ont introduit au moins une nouvelle méthode organisationnelle dans les relations externes. Les relations les plus fréquentes sont réalisées avec les consommateurs et les clients (45%). Le recours à l'externalisation et le renouvellement des collaborations avec les acteurs économiques et institutionnels

est toutefois très limité, soit 15% et 16% respectivement. Comme dans les cas précédents, les entreprises innovantes sont de loin plus nombreuses à établir de nouvelles relations avec leur milieu externe (fournisseurs, clients, organismes de recherche, universités, etc.).

Capital humain

- ❖ Les entreprises interrogées ont un taux d'encadrement (nombre des diplômés / nombre total des employés) de 18%. En outre, 60% des entreprises accordent des programmes de formation à leur personnel. L'analyse comparative montre que les entreprises innovantes sont plus susceptibles que leurs homologues non innovantes d'investir dans le capital humain, soit un taux d'encadrement de l'ordre de 19% contre 16,4% et 78% contre 32% pour le cas de la formation, respectivement.

Obstacles à l'innovation

- ❖ Ce travail a permis d'identifier plusieurs obstacles à l'innovation auxquels se heurtent tant les entreprises innovantes que leurs homologues non innovantes. Ainsi, les contraintes financières, le manque de main-d'œuvre qualifiée, la forte compétition, les difficultés à nouer des partenariats » et « l'incertitude sur la demande » constituent tous des obstacles au bon fonctionnement du système d'innovation.

B. Impact de l'investissement dans l'économie de la connaissance et de l'innovation sur la productivité

a. Déterminants de la décision et de l'intensité d'investissement dans la R&D

- ❖ L'analyse économétrique montre que la décision de s'engager dans des activités de R&D est positivement et significativement associée à la taille de l'entreprise, l'appartenance à un groupe, la formation du personnel, la coopération avec les universités et les laboratoires de recherche et le changement organisationnel. En revanche, des facteurs d'ordre institutionnel pourraient freiner cet engagement dans la R&D, tels que : le manque des compétences, les difficultés à nouer des partenariats, l'incertitude sur la demande, les difficultés d'accéder aux crédits et aux subventions et le manque des moyens financiers internes.
- ❖ En ce qui concerne l'intensité de l'investissement dans la R&D, les résultats montrent que le volume d'investissement par travailleur est positivement et significativement lié aux taux d'encadrement et aux nouvelles pratiques organisationnelles introduites dans le lieu du travail. Ainsi, l'intensité de R&D augmente de 5% et de 1,45% pour toute augmentation de 1% dans le taux d'encadrement et le niveau de réorganisation du lieu du travail, respectivement. Toutefois, l'âge de l'entreprise, la coopération

avec le marché (clients et fournisseurs) et l'intensité d'adoption des TIC ont tous des liens négatifs avec l'intensité de l'investissement en R&D.

b. Impact de l'investissement dans l'économie de la connaissance sur l'innovation

- ❖ Les estimations issues d'un modèle probit bivarié montrent une association positive et significative entre la **R&D** et la probabilité qu'une entreprise introduit conjointement des innovations de produit et de procédé. La log-intensité de R&D a un effet marginal de 10 % sur la probabilité de combiner les deux types d'innovation. L'intensité de R&D n'est pas, toutefois, associée à la probabilité d'introduire, de manière séparée, les deux types d'innovation.
- ❖ **L'intensité d'adoption des TIC** apparaît comme un autre déterminant important de l'innovation. La montée des TIC d'un quartile à un autre supérieur augmente la probabilité d'introduire au moins des innovations de produit de 17,5%, au moins des innovations de procédé de 27% , les deux formes d'innovation conjointement de 21% et l'innovation uniquement en procédé de 6%. L'intensité d'adoption des TIC n'est pas, toutefois, significativement associée à la probabilité d'innover uniquement en produit.
- ❖ Le **capital humain** (ici le taux d'encadrement) est négativement associé à la plupart des mesures d'innovation envisagées. L'augmentation du taux d'encadrement de 1% diminue les chances de l'entreprise d'introduire au moins des innovations de produit de 1,4%, les deux formes conjointement de 0,4% et uniquement des innovations de procédé de 0,1%. L'effet sur la probabilité qu'une entreprise innove uniquement en produit ou qu'elle soit non innovatrice du tout est de l'ordre de 0,4 et 1 %, respectivement. Ces résultats, contradictoires à la littérature tant théorique qu'empirique, peuvent être expliqués par au moins deux raisons. La première est que le taux d'encadrement ne dit rien sur l'affectation réelle du personnel qualifié. Si ce dernier est affecté aux tâches administratives, et il nous semble le cas dans notre échantillon, le taux d'encadrement sera, pour certains intervalles, une fonction décroissante de la taille de l'entreprise. Ainsi, la ventilation de nos données montre que les petites entreprises (effectif <50 ; 38% de l'échantillon total) et les grandes entreprises (effectif >=200) ont les taux d'encadrement les plus élevés avec près de 22%, alors que les entreprises de taille moyenne (47,5% de l'échantillon total) ont un taux de 14%, seulement. Elle montre aussi que les petites entreprises sont moins innovatrices que le reste de l'échantillon. Cela explique donc, en partie, les signes négatifs des effets marginaux du taux d'encadrement. La deuxième raison est que

l'investissement dans le capital humain nécessite des investissements complémentaires pour accroître les capacités innovatrices des entreprises.

- ❖ Le **changement organisationnel** a un impact positif sur la probabilité de l'entreprise à introduire des innovations de produit. Le déplacement de cette variable d'un quartile donné à un autre supérieur a un effet marginal de 12,6% sur la probabilité d'introduire au moins des innovations de produits et de 7.5% sur les entreprises engagées uniquement dans les innovations de produits. En revanche, le changement organisationnel apparaît comme non significativement associé aux innovations de procédé.
- ❖ Conformément à la théorie de la complémentarité, les analyses économétriques ont testé les hypothèses de complémentarité qui pourraient exister entre les TIC, le changement organisationnel (CO) et le capital humain (KH). Quatre hypothèses sont ainsi avancées : complémentarité entre les TIC et le KH, les TIC et le CO, le CO et le KH et finalement entre les TIC, le CO et le KH. Les résultats économétriques montrent que parmi ces quatre hypothèses, **seule l'hypothèse de complémentarité entre le changement organisationnel et le capital humain est confirmée**. Les entreprises dont le terme d'interaction KH*CO est le plus élevé ont plus de chances (0,2 à 0,4% de plus) d'introduire au moins l'une des deux formes d'innovation, les deux formes conjointement ainsi que l'innovation de produit uniquement. Les investissements conjoints dans les TIC et le changement organisationnel ainsi que dans les TIC et le capital humain sont négativement liés aux performances innovatrices. Pour l'impact de l'investissement conjoint dans les trois piliers, il apparaît non significatif. Ces effets de complémentarité négatifs ont pour effets de baisser l'effet global par rapport à l'effet direct des TIC sur les performances innovatrices : 9% contre 17,5% et 15% contre 27% pour la probabilité d'introduire au moins une innovation de produit ou de procédé respectivement, 12% contre 21% pour l'innovation conjointe des deux types d'innovation et de 3% contre 5,6% pour l'innovation uniquement en produit.
- ❖ La conclusion la plus importante qu'on peut tirer de ces résultats est, que contrairement à la littérature théorique et empirique, **les entreprises qui investissent intensivement et simultanément dans les TIC, le capital humain et le changement organisationnel diminuent leurs chances d'être innovantes à ce qu'elles auraient dû être si elles avaient investi dans un seul pilier**. Ces résultats peuvent être expliqués par : i) les difficultés structurelles des petites et moyennes entreprises à gérer la complexité de multiples co-inventions (TIC*CO, KH*CO, TIC*KH ou TIC*CO*KH) ; ii) le timing du processus d'innovation multidimensionnelle ; iii) le degré d'innovativité qui consiste à l'amélioration ou l'introduction des produits et des procédés déjà existants

dans l'entreprise elle-même ou dans le marché et non plus au développement des innovations pour le marché mondial ce qui est généralement le cas pour les pays en développement. Les investissements élevés et combinés dans les deux ou les trois piliers (TIC, CO, KH) pourraient donc ne pas être nécessaires pour réussir des activités d'innovation à faible degré d'inventivité.

c. Impact de l'innovation sur la productivité

Quel Impact sur la productivité du travail ?

- ❖ Les estimations des impacts de l'innovation sur la productivité montrent une association positive et significative entre l'innovation de produit et la productivité du travail. Le fait d'introduire au moins une innovation de produit accroît la productivité du travail de l'entreprise de 128%. Une analyse plus affinée montre que le fait d'innover uniquement en produit [P(1,0)] ou dans les deux formes conjointement [innovation de produit et de procédé, P(1,1)] augmente la productivité du travail de 132% et 79%, respectivement. Les écarts sont, toutefois, beaucoup moins importants, si l'on tient compte des différences de moyennes des proportions des variables et de leur écarts-types. L'augmentation de 1 écart-type accroît la productivité du travail de 26,1% pour P(1,0) et 20,5% pour P(1,1). Le fait d'introduire uniquement des innovations de procédé [P(0,1)] a un impact négatif et non significatif, ce qui peut expliquer l'importance de l'effet du P(1,0) par rapport à P(1,1). Il est important ici de rappeler que des travaux antérieurs, dans les pays industrialisés et les pays émergents, étudiant l'impact des innovations de procédé sur la productivité ont abouti à des résultats controversés. Quatre raisons sont ainsi avancées pour expliquer les résultats négatifs ou non significatifs des innovations de procédé. La première est qu'il faut peut-être davantage de temps pour que des effets positifs se manifestent sur la productivité. La deuxième a trait à l'insuffisance d'investissement dans le changement organisationnel complémentaire aux innovations de procédé. La troisième renvoie au fait qu'il est possible qu'une partie de l'effet d'innovation est capturé par l'investissement dans les TIC, incorporé dans l'intensité du capital. Enfin, des problèmes de mesure donnent une explication possible à l'absence d'effet significatif des innovations de procédé.
- ❖ Le changement organisationnel et le capital humain, outre leurs effets indirects (à travers l'innovation), semblent avoir des effets directs sur la productivité du travail. Ainsi, conformément à la théorie de la complémentarité, les entreprises qui investissent conjointement dans le capital humain et le changement organisationnel sont plus susceptibles d'augmenter leur productivité. Au contraire, les entreprises qui

se réorganisent sans investir dans le capital humain enregistrent une baisse de leur productivité. De même, investir dans le capital humain sans changement organisationnel n'a plus d'effet sur la productivité.

Quel impact sur la PGF ?

- ❖ Les résultats économétriques montrent que l'innovation technologique contribue à hauteur de 9% à la PGF (productivité globale des facteurs). Cette contribution vient beaucoup plus de l'innovation uniquement en produit (6%) que de la combinaison des deux formes d'innovation (3,6%). Si on ajoute encore l'effet direct du capital humain et du changement organisationnel, on trouve un effet global des IECI (investissement dans l'économie de la connaissance et l'innovation) de 7%. Cette diminution par rapport à la contribution de l'innovation technologique s'explique par la contribution négative du changement organisationnel à la PGF (-4,4%) pour le cas des entreprises qui n'ont pas accompagné ce changement avec des investissements élevés dans le capital humain.
- ❖ Les mêmes analyses montrent aussi que 55% de la productivité du travail résulte de la productivité globale des facteurs. L'intensité du capital contribue, quant à elle, de 43% contre 2% seulement pour le facteur travail. Il est important ici de signaler que la contribution de l'IECI à la productivité du travail ne se limite pas à sa contribution à la PGF, mais il apparaît que l'effet le plus important est transmis directement à travers le capital-TIC incorporé dans le capital global (*deepening effect*).

➤ **Implications pour les acteurs de développement**

Le présent travail a des répercussions importantes sur la prise de décision, tant pour les décideurs du secteur public que ceux du secteur privé. Pour que les entreprises tunisiennes bénéficient pleinement des opportunités offertes par l'économie de la connaissance et de l'innovation, il est impératif aujourd'hui, que le degré d'inventivité passera d'une simple amélioration ou introduction des produits et procédés existants à la production des produits et procédés nouveaux tant pour le marché tunisien que pour le marché international. Cela implique, bien évidemment, que les entreprises tunisiennes quittent le modèle d'innovation actuel basé sur l'exploitation des ressources internes, par nature rares et insuffisantes, et les interactions limitées aux acteurs du marché (clients et fournisseurs) à un nouveau modèle d'innovation en faisant appel à des ressources de connaissance tant internes qu'externes. Pour réussir cette transition, une dizaine de recommandations s'adressent aux acteurs concernés.

1. Mettre en œuvre une politique d'accompagnement de proximité aux profits des entreprises pour promouvoir leur transition vers l'économie de la connaissance.

L'Etat a beaucoup compté sur les politiques de subvention dans le cadre du programme de mise à niveau et d'autres programmes de modernisation pour encourager les entreprises à investir dans les quatre piliers de l'économie de la connaissance (R-D, TIC, changement organisationnel et capital humain). Ces politiques ignorent généralement les spécificités structurelles des entreprises et supposent que toutes les entreprises ont les mêmes capacités à investir dans l'économie de la connaissance et à rentabiliser leur investissement, surtout pour le cas des TIC. Toutefois, ce travail montre que le niveau d'investissement dans les différents piliers est insuffisant et surtout inégalement réparti entre les entreprises, une telle inégalité ne pouvant qu'entraver le processus de transition de l'économie tunisienne vers l'économie de la connaissance et de l'innovation. Il montre aussi que les entreprises ont du mal à rentabiliser pleinement leurs investissements. Donc, pour encourager les entreprises à investir davantage dans les différents piliers de l'économie de la connaissance et à transformer plus efficacement ces investissements en termes de performances (innovation et productivité), l'Etat est appelé à compléter ses politiques de subvention par une politique d'accompagnement. Celle-ci, aura pour mission d'accompagner les entreprises, surtout les PME, dans la conception et l'implantation d'une stratégie TIC, infrastructure clé de l'économie de la connaissance, alignée à leur stratégie d'innovation. Cette accompagnement permet à l'entreprise de choisir le triptyque - TIC, pratiques organisationnelles innovantes et compétences – qui pourraient répondre aux mieux à ses besoins effectifs et améliorer ses performances, conformément à la théorie de la complémentarité.

2. Revoir le système d'allocation du capital afin de surmonter les obstacles d'ordre financiers (insuffisance des moyens financiers internes et difficultés d'accès aux crédits et aux subventions), qui pourraient entraver non seulement l'entrée, mais aussi le positionnement des entreprises tunisiennes dans l'économie de la connaissance et de l'innovation.

3. Réhabiliter les systèmes d'éducation et de formation professionnelle afin de surmonter les manques de compétences qui font obstacles aux entreprises à innover et de répondre, plus généralement, aux besoins actuels et potentiels en compétences clés indispensables à la transition vers l'économie de la connaissance.

4. L'immigration des compétences tunisiennes constitue un autre défi que les autorités publiques et les acteurs de développement doivent relever pour faire face au manque des compétences mentionnées par les entreprises. Donc, les autorités

publiques et les acteurs de développement (surtout au niveau régional) sont appelés à renforcer la politique de production de compétences clés par une politique orientée en direction des talents, des réseaux sociaux et des communautés de pratique. Les autorités locales devront favoriser la formation, le développement et le maintien de relations sociales directes au sein de la région et en dehors de la région, et ce dans une quadruple logique :

- a. primo, de manière à favoriser la création et la diffusion des connaissances en combinant l'endogène et l'exogène;
- b. secundo, de manière à maintenir les talents et d'attirer potentiellement de nouveaux talents appartenant aux réseaux;
- c. tertio, de manière à créer des relations qui perdurent lorsque le talent s'en va;
- d. quarto, de manière à inciter les talents émigrés à l'étranger de revenir et de continuer à maintenir leur réseau professionnel d'une manière à connecter la nouvelle destination.

5. Promouvoir les activités de R&D dans tous les secteurs d'activité afin d'accroître les capacités d'absorption des entreprises et le degré d'innovativité de leurs produits.

Pour cela les mesures ci-dessous nous semblent d'une importance incontestable :

- a. inciter les entreprises ayant des activités de R&D occasionnelles (la moitié des entreprises faisant de la R&D) à maintenir ces activités d'une manière permanente.
- b. revisiter les mesures d'incitation à la R&D d'une manière à faciliter l'accès des entreprises aux subventions accordées à la R&D (11% seulement des entreprises faisant de la R&D ont profité de ces mesures d'incitation).
- c. quitter le système de recherche publique actuel focalisé sur la recherche fondamentale pure sans intention pratique à priori, vers un système de recherche appliquée orienté vers la résolution des problèmes pratiques. Un tel système permet aux entreprises de nouer des contrats/ projets de R&D avec les universités et les laboratoires de recherche et par conséquent de renforcer les liens entre le secteur privé et le monde scientifique, maillon faible dans le système national d'innovation tunisien (13% seulement des entreprises innovatrices s'interagissent avec des laboratoires de recherche et 8% avec les universités).
- d. revoir la politique de promotion des investissements directs étrangers d'une manière à attirer et surtout ancrer les grandes enseignes internationales et les activités à haute valeur ajoutée, plus particulièrement dans le domaine de R&D qui ne cesse aujourd'hui de se globaliser. A cet égard, le grand marché

africain (Zone de libre-échange continentale, ZLEC) en cours de construction constitue une opportunité pour la Tunisie d'attirer ces activités à haute intensité technologique en faisant jouer ses avantages comparatifs par rapport aux pays concurrents en matière de ressources spécifiques (essentiellement les compétences, la démocratie et la liberté d'expression), déterminants clés de la localisation des d'activités High-tech. Les ressources génériques (essentiellement les infrastructures de toute sorte, le paysage urbain des villes et toutes les commodités d'une vie moderne) restent toutefois d'une grande importance pour renforcer l'attraction du pays.

6. Développer un Système de propriété intellectuelle efficace d'une manière à encourager l'innovation, à promouvoir l'investissement dans la science et la technologie et à mettre la technologie au service du public. A cet égard on peut avancer plusieurs recommandations :

- a. développement des « *open sources commons* », en particulier dans les connaissances liées aux innovations émergentes, ainsi qu'un cadre juridique pour en soutenir ;
- b. une utilisation plus étendue des modèles d'utilité (petits brevets) essentiellement pour les producteurs nationaux ;
- c. une plus grande utilisation des prix et des subventions pour récompenser les innovateurs comme alternative aux brevets;
- d. exclusion de l'admissibilité aux brevets toutes les revendications sur la vie humaine ou les processus vitaux ;
- e. octroi de brevets plus restrictifs;
- f. garantir l'accès des consommateurs aux produits finaux à des conditions raisonnables.

7. Réduire les incertitudes associées au processus d'innovation par la création des institutions capables de déterminer les comportements et d'accroître leur prévisibilité et de permettre aux individus de se coordonner, d'interagir et de résoudre des problèmes en commun ;

8. Renforcer l'interaction entre l'entreprise et son milieu extérieur afin de surmonter le manque des ressources internes des entreprises et de réduire les risques liés à l'activité d'innovation. Il s'agit ici de garder les options ouvertes en maintenant un large éventail d'intérêts en matière d'innovation grâce à de multiples relations, par le biais d'activités telles que: interaction utilisateur-producteur, accords de R&D formels, fonctions d'association professionnelle, consultations avec les régulateurs/organismes de formation/financiers, accords de production, licences, joint-ventures, sous-traitance et participation à des conférences / ateliers / forums.

- 9. Suivre les liens entre l'industrie, le gouvernement et les universités dans le développement des innovations :** il s'agit d'identifier les principaux canaux de circulation des connaissances, à évaluer les goulots d'étranglement et à suggérer des approches permettant d'améliorer l'efficacité de la diffusion des connaissances. Quatre types de flux de connaissances sont mis en évidence: la *collaboration entre entreprises*, la *collaboration entre le secteur privé et le secteur public*, la *diffusion de l'innovation* et la *mobilité du personnel*. Pour collecter des données sur les flux de connaissances, **il est indispensable de mener des enquêtes périodiques** auprès des entreprises moyennant l'utilisation des questionnaires et d'entretiens personnels.
- 10. Développer un dispositif d'intelligence économique au service de la région.** Les acteurs de développement (publics et privés) régionaux devraient développer un dispositif d'intelligence économique afin d'alimenter les différents acteurs locaux par les informations et les connaissances nécessaires à leur développement telles que : les nouveautés dans les technologies, les brevets, les marchés, les concurrents, les règlements, les aides, les moyens de financement, les appels d'offre, les nouvelles méthodes de gestion, les compétences, etc.

I. INTRODUCTION

Après la Seconde Guerre mondiale, la croissance des trente glorieuses (1945-1975) a été rendue possible par l'accumulation des facteurs de production, dans un contexte de plein emploi. Dans une économie basée sur la connaissance mondialisée et de plus en plus concurrentielle, avec des frontières structurelles mouvantes, la connaissance et l'innovation sont désormais considérées comme la pierre angulaire de la croissance à long terme, de la création d'emplois et du développement socioéconomique. L'importance de la connaissance dans le processus de production gagne de l'ampleur et de la reconnaissance depuis le début des années 1960 (Machlup 1962; Arow 1962; Becker 1964; Drucker 1969; Rosenberg 1976; Bell 1973; Porat 1977; Romer 1986, 1990). En tant que concept, l'économie de la connaissance a été utilisée pour la première fois par Peter Drucker, comme titre du chapitre 12 dans son livre de 1969, *The Age of Discontinuity*, pour indiquer l'augmentation croissante de la part des industries du savoir dans le produit national brut de l'économie américaine.

Cependant, ce n'est qu'au milieu des années 1990 que le concept d'économie de la connaissance est devenu populaire auprès des organismes internationaux qui ont déployé beaucoup d'efforts pour le rendre exploitable. Dans une étude conjointe de l'OCDE et de la Banque mondiale, l'économie de la connaissance est définie comme une économie où « *les connaissances (codifiées et tacites) sont créées, acquises, transmises et utilisées plus efficacement par les entreprises, les organisations, les individus et les communautés pour un plus grand développement économique et social* » (OCDE et Banque mondiale 2000, p. 13). Plus récemment, la Banque mondiale (2007) a souligné que tous les secteurs sont devenus très intensifs en connaissances et non pas seulement ceux appelés industries de haute technologie ou à vocation scientifique.

Au niveau macro, l'OCDE et la Banque mondiale (2000) ont fait valoir que la transition vers l'économie de la connaissance nécessite (i) *des ressources humaines qualifiées et créatives*; (ii) *un système national d'innovation performant*; (iii) *une infrastructure de communication dynamique* et (iv) *un régime institutionnel et des incitations économiques qui renforcent l'usage de la connaissance et la floraison de l'entrepreneuriat innovant*. Ces quatre piliers doivent être fortement interconnectés et coordonnés pour produire les effets de synergie désirés.

Au niveau micro, Amable et Askenazy (2005) soulignent que l'économie basée sur la connaissance correspond à un stade particulier du capitalisme caractérisé par la généralisation à l'ensemble de l'économie d'un modèle productif spécifique organisé autour des *complémentarités technologiques, humaines et organisationnelles*: (i) les TIC (technologies de l'information et de la communication) et les possibilités étendues de

création, d'accumulation, de gestion et de partage de la connaissance qu'elles permettent ; (ii) les compétences susceptibles d'utiliser ces technologies ; (iii) une organisation « réactive » de l'entreprise capable d'utiliser pleinement le potentiel de productivité contenu dans les deux premiers piliers.

Dans le nouveau modèle productif, les performances des entreprises dépendent non seulement de leurs capacités à investir dans la R&D, déterminant classique de l'innovation et pilier important de l'économie de la connaissance, mais aussi de leur capacité à investir conjointement dans les TIC, le capital humain et le changement organisationnel. Les liens d'association établis entre les différents piliers de l'économie de la connaissance et la productivité ont été mis en évidence par plusieurs travaux empiriques réalisés dans les pays développés (Crépon et al. 1998 ; Gu et Gera 2004 ; Griffith et al. 2006; Giuri et al. 2008 ; Polder et al. 2010; Robin et Mairesse, 2011 ; Hall et al. 2013; Biagi et Parisi 2012 ; Martin et Nguyen-Thi 2015; Arendt et Grabowski, 2017), ainsi que dans les pays en développement (Hegde et Shapira 2007 ; Jefferson et al. 2006 ; Crespi et al. 2016). La conclusion générale à tirer de ces études, c'est qu'il existe aussi bien une **relation positive** entre **l'investissement dans l'économie de la connaissance (IEC) et l'innovation** qu'entre **l'innovation et la productivité**. Il en résulte aussi que la transition vers l'économie de la connaissance est, aujourd'hui, à la fois un **impératif et une opportunité** pour les pays en développement, en particulier la Tunisie. Elle constitue un **impératif** du fait qu'elle est la seule alternative pour réaliser, grâce à l'innovation, une croissance élevée, inclusive et durable (Commission européenne, 2014) et de répondre aux défis socioéconomiques actuels et futurs (chômage des diplômés, pauvreté, inégalités, etc.).

Construire un **nouveau modèle de développement basé sur la connaissance et l'innovation** est, également, une **opportunité** (Perez 1985, 1989; Freeman et Louça 2001). Ainsi, le *nouveau paradigme de croissance fondée sur la connaissance* devrait accroître la capacité d'innovation des pays à travers au moins deux canaux. *Premièrement*, le nouveau paradigme donne naissance à des nouvelles industries spécialisées dans la production des nouvelles technologies (microélectronique et logiciels, bio/nanotechnologies, technologies spatiales, etc.). Ces industries ont une valeur ajoutée, une productivité et des revenus élevés, augmentant ainsi la croissance économique et la création d'emplois qualifiés. *Deuxièmement*, le nouveau paradigme propose un ensemble de nouvelles technologies génériques liées aux TIC et de nouveaux principes organisationnels qui peuvent être utilisés pour moderniser et rajeunir les industries traditionnelles existantes. La diffusion progressive des TIC et des nouveaux principes organisationnels dans l'ensemble de la structure économique fait en sorte que des industries matures mises à jour peuvent à nouveau se comporter comme de nouvelles industries en termes de dynamisme, de productivité,

d'innovation et de création d'emplois. L'économie de la connaissance a, cependant, des défis à relever, car le processus de développement nécessite une grande « *social capability*» (Abramovitz, 1986) pour réussir la diffusion et l'absorption des innovations technologiques et organisationnelles provenant de l'étranger.

A ce propos, il nous semble très intéressant de **s'interroger sur la capacité des entreprises tunisiennes à investir dans l'économie de la connaissance, ainsi que leur capacité à transformer ces investissements en produits et procédés innovants leur permettant, à leur tour, d'accroître leur productivité.** Une compréhension complète de ces dynamiques est primordiale pour permettre aux acteurs de développement (publics et privés) de bien concevoir un nouveau modèle de production flexible basé sur la R-D, les TIC, le capital humain et les nouveaux principes organisationnels, afin d'accroître les capacités innovatrices des entreprises, ainsi que leur productivité. Plus spécifiquement, le présent travail vise, à partir des données de la 8^{ème} enquête de mise à niveau, réalisée auprès des entreprises manufacturières tunisiennes en 2016, à répondre aux questions suivantes :

- 1. Quels sont les facteurs déterminants de l'investissement dans les activités de R&D dans les entreprises manufacturières tunisiennes ?**
- 2. Quels sont les retours sur investissement dans l'économie de la connaissance (IEC) en termes d'innovations de produit et/ou de procédé¹ ?**
- 3. Quels sont les impacts des innovations de produit et/ou de procédé sur la productivité des entreprises ?**
- 4. Quelle est la contribution de l'investissement dans l'économie de la connaissance et de l'innovation dans la productivité globale des facteurs (PGF) ?**

Le présent travail est subdivisé en six sections. La deuxième section présente la base de données et la méthode d'échantillonnage. La troisième section présente un état des lieux des investissements dans l'économie de la connaissance réalisés par les entreprises manufacturières tunisiennes, les liens d'association entre ces investissements et les caractéristiques structurelles et comportementales des entreprises, ainsi que les obstacles d'ordre institutionnel qui pourraient entraver leurs capacités innovatrices. La quatrième section est consacrée au cadre conceptuel, à la modélisation empirique et aux résultats des estimations économétriques des liens entre l'IEC, l'innovation et la productivité. La cinquième section est consacrée à une discussion des résultats et leurs implications possibles en termes de politiques industrielles. Enfin, nous terminons par une conclusion générale.

¹ Une firme innovante en matière de produit/procédé est une firme qui a mis en œuvre un produit ou un procédé nouveau ou sensiblement amélioré au cours de la période considérée (OCDE, 2005, p.55)

II. BASE DE DONNEES ET METHODE D'ECHANTILLONNAGE

Les données utilisées dans ce travail sont issues de la 8^{ème} enquête de mise à niveau conduite par l'ITCEQ (Institut Tunisien de la Compétitivité et des Etudes Quantitatives) en collaboration avec le Bureau de Mise à Niveau en 2016. La base de sondage comprenait toutes les entreprises mises à niveau (répertoire du Bureau de Mise à Niveau) et les entreprises non mises à niveau (répertoire de l'Agence de promotion de l'Industrie et de l'Innovation, APPII). L'échantillon est construit sur la base d'un échantillonnage aléatoire stratifié (non-proportionnel), selon la région (Grand Tunis, Nord-est, Centre-est, Région intérieure)², le secteur (IAA, IMCCV, ICH, IME, ITH, ICC, ID³), le régime (Totalement exportatrice ou non) et la taille de l'entreprise (moins de 20, 20-49, 50-199 et 200 employés et plus).

L'échantillon théorique comprend 260 entreprises à partir d'une base de sondage de 4051 entreprises. En prenant en compte les taux de réponse de la précédente (7^{ème}) enquête, un échantillon aléatoire stratifié de 361 entreprises a été tiré de la base de sondage afin d'assurer un échantillon représentatif de 260 entreprises. La non-réponse des entreprises est généralement traitée par substitution avec une autre entreprise de la même strate. Le questionnaire a été diffusé, par le biais d'entretiens directs, par les organismes de soutien du ministère de l'Industrie (centres techniques sectoriels et APPII régionaux) répartis sur l'ensemble du territoire tunisien. Avec un taux de réponse de 66%, la taille de l'échantillon était de 238 entreprises, soit une marge d'erreur de 6,2% et un niveau de confiance de 95%. Dans le cas de la non-réponse partielle, les valeurs manquantes sont imputées à l'aide de la procédure d'imputation multiple proposée par Rubin (1987).

III. INVESTISSEMENT DANS L'ECONOMIE DE LA CONNAISSANCE, INNOVATION ET ENTREPRISES MANUFACTURIERES TUNISIENNES : ETAT DES LIEUX

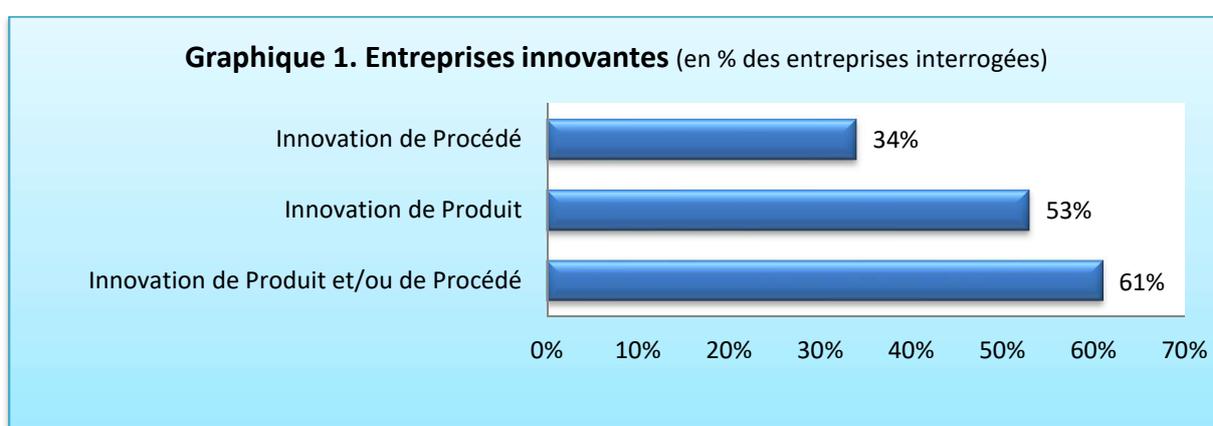
III.1. Performances innovatrices des entreprises manufacturières tunisiennes

➤ Deux tiers des entreprises interrogées sont innovantes

² Grand Tunis (Ariana, Ben Arous, Manouba, Tunis) ; Nord-est (Bizerte, Nabeul, Zaghouan) ; Centre-est (Mahdia, Monastir, Sfax, Sousse), Région intérieure (les autres 13 gouvernorats tunisiens).

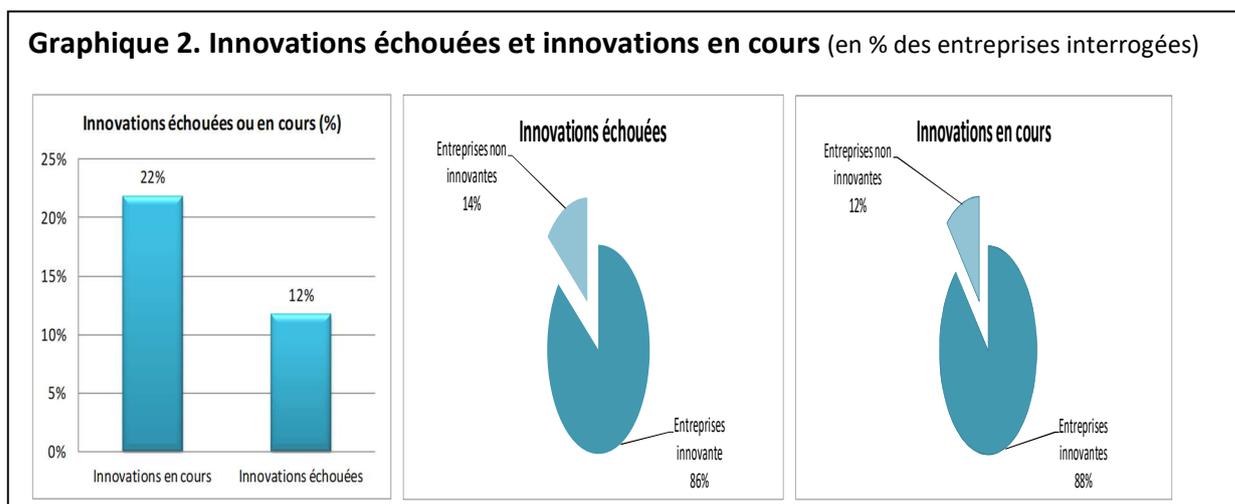
³ IAA, Industrie Agroalimentaire ; IMCCV, Industrie de Matériaux de Construction, Céramiques et Verre ; IME, Industrie Mécanique et Electrique ; ICH, Industrie Chimique ; ITH, Industrie de Textile et Habillement ; ICC, Industrie de Cuir et de Chaussures, ID, Industries Diverses

Durant l'ensemble de la période 2013-2015, deux tiers (61%) des entreprises interrogées déclarent être innovantes, mais les proportions diffèrent selon les types d'innovation (graphique 1). Ainsi, 53% des entreprises ont introduit des innovations de produits qui sont nouveaux ou considérablement améliorés pour elles, mais pas nécessairement (nouveaux) pour le marché. Les innovations de procédé sont, toutefois, moins répandues dans notre échantillon, puisque seulement 34% des entreprises ont introduit des procédés de production nouveaux ou considérablement améliorés. Pourtant, il est supposé que pour des marchés matures (comme c'est le cas en Tunisie), la compétition entre les entreprises se fait à travers la maîtrise des coûts et les économies d'échelle, c'est-à-dire les innovations dans les procédés de production.



➤ **12% des innovations technologiques ne voient pas le jour**

12 % des entreprises interrogées ont essayé de développer des innovations de produit ou de procédé, mais leurs efforts ne sont pas couronnés par des succès (graphique 2). Ces entreprises sont principalement des entreprises qui ont de l'expérience (86 %) et qui ont déjà réussi à développer des innovations durant la période 2013-2015. En outre, 22% des entreprises, dont 88% sont innovantes, indiquent avoir eu des activités d'innovation encore non achevées.

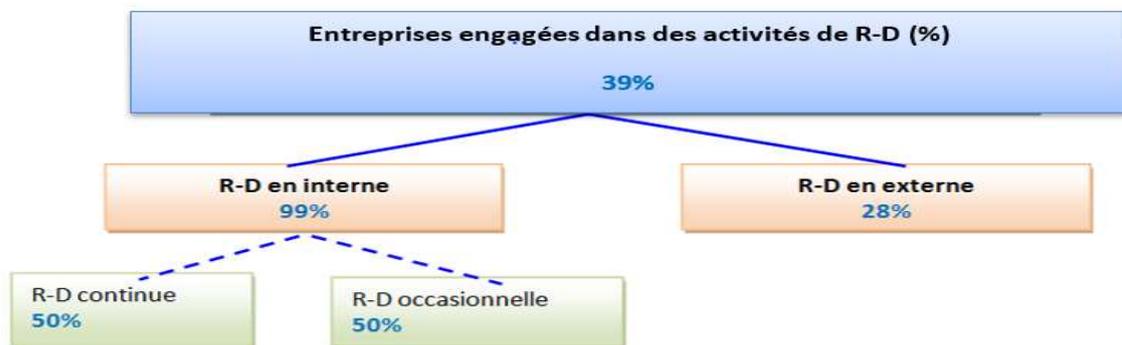


III.2. R-D, connaissances externes et performances innovatrices

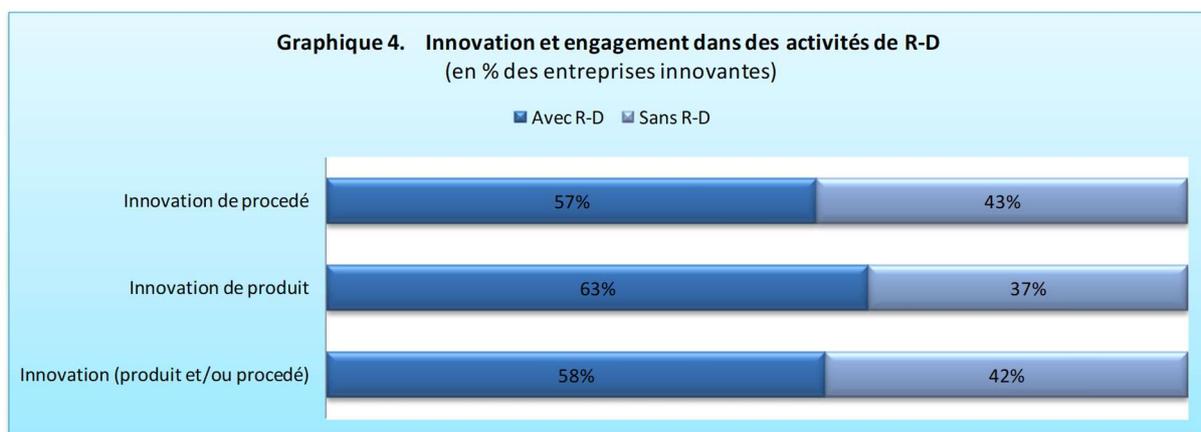
➤ Près de 2/5 des entreprises interrogées ont des activités de R-D

Le graphique (3) présente les proportions des entreprises, de notre échantillon, engagées dans des activités de recherche et développement (R-D). On y observe que près de deux entreprises sur cinq ont investi dans la R-D. 99% de ces entreprises font ces activités de recherche en interne. Les relations entre la R-D interne et la R-D externe sont imbriquées. En effet, presque la totalité des entreprises procédant à des activités de R-D en externe les font également en interne. En outre, la moitié des entreprises sont engagées dans la R-D d'une manière occasionnelle et non permanente.

Graphique 3 : Dépenses en R-D (en % des entreprises interrogées)

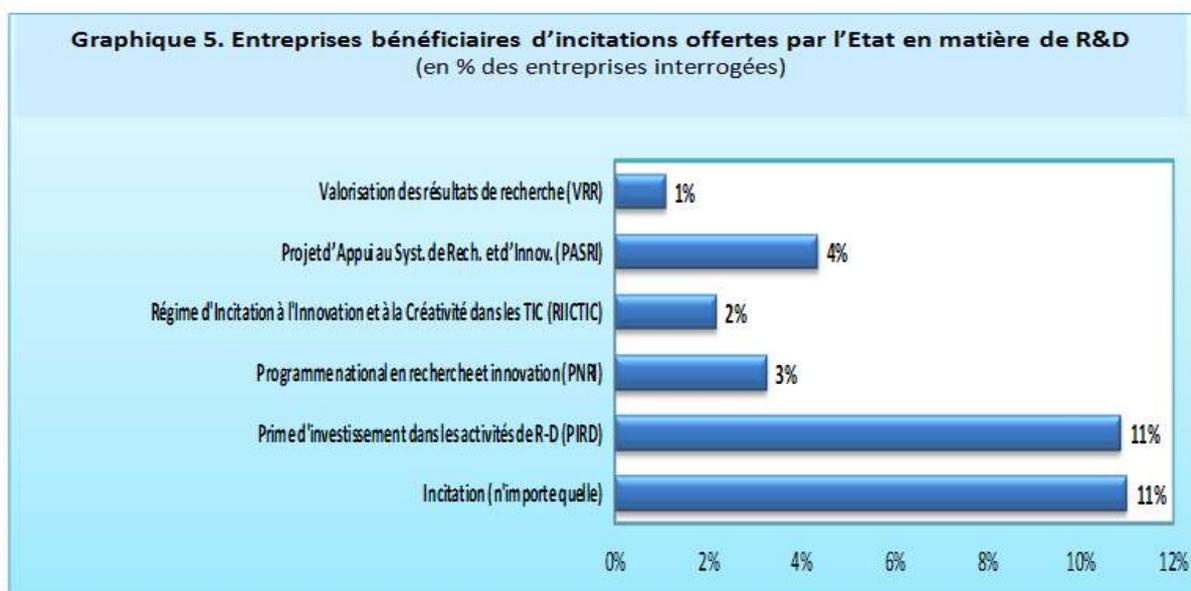


Le Graphique (4) donne un aperçu des liens d'association entre l'engagement dans les activités de R-D et les différentes mesures d'innovation envisagées dans le présent travail. Globalement, 58% des entreprises ayant introduit des innovations (produit et/ou procédé), ont des activités de R-D. Les entreprises réalisant des innovations de produit sont un peu plus nombreuses à s'engager dans des activités de R-D que leurs homologues innovant dans les procédés, soit 63% et 57% respectivement.



➤ **Quasi-absence de subventions publiques pour soutenir la R-D privée**

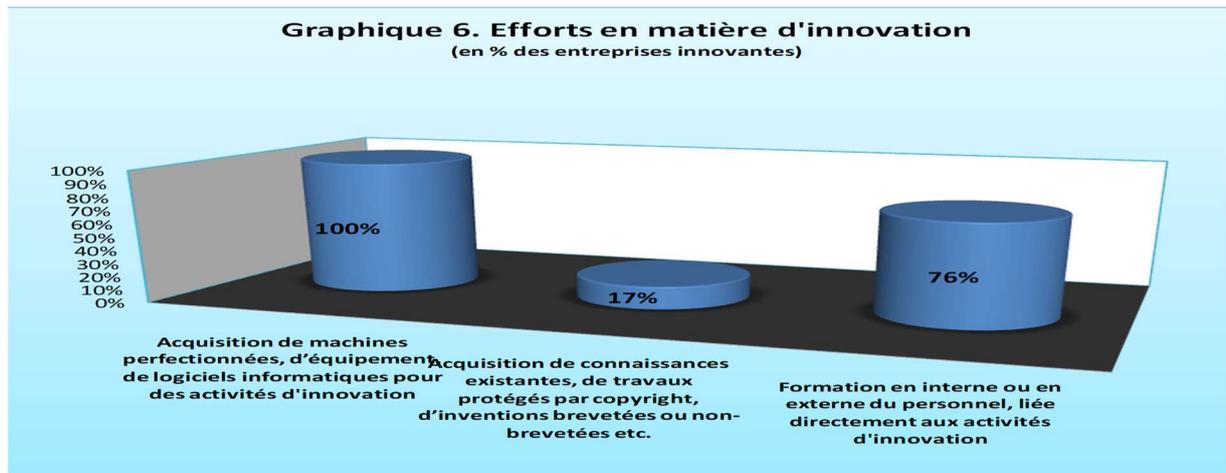
Le graphique (5) présente de nombreuses mesures d'incitation offertes par l'Etat aux entreprises tunisiennes pour promouvoir la R-D et l'innovation. Toutefois, rares sont les entreprises qui y ont bénéficié. En effet, 11% des entreprises engagées dans des activités de R-D déclarent avoir bénéficié des incitations financières en la matière, principalement les PIRD. Il y a donc lieu de s'interroger sur l'utilité de ces mesures d'incitation et les raisons qui empêchent les entreprises innovantes d'y avoir recours pour développer leurs capacités innovatrices. Mais, la réponse à cette question dépasse le cadre de cette étude et nécessite des enquêtes spécifiques.



➤ **17 % des entreprises innovantes seulement investissent dans l'acquisition des connaissances externes et des brevets**

Le graphique (6) présente l'effort consenti par les entreprises innovantes pour le développement et la mise sur le marché des différents types d'innovation. On observe que peu d'entreprises (17%) s'intéressent à l'acquisition de connaissances, des inventions et des brevets. Cela nous semble inquiétant, car l'achat des brevets est indispensable pour qu'une entreprise et plus généralement un pays se rapproche de la frontière technologique et remonte les chaînes de valeur globales, comme c'est le cas pour les nouveaux pays industrialisés d'Asie. En revanche, le même graphique (6) montre que toutes les entreprises innovantes ont investi dans l'acquisition de machines, d'équipement et de logiciels et plus de

trois quarts ont accordé des programmes de formation, en lien avec les activités d'innovation, à leur personnel.

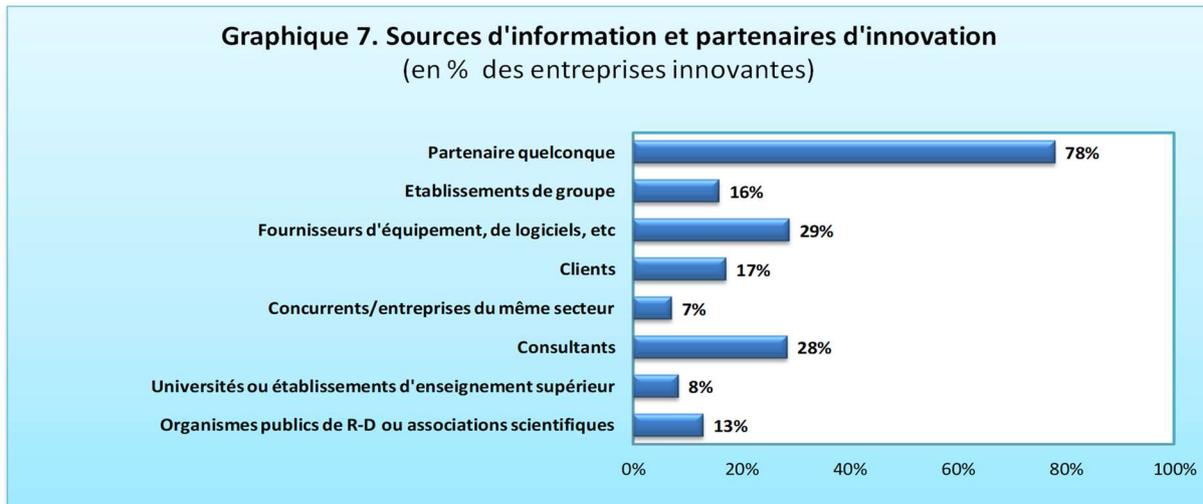


➤ **Les fournisseurs et les consultants sont les principaux partenaires et sources d'information externes de l'innovation**

Les analyses descriptives ont permis une ventilation des différents types de collaboration intervenant dans l'activité d'innovation. Ces collaborations ne sont pas antinomiques. Certaines d'entre elles peuvent coexister au sein de la même entreprise.

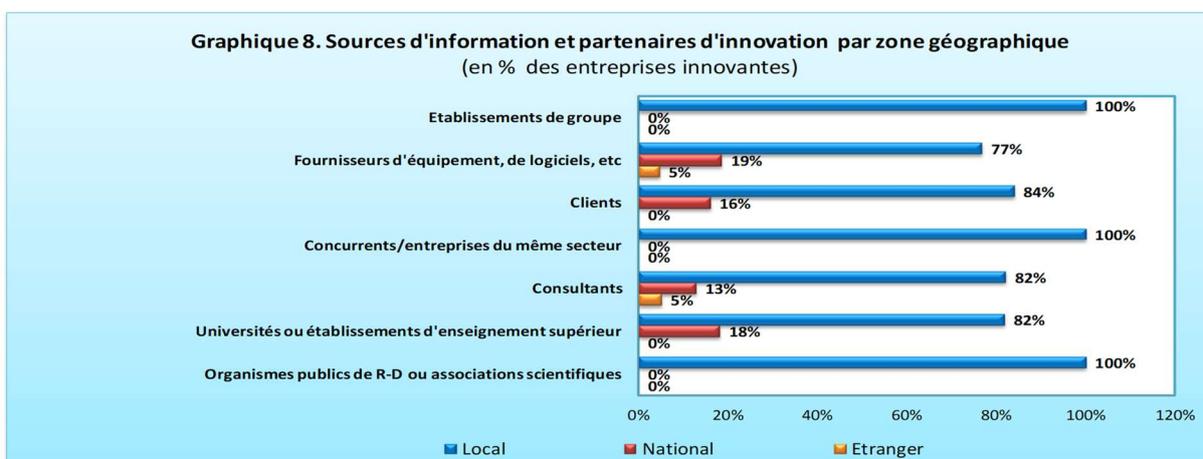
Globalement, plus de trois quarts des entreprises innovantes (78%) ont eu recours à des sources d'information et à des partenaires externes (graphique 7). Avec des taux de l'ordre de 29% et 28% respectivement, les fournisseurs et les consultants externes représentent les principaux acteurs du processus d'innovation parmi les entreprises innovantes interrogées. Les clients et les établissements d'un même groupe viennent au deuxième rang, soit 17% et 16% respectivement. Les analyses montrent aussi que les innovateurs ont du mal à coopérer avec leurs concurrents (7%), dans un univers où la protection est difficile et l'imitation une loi quasi naturelle. On est donc loin du concept du cluster, cher à Porter (1993), où il règne la coopération (coopération et compétition) au lieu de la compétition pour que tout le monde gagne en compétitivité. Les organismes de recherche publics (13%) et les universités (8%) sont moins nombreux à être des acteurs clés en matière d'innovation. L'idée largement répandue, selon laquelle la déconnexion entre l'industrie et le milieu universitaire et de recherche constitue le maillon faible du système national d'innovation tunisien semble être vérifiée. Cela s'explique généralement par le caractère purement fondamental des recherches scientifiques et académiques, le faible positionnement des industries tunisiennes par rapport à la frontière technologique et le nombre limité des entreprises de grande taille

capables de nouer de solides contrats ou tout autre type de relation avec le milieu scientifique.



➤ **La proximité géographique est la base de tout transfert technologique**

Comme le montre le graphique (8), Dans un monde où les distances ne cessent de s'abolir, la proximité géographique continue à jouer le rôle primordial dans le processus d'innovation. Plus de trois quarts des relations de coopération sont faites à une échelle locale (77% à 100% selon les partenaires), 13% à 19% à une échelle nationale et une absence quasi-totale de la dimension internationale (0 à 5%). Le rôle important de la proximité géographique trouve ses fondements théoriques dans les caractéristiques intrinsèques du processus d'innovation : un processus interactif, dynamique et mettant en jeu des connaissances en partie tacites⁴ (Torre, 2006).



⁴ La connaissance tacite trouve sa source chez Polany (1966), selon cet auteur « nous savons toujours plus que nous ne pouvons dire » et à transférer d'un individu à un autre, in Cowan et Foray (1998, p. 302).

Toutefois, selon l'école de la proximité (Rallet et Torre 1995; Pecqueur et Zimmermann 2004), le caractère tacite des connaissances et la nature interactive du processus d'innovation peuvent être satisfaits par d'autres procédures de coordination que la localisation à proximité des agents. En effet, le développement des moyens de transport à grande vitesse et plus récemment des TIC ont largement facilité la mobilité des hommes et des connaissances et ont relativisé beaucoup la contrainte de proximité géographique. Rallet (1993), souligne, également, que la proximité géographique n'est d'une grande importance que dans certains cas : les innovations unissent étroitement le « learning-by-doing » et le « learning-by-using » ; l'innovation est encore en émergence ; le processus d'innovation est « science-based » (industrie de biotechnologie, microélectronique, etc.) et finalement quand la firme est de petite taille. A cet égard, on peut conclure que les entreprises tunisiennes n'ont pas profité de la dimension collaborative des TIC dans un monde où les activités technologiques ne cessent de se globaliser à travers l'exploitation internationale de la technologie, la globalisation de la R-D et les collaborations technico-scientifiques internationales (Archibugi et Pietrobelli, 2003).

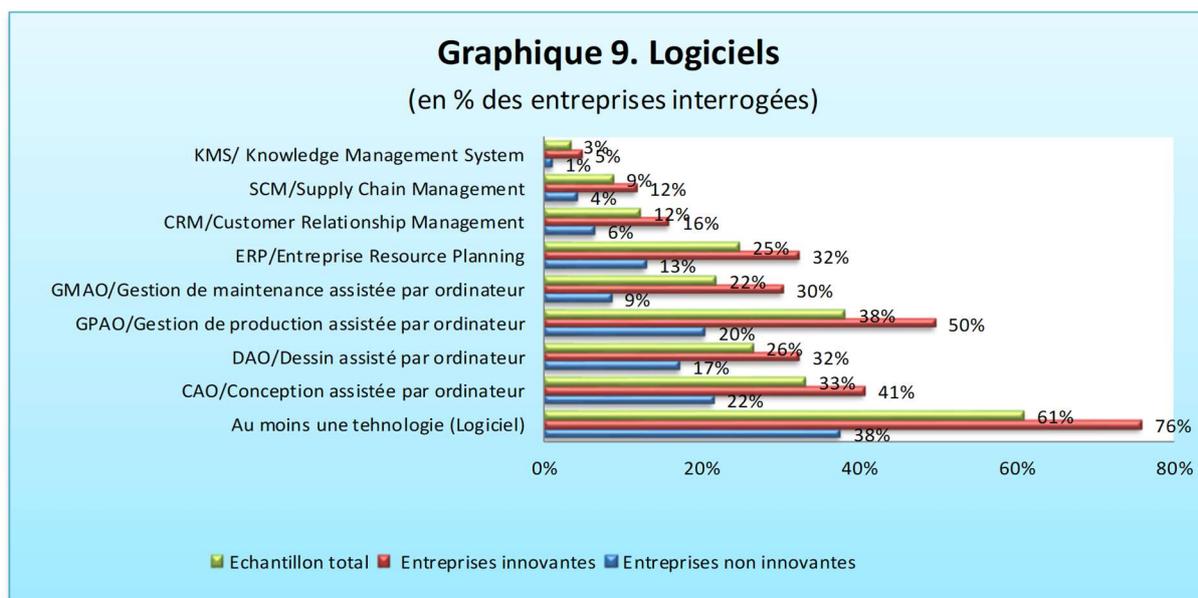
III.3. TIC et performances innovatrices

➤ 6 sur 10 entreprises ont au moins un logiciel informatique et une fracture numérique au profit des entreprises innovantes

Globalement 6 sur 10 entreprises interrogées (61%) ont au moins une technologie manufacturière de pointe de type logiciel (graphique 9). Parmi ces technologies, les entreprises sont interrogées sur leur niveau d'adoption *des technologies de spécificité sectorielle*. Ces logiciels sont des outils de travail vital, standard et déjà utilisés depuis longtemps, pourtant dans les meilleurs des cas, leur niveau d'adoption ne dépasse pas les deux cinquièmes des entreprises interrogées. Ainsi, 38% des entreprises interrogées déclarent avoir un logiciel GPAO, 33% un CAO, 25% un DAO et 22% un GMAO. Une analyse comparative, entreprises non innovantes vs. innovantes, montre que ces dernières sont plus nombreuses à utiliser ce groupe de logiciels. La fracture est ainsi très importante tirant vers le bas le niveau global d'adoption : les proportions varient de 30 à 76% pour les entreprises innovantes et de 9 à 38% pour celles non innovantes (graphique 9).

Concernant les *logiciels non spécifiques les plus avancés*, la situation est encore plus critique, à l'exception des ERP avec un niveau de diffusion relativement modéré (25%). Les analyses montrent que 12% seulement des entreprises interrogées adoptent des logiciels CRM, 9% des SCM et 3% des KMS. Contrairement, au premier groupe de logiciel, la fracture entre les entreprises innovantes et non innovantes est très réduite, exception faite pour le cas des

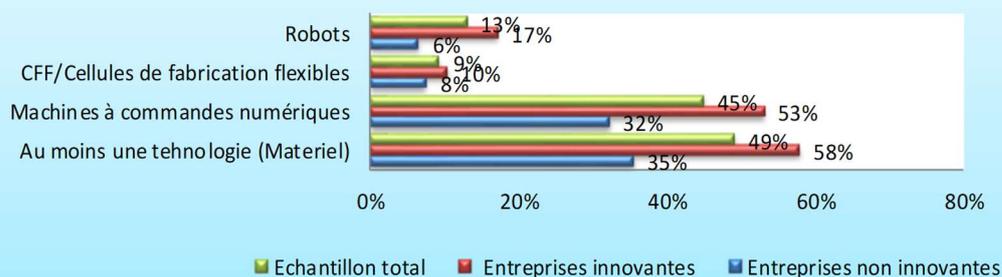
ERP où l'écart, au profit des premières, est considérable, 33% contre 13%. Ces technologies avancées permettent la collecte, le traitement, la création, le stockage et le partage d'information et de connaissances stratégiques. Elles constituent, aujourd'hui, le moteur de l'innovation et de la compétitivité dans l'ensemble de l'économie. La diffusion et l'appropriation de cette vague de technologies nécessitent, toutefois, d'autres investissements complémentaires en termes de capital humain et surtout en changement organisationnel, ce qui peut expliquer en partie leur faible taux de diffusion.



- **Près d'une entreprise sur deux a au moins une technologie de type matériel et une fracture numérique au profit des entreprises innovantes**

Selon le graphique (10), près de la moitié des entreprises interrogées ont au moins une technologie de type matériel (Robots, MCN et CFF). Ce groupe de technologies permet de renforcer la réactivité opérationnelle des entreprises, particulièrement les PME, afin de répondre à une demande en constante évolution. Malgré leur ancienneté, leur niveau de diffusion est encore faible, excepté les MCN/machines à commande numérique (45%). Pour le cas des Robots et les CFF/cellules de fabrication flexibles, le niveau d'adoption parmi les entreprises interrogées est de l'ordre de 9% et 13%, respectivement. Comme pour le cas des logiciels, excepté les CFF, les robots et les MCN ont pénétré beaucoup plus les entreprises innovantes que leurs homologues non innovantes. Les proportions sont respectivement 53 et 17% pour les robots et 32 et 6% pour les MCN.

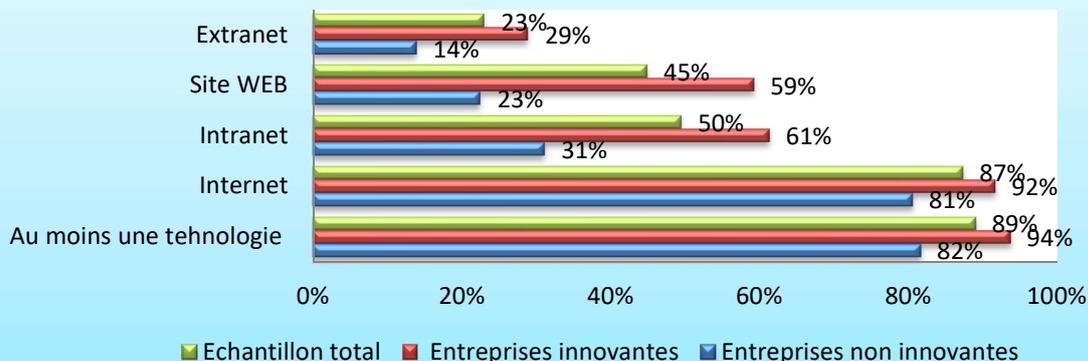
Graphique 10. Matériel (en % des entreprises interrogées)



➤ **87% des entreprises sont équipées d'au moins une technologie de communication et une fracture numérique au profit des entreprises innovantes**

A une exception près, les *technologies de communication* (TC) sont le groupe de technologies TIC les plus diffusées parmi les entreprises de notre échantillon. Les taux de diffusion sont par ordre croissant: 87% pour l'Internet, 50% l'Intranet, 45% le site web (graphique 11). L'exception ici est l'Extranet, elle n'est adoptée que par 23% des entreprises. Les TC, bien qu'elles soient des technologies à fort potentiel d'innovation, les taux d'adoption ne disent rien au sujet de l'usage effectif de ces technologies. Des études antérieures (Ben Khalifa 2013), faites sur l'industrie tunisienne, montrent que ces technologies, sont généralement utilisées dans des activités basiques comme la recherche et le transfert d'information non stratégique et la présentation de l'entreprise et ses produits sur le web. De plus, excepté le cas d'Internet, les entreprises non innovantes, avec des taux d'adoption allant de 14 à 31%, sont très loin derrière leurs homologues innovantes, avec 29 à 61%.

Graphique 11. Outils de communication (en % des entreprises interrogées)



➤ Une diffusion intra-firme des TIC très faible et dispersée

Tableau 1. Intensité moyenne d'adoption des TIC (échantillon total)					
		Logiciel	Matériel	TC	TIC (total)
N	Valide	238		238	238
	Manquante	0		0	0
Moyenne		1,7	0,7	2	4,4
Ecart-type		1,87476	0,79140	1,23486	3,22677
Minimum		0	0	0	0
Maximum		8	3	4	14

La diffusion intra-firme d'une technologie désigne l'intensité de sa pénétration dans l'entreprise. Comme nous montre le Tableau (1) et en cohérence avec la diffusion inter-firme vue plus haut (diffusion d'une technologie parmi les firmes), le niveau moyen de l'intensité d'adoption des TIC par les entreprises interrogées est très faible. Une entreprise adopte en moyenne 1,7 logiciels parmi 8 technologies possibles énumérées dans le questionnaire ; 0,7 technologie de type matériel parmi 3 possibilités et 2 technologies de communication (TC) parmi 4 technologies envisagées.

Tableau 2. Tests sur la différence des moyennes des TIC : entreprises innovantes vs. entreprises non innovantes						
TIC		Moyenne		Différence de moyenne	t	sig.
		E ^{ses} non innovantes	E ^{ses} innovantes			
N	Valide	93	145			
	Manquante	0	0			
Innovation de produit	Logiciels	1,17	2,15	-0,98	-4,182	0,000
	Matériel	0,54	0,79	-0,25	-2,381	0,018
	TC	1,64	2,41	-0,77	-5,034	0,000
	TIC (ensemble)	3,36	5,35	-1,99	-4,993	0,000
Innovation de procédé	Logiciels	1,36	2,33	-0,977	-3,745	0,000
	Matériel	0,52	0,96	-0,441	-3,934	0,000
	TC	1,81	2,52	-0,710	-4,485	0,000
	TIC (ensemble)	3,69	5,81	-2,127	-5,012	0,000
Innovation de produit et/ ou de procédé	Logiciels	0,92	2,18	-1,255	-5,603	0,000
	Matériel	0,46	0,81	-0,345	-3,487	0,001
	TC	1,48	2,41	-0,930	-6,144	0,000
	TIC (ensemble)	2,87	5,4	-2,529	-6,598	0,000

En plus, l'interprétation des écarts-types, qui mesure les dispersions autour de la moyenne, montre que pour les trois groupes de technologies, les niveaux d'adoption sont très éloignés de chaque côté de la moyenne. Autrement-dit, il existe une large fracture numérique entre des entreprises bien équipées en TIC et d'autres qui n'y ont pas suffisamment accès.

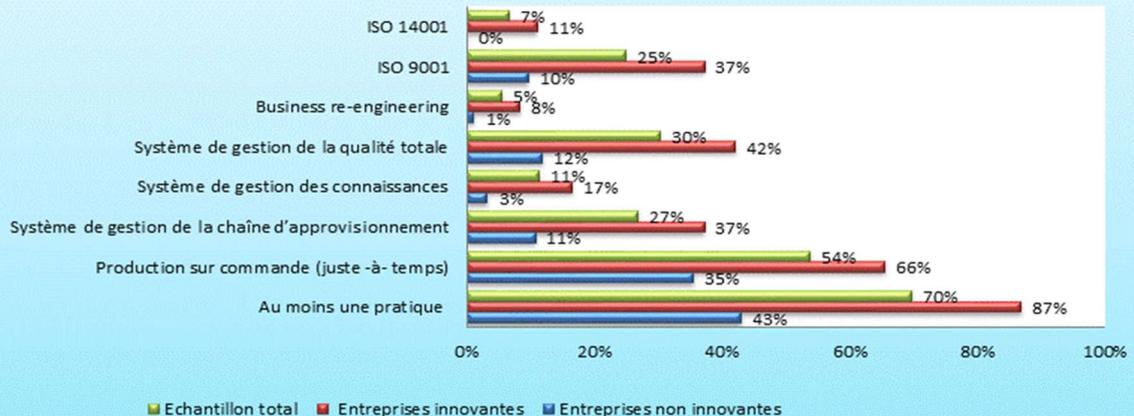
En affinant davantage l'analyse, le Tableau (2) montre une association positive entre l'intensité d'adoption des TIC et l'engagement dans des activités innovantes (différences de moyennes négatives, colonne 5). Plus l'intensité d'adoption des TIC est élevée, plus l'entreprise déclare être innovante. Les tests de différences des moyennes montrent que ces liens d'association sont statistiquement significatifs, quels que soient le type d'innovation et le groupe des TIC envisagés.

III.4. Changement organisationnel et performances innovatrices

- **Près de 3/4 des entreprises ont introduit au moins une nouvelle pratique d'entreprise et un avantage au profit des entreprises innovantes**

Globalement, 70% des entreprises interrogées ont investi dans l'organisation des pratiques de l'entreprise (graphique 12). Plus de la moitié pratiquent la production sur commande (le juste à temps), près du tiers adoptent des systèmes de gestion de la qualité totale et plus de deux cinquièmes ont des systèmes de gestion de la chaîne d'approvisionnement. Les pratiques de re-engineering et les systèmes de gestion des connaissances sont introduits par une faible fraction d'entreprises, soit 5% et 11%, respectivement. Pour la certification ISO, les entreprises interrogées accordent peu ou non plus d'attention aux défis environnementaux, 6% déclarent avoir une certification ISO14001. Pour l'ISO 9001, la situation est aussi inquiétante, seulement près d'un quart d'entreprises ont une certification qualité. Le graphique (12) nous montre, également, des grandes disparités dans les niveaux d'adoption entre les entreprises innovantes et non innovantes. Ainsi, les entreprises innovantes sont deux fois plus susceptibles (87%) que celles non innovantes (43%) d'introduire au moins une nouvelle pratique organisationnelle. L'écart peut augmenter de deux à presque six fois (cas du système de gestion des connaissances) selon la pratique envisagée, sans parler de l'ISO 14001 dont le niveau d'adoption parmi les entreprises non innovantes est nul.

Graphique 12. Organisation des pratiques de l'entreprise
(en % des entreprises interrogées)

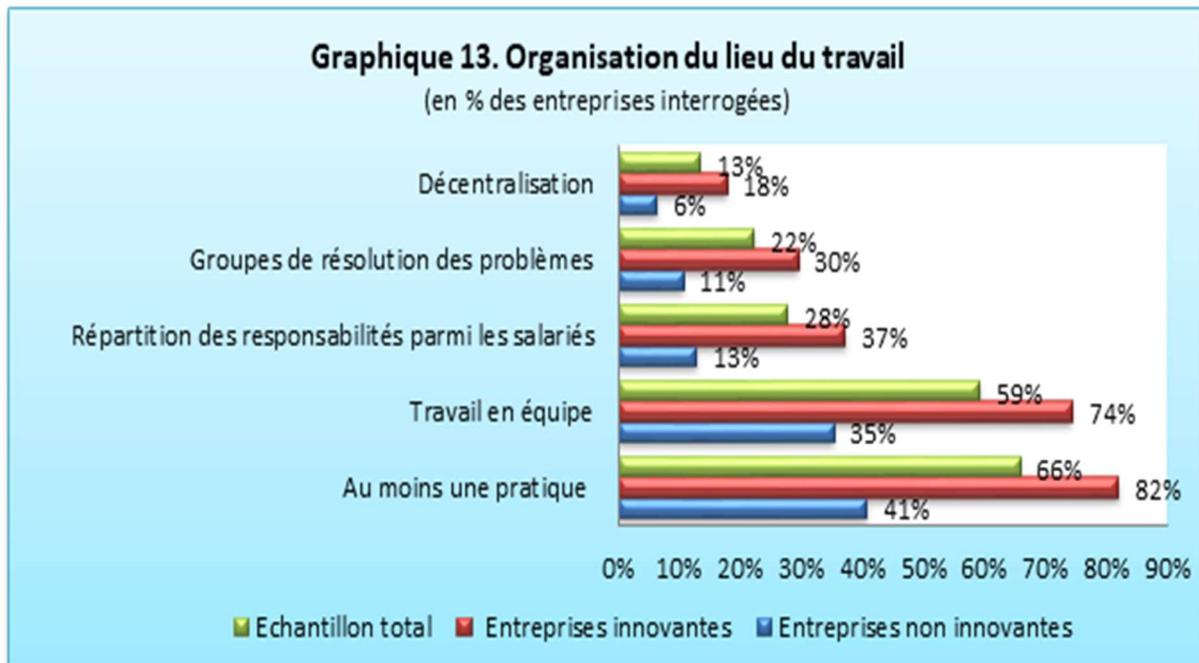


Plus particulièrement, en lien avec les systèmes de certification, Ben Khalifa (2013) a fait ressortir à partir d'une enquête faite sur 142 entreprises tunisiennes, que le manque de temps, suite à la pression accrue de la concurrence et des donneurs d'ordre internationaux et les faibles retombées de la certification ISO sont, selon les entreprises interrogées, les principaux obstacles devant leur adoption. Toujours selon le même auteur, certaines entreprises auraient déclaré que : « la certification est un gaspillage de temps, alors que pour nous le temps c'est de l'argent » ; « l'ISO n'est qu'un outil de marketing exigé par le marché étranger » ; « nous avons fait la certification ISO, mais nous l'avons abandonné, elle n'a rien ajouté pour nous, elle est source de gaspillage de temps et d'argent ». Compte tenu des grands défis environnementaux majeurs (finitude des ressources, réchauffement climatique, dégradation de la biodiversité, empreinte écologique, etc.) et les risques sanitaires majeurs (les diverses épidémies, les maladies chroniques, etc.) auxquels notre civilisation est confrontée, les certifications qualité et les certifications et les labels environnementaux s'imposent plus que jamais pour pouvoir conquérir et/ou garder des marchés non seulement internationaux, mais aussi nationaux. Donc, des mesures de sensibilisation sont indispensables pour changer cette mentalité et cette perception négative envers les systèmes de certification de qualité et les écolabels.

- **Plus de 2/3 des entreprises ont introduit au moins une nouvelle pratique dans le lieu du travail et un avantage au profit des entreprises innovantes**

Dans ce groupe, 66% des entreprises de notre échantillon déclarent introduire au moins une pratique organisationnelle dans les lieux du travail (graphique 13). Le travail en équipe vient au premier rang avec un taux d'adoption de l'ordre de 59%. La répartition des

responsabilités entre les travailleurs et les groupes de résolution des problèmes sont introduites par 28% et 22% des entreprises, respectivement.



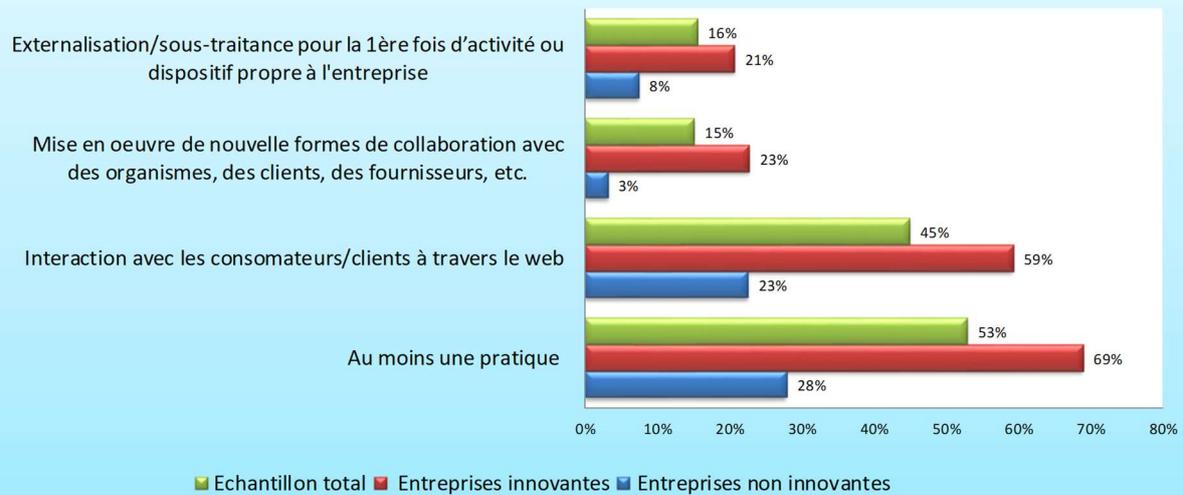
La décentralisation de l'organisation n'est adoptée que par une minorité (13%), en raison probablement de l'importance des PME et des secteurs d'activité à faible contenu technologique dans notre échantillon et en Tunisie d'une manière générale. Comme pour le cas du premier groupe, les entreprises innovantes sont deux à trois fois plus susceptibles que celles non innovantes d'introduire des nouvelles pratiques organisationnelles dans les lieux du travail.

➤ **Plus de la moitié des entreprises ont introduit au moins une pratique de relations externes et un avantage au profit des entreprises innovantes**

Globalement, 53% des entreprises de notre échantillon ont noué des nouvelles relations avec le milieu externe (graphique 14). Les relations les plus fréquentes sont faites avec les consommateurs et les clients (45%). Le recours à l'externalisation et le renouvellement des collaborations avec les acteurs économiques et institutionnels est toutefois très limité, soit 15% et 16% respectivement. Comme dans les cas précédents, les entreprises innovantes sont loin plus nombreuses à établir de nouvelles relations avec leur milieu externe (fournisseurs, clients, organismes de recherche, universités, etc.). La différence est surtout frappante pour le cas de la mise en place de collaborations avec les acteurs économiques et institutionnels, soit 23% contre 3% seulement pour les entreprises non innovantes.

Graphique 14. Organisation des relations externes

(en % des entreprises interrogées)



➤ **Une diffusion intra-firme des nouvelles pratiques organisationnelles très faible et dispersée**

L'intensité moyenne des pratiques organisationnelles vue plus haut est présentée dans le Tableau (3). Comme pour le cas des TIC, les innovations organisationnelles ont du mal à pénétrer les entreprises tunisiennes ce qui n'est pas sans conséquences sur leur performance productive et leur créativité. En effet, une entreprise introduit en moyenne 3,56 nouvelles pratiques organisationnelles, parmi 13 pratiques possibles énumérées dans le questionnaire.

Tableau 3. Intensité des pratiques organisationnelles innovantes (échantillon total)

	Pratiques dans l'entreprise	Pratiques dans le lieu du travail	Pratiques dans les relations externes	Total des pratiques organisationnelles
N Valide	238	238	238	238
Manquante	0	0	0	0
Moyenne	1,6	1,2	0,76	3,6
Ecart-type	1,542	1,183	0,846	2,905
Minimum	0,00	0,00	0,00	0,00
Maximum	7,00	4,00	3,00	13,00

La ventilation par groupe montre un taux moyen d'adoption de 1,6 pratiques d'entreprise parmi sept possibilités ; 1,2 pratiques d'organisation du lieu du travail parmi quatre ; 0,76 pratique relative aux relations externes parmi trois pratiques envisagées. En outre, comme pour le cas des TIC, l'analyse des écarts-types (aux valeurs presque égales aux moyennes)

montre une forte dispersion entre les entreprises en matière d'adoption des nouvelles pratiques organisationnelles.

Comme pour le cas des TIC, la ventilation plus détaillée des données montre que les entreprises innovantes ont, en moyenne, introduit un nombre de pratiques organisationnelles plus élevé que leurs homologues non innovantes, quels que soient le type d'innovation et le groupe de pratiques organisationnelles retenus (Tableau 4). La comparaison des moyennes d'adoption des pratiques organisationnelles (entreprises innovantes vs. Entreprises non innovantes) montre l'existence d'un lien d'association positif et statistiquement significatif entre les innovations technologiques (innovation de produit et innovation de procédé) et les innovations organisationnelles.

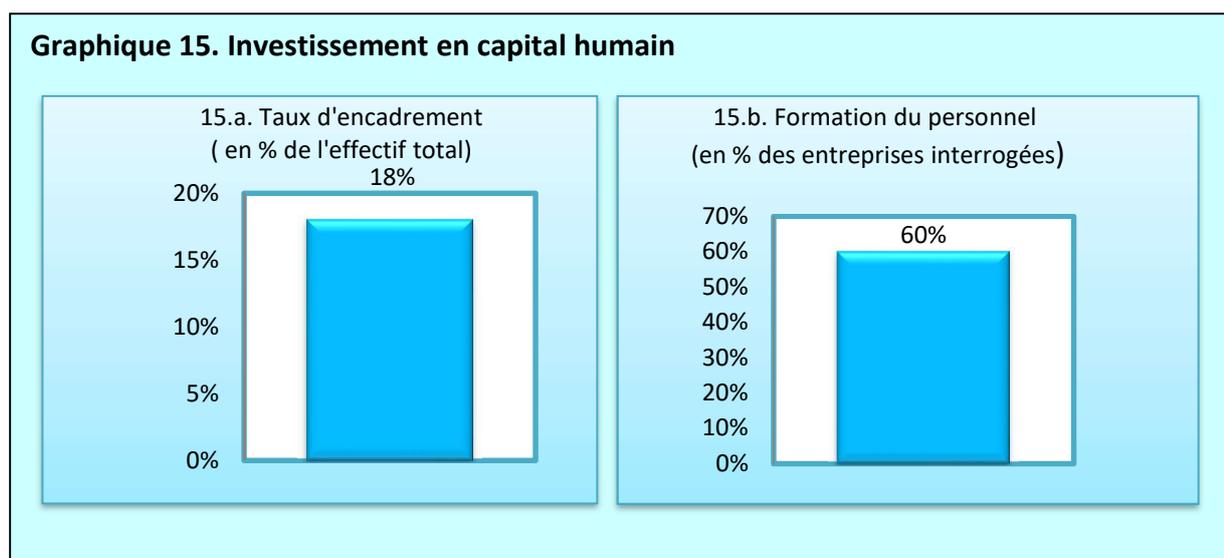
Tableau 4. Tests sur la différence des moyennes de l'intensité du changement organisationnel :
entreprises innovantes vs. entreprises non innovantes

		Moyenne		Différence des moyennes	t	sig.
		E ^{ses} non innovantes	E ^{ses} innovantes			
N	Valide	93	145			
	Manquante	0	0			
Innovation de produit	Pratiques dans l'entreprise	0,92	2,17	-1,255	-6,920	0,000
	Pratiques dans le lieu du travail	0,79	1,61	-0,816	-5,657	0,000
	Pratiques dans les relations externes	0,41	1,06	-0,653	-6,546	0,000
	Total des pratiques organisationnelles	2,13	4,85	-2,724	-8,189	0,000
Innovation de procédé	Pratiques dans l'entreprise	1,22	2,28	-1,061	-5,266	0,000
	Pratiques dans le lieu du travail	1,03	1,6	-0,573	-3,560	0,000
	Pratiques dans les relations externes	0,59	1,09	-0,500	-4,465	0,000
	Total des pratiques organisationnelles	2,84	4,98	-2,135	-5,751	0,000
Innovation (Produit et/ ou Procédé)	Pratiques dans l'entreprise	0,72	2,14	-1,42	-8,297	0,000
	Pratiques dans le lieu du travail	0,66	1,59	-0,93	-6,640	0,000
	Pratiques dans les relations externes	0,33	1,03	-0,7	-7,285	0,000
	Total des pratiques organisationnelles	1,71	4,76	-3,05	-9,659	0,000

III.5. Capital humain et performances innovatrices

- **Capital humain : un taux d'encadrement de 18%, et la proportion des entreprises dispensant une formation à leur personnel est de l'ordre de 60%**

Dans notre cas, le taux d'encadrement représente le rapport entre le nombre des travailleurs diplômés (Ingénieurs, Cadres, Maitrisards et Techniciens) et l'effectif total d'une entreprise. Comme nous montre le graphique (15), en moyenne 18% de l'effectif total d'une entreprise sont diplômés. Le capital humain est mesuré aussi par l'investissement dans la formation (en interne ou en externe de l'entreprise). Dans cette perspective, 60% des entreprises interrogées accordent des programmes de formation à leur personnel. La formation est ainsi indispensable pour pouvoir adopter et s'approprier les investissements effectués dans les nouvelles technologies et les nouvelles pratiques organisationnelles (cf. les hypothèses de complémentarité, section IV).



Les Tableaux (5) et (6) donnent un bon aperçu sur les liens d'association entre les mesures de capital humain et les performances innovatrices. Pour le cas du taux d'encadrement, les entreprises innovantes ont des taux plus élevés que leurs homologues non innovantes. Toutefois, les tests statistiques montrent que ces différences des moyennes ne sont significatives que pour le cas des innovations de procédé. Pour le cas de la formation, le Tableau (6) montre l'existence des liens positifs et statistiquement significatifs entre la variable formation et les trois mesures d'innovation. Les entreprises innovantes sont ainsi plus susceptibles d'investir dans la formation de leur personnel.

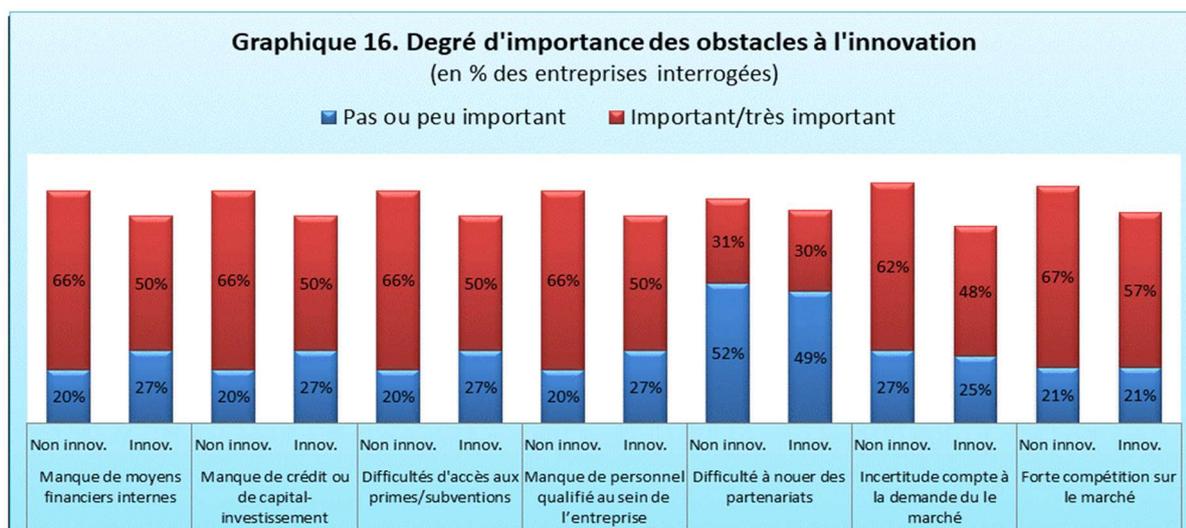
Tableau 5 : Taux d'encadrement et performances innovatrices					
Taux d'encadrement	Moyenne		Différence des moyennes	t	sig
	non innovante	innovante			
Innovation (Produit et/ou Procédé)	16,39	19,06	-2,671	-1,070	0,286
Innovation de produit	16,59	19,28	-2,697	-1,088	0,278
Innovation de procédé	16,48	20,98	-4,505	-1,725	0,086

Tableau 6. Formation et performances innovatrices						
	Innovation de produit		Innovation de procédé		Innovation	
	Innov=0	Innov= 1	Innov=0	Innov= 1	Innov=0	Innov= 1
Formation (F)	40 %	78%	48%	84%	32%	78%
Total						
Khi-deux de Pearson	34,951		29,163		49,282	
Signification asymptotique (bilatérale)	0.000		0.000		0.000	

III.6. Perception du régime économique et institutionnel et performances innovatrices

➤ Les entreprises non innovantes sont plus sensibles aux obstacles à l'innovation

Les principaux obstacles dont l'importance est examinée par l'enquête sont présentés dans le graphique (16). A deux exceptions près, tous les obstacles possibles envisagés sont considérés comme importants ou très importants par la moitié et plus (50 à 67%) des entreprises, qu'elles soient ou non innovantes. Ainsi, les contraintes financières, le manque de main-d'œuvre qualifiée et la forte compétition sont tous des freins (très) importants à l'innovation. Les deux exceptions sont « les difficultés à nouer des partenariats » et « l'incertitude sur la demande ». Le premier facteur n'est considéré comme un frein (très) important que par l'un tiers des entreprises interrogées. Pour l'incertitude sur la demande, 62% des entreprises non innovantes contre 48% de celles innovantes les considèrent comme un obstacle (très) important.



D'une manière globale le graphique (16) montre que les entreprises non innovantes sont plus sensibles que leurs homologues innovantes à tous les obstacles envisagés qui peuvent entraver le processus d'innovation.

III.7. Caractéristiques structurelles des entreprises et performances innovatrices

➤ La taille de l'entreprise est positivement associée aux performances innovatrices

Le Tableau (7) présente les proportions des entreprises innovantes selon la taille, divisée en trois strates. Il montre l'existence d'une association positive entre la taille de l'entreprise et le fait d'être innovante, quel que soit le type d'innovation envisagé. Plus l'entreprise est de grande taille, plus importante sera ses chances d'être innovante. Que cette relation ne doive rien (ou peu de choses) au hasard a été validée par le Khi-deux qui est ici très significatif. Cela est en cohérence avec la littérature théorique qui avance plusieurs raisons en faveur de la grande taille (Schumpeter, 1934 ; Hall et Khan, 2002 ; Lal, 1999 ; Rahmouni et al. 2010)..

Tableau 7. Taille d'entreprise et performances innovatrices (en % des entreprises interrogées)			
	Innovation de produit (Pdt.)	Innovation de procédé (Pcd.)	Innovation (Pdt. et/ou Pcd.)
<50	43%	21%	47%
>50<200	55%	35%	64%
≥ 200	74%	68%	88%
Tests du Khi-deux	9,667	24,136	18,167
Sig. bilatérale	(0,008)	(0,000)	(0,000)

Ainsi, la grande taille permet à l'entreprise de profiter d'économies d'échelles, d'un accès plus facile et moins coûteux au financement, d'un moindre risque et des coûts plus bas. En outre, les grandes entreprises peuvent attirer la main d'œuvre qualifiée en offrant des salaires et des conditions de travail plus favorables que les PME. La réputation de la grande entreprise et son expérience lui facilitent aussi la collaboration avec des partenaires externes

➤ **L'Agroalimentaire est le premier secteur industriel innovant**

Les analyses statistiques (tests d'indépendance) montrent une association statistiquement significative entre la capacité d'innovation et l'appartenance sectorielle de l'entreprise, quelle que soit la mesure d'innovation retenue (Tableau 8). Avec 76% des entreprises innovantes, le secteur agroalimentaire a la plus grande proportion des entreprises ayant introduit des innovations en termes de produit et/ ou de procédé. Pas loin, on trouve successivement, le secteur IMCCV (72%), les industries diverses (68%), le secteur IME (65%) et le secteur ICH (65%). Dans le secteur du cuir et de la chaussure plus de la moitié des entreprises sont innovantes.

Tableau 8. Secteur d'activité et performances innovatrices (en % des entreprises interrogées)			
	Innovation de produit (Pdt.)	Innovation de procédé (Pcd.)	Innovation (Pdt. et/ou Pcd.)
IAA	60%	48%	76%
IMCCV	60%	48%	72%
ICH	65%	27%	65%
IME	58%	36%	65%
ITH	32%	20%	38%
ICC	50%	45%	55%
ID	61%	29%	68%
TOTAL	53%	34%	61%
Tests du Khi-deux	13,843	12,914	19,884
Sig. bilatérale	(0,031)	(0,044)	(0,003)

En revanche, le secteur textile et habillement se trouve nettement à la traîne, avec 37,5 % seulement. Cela peut être expliqué par le fait que la majorité des entreprises de ce secteur sont des sous-traitants, sous le régime offshore du textile mature, n'ayant par conséquent ni l'incitation, ni l'opportunité, ni la marge de manœuvre pour innover. L'innovation dans ce secteur suppose, aujourd'hui, une transition vers les « textiles techniques et intelligents », domaine en pleine expansion. En affinant encore l'analyse, la ventilation plus détaillée des données montre que l'IAA et l'IMCCV viennent au deuxième rang, après l'industrie chimique (65%), avec des proportions égales d'entreprises innovantes dans les produits (60%) comme dans les procédés (48%). Dans l'industrie chimique comme dans l'industrie du cuir et de la

chaussure, les entreprises ayant introduit des nouveaux procédés ont en presque couplé avec des innovations de produits.

➤ **Grand Tunis, la région la plus innovante**

La région du Grand Tunis semble être la plus innovante parmi les quatre régions du territoire tunisien. Comme nous montre le Tableau (9), plus de deux tiers des entreprises localisées dans cette région déclarent avoir introduit des innovations de produit et/ou de procédé. Au deuxième rang, on trouve la région du Centre-est (64%) suivie de la région intérieure (57%). La proportion tombe à 50% pour le Nord-est. Par type d'innovation, le schéma est un peu différent. Grand Tunis (64%) et le Nord-est (43%) maintiennent leurs positions (premier et dernier rang), dans la capacité des entreprises à mettre sur le marché des produits nouveaux ou considérablement améliorés. En revanche, le Centre-est (47%) a laissé de place à la région intérieure qui vient au deuxième rang avec 52%. Concernant l'innovation de procédé, on trouve au premier rang le Centre-est (38%), suivi du Grand Tunis avec 35%. La proportion est de 30% tant pour le Nord-est que pour la région intérieure. Ces disparités en termes d'innovation ne sont, toutefois, significatives, d'un point de vue statistique, que pour le cas d'innovation de produit. La disparité régionale en matière d'innovation traduit en réalité la disparité déjà existante dans les ressources clés (infrastructures, fournisseurs des TIC, institutions financières, centres de production et de transfert technologique, organismes d'appui, main d'œuvre qualifiée, universités, pépinières, centres de formation, etc.) sur lesquelles les entreprises doivent s'appuyer pour innover (Ben Khalifa, 2013 ; Karlsson et al., 2010 ; Cornford et al., 2006).

Tableau 9. Localisation géographique et performances innovatrices (en % des entreprises interrogées)

	Innovation de produit (Pdt.)	Innovation de procédé (Pcd.)	Innovation (Pdt. et/ou Pcd.)
Grand Tunis	64%	35%	67%
Nord est	43%	30%	50%
Centre est	47%	38%	64%
Région intérieure	52%	30%	57%
Total	53%	34%	61%
Khi-deux de Pearson	6,608	1,044	3,668
Sig. bilatérale	0,086	0,791	0,3

➤ **Les entreprises partiellement exportatrices sont les plus innovantes**

Le régime d'activité n'est statistiquement et significativement associé qu'avec la variable - innovation de produit et/ ou de procédé (colonne 3, Tableau 10). Puisque les entreprises non exportatrices et les entreprises offshores ont presque les mêmes proportions à innover

(57% et 58%) on peut donc conclure que les entreprises partiellement exportatrices (76%) sont les plus susceptibles de se déclarer innovantes (en produit et/ou en procédé).

Tableau 10. Marché de l'entreprise et performances innovatrices (en % des entreprises interrogées)			
	Innovation de produit	Innovation de procédé	Innovation (produit et/ou procédé)
	1	1	1
Non exportatrice	53%	33%	57%
Partiellement exportatrice	64%	48%	76%
Totalement exportatrice	49%	30%	58%
TOTAL	53%	34%	61%
Khi-deux de Pearson	6,2859	4,366	5,053
Signification asymptotique (bilatérale)	0,239	0,113	0,08

➤ Les entreprises les plus âgées sont les plus innovantes

L'analyse des différences des moyennes montre une association positive et statistiquement significative entre l'âge de l'entreprise et les trois mesures d'innovation. Les entreprises les plus âgées sont comme nous montre le Tableau (11) plus nombreuses à introduire des innovations technologiques.

Tableau 11. Age et performances innovatrices (en % des entreprises interrogées)					
Age	Moyenne		Différence des moyennes	t	sig
	non innovante	innovante			
Innovation (Produit et/ou Procédé)	2,10	2,60	-,505	-4,128	0,000
Innovation de produit	2,19	2,59	-,401	-3,363	0,001
Innovation de procédé	2,29	2,62	-0,329	-2,687	0,008

IV. INVESTISSEMENT DANS L'ÉCONOMIE DE LA CONNAISSANCE, INNOVATION ET PRODUCTIVITÉ : QUELS IMPACTS ?

IV.1. Cadre conceptuel et modélisation empirique

Dans la littérature récente, il existe deux méthodes populaires pour analyser la relation entre l'investissement dans l'économie de la connaissance et de l'innovation et la productivité. La première méthode est de type CDM, baptisée en référence à l'article original de Crépon, Duguet et Mairesse (1998). En se basant sur trois étapes séquentielles, le modèle CDM étudie la logique de transformation des « *inputs* » d'innovation (investissement en R&D) en « *outputs* » d'innovation (brevet, innovation de produit, innovation de procédé, etc.), puis de mesurer l'impact des « *outputs* » d'innovation sur la performance de l'entreprise, généralement exprimée par la productivité du travail. Dans une première étape, les facteurs déterminants de l'investissement en R&D sont estimés dans une fonction d'investissement. Dans la deuxième étape, une fonction de production de connaissances est utilisée pour estimer les résultats de l'investissement en R&D en termes d'« *outputs* » d'innovation. Enfin, en utilisant une fonction de production, le modèle estime l'impact des « *outputs* » de l'innovation sur la productivité de l'entreprise. Le modèle CDM est destiné à traiter le problème du biais de sélectivité et de l'endogénéité dans les fonctions d'innovation et de productivité.

La deuxième méthode se réfère à la théorie de la complémentarité et se focalise sur l'importance des TIC, du capital humain et du changement organisationnel en tant que inputs complémentaires et indispensables à l'innovation et à l'amélioration de la productivité. Dans leur théorie de la complémentarité, Milgrom et Roberts (1990, 1995) montrent que la contribution des TIC à la performance de l'entreprise ne sera ou sera plus importante que si celle-ci introduit de nouvelles pratiques organisationnelles et détient un niveau de capital humain très élevé. Cette théorie est appuyée par d'autres chercheurs comme Brynjolfsson et Mendelson (1993) et Amit et Schoemaker (1993), Black and Lynch (2001), Bresnahan et al. (2002), Gu et Gera, (2004) ; Giuri et al. (2008). Ainsi, la codification des connaissances, la transmission rapide de l'information et à faible coût et l'augmentation du contrôle rendues possibles par les TIC, permettent l'externalisation des activités, le partage de l'information et le pouvoir de décision, la polyvalence, la production juste à temps, la gestion de la qualité totale, la décentralisation et la diminution des niveaux hiérarchiques, etc. (Milgrom et Roberts 1990 ; Balconi 2004, Askenazy et Gianella, 2000 ; Fok et al, 2001). En outre, le fait d'avoir un réservoir de main d'œuvre très qualifiée est indispensable pour pouvoir tirer profit des potentialités offertes par les TIC. L'expansion cumulative de la base de connaissances codifiées offre des opportunités gigantesques

d'échanges de savoirs et d'apprentissage, mais leur réalisation suppose toujours plus de compétences et de qualifications de la part des individus (David et Foray, 2002 ; Balconi 2004). Il en est de même pour l'appropriation de connaissances codifiées, l'abondance de l'information ne la rend pas forcément plus accessible, car, il faut être en mesure de la trier, la classer et l'interpréter, l'adopter et enfin la canaliser pour agir avec pragmatisme en cas de besoin.

Le croisement de ces deux littératures nous permet de développer une extension du modèle CDM en considérant aussi bien la R-D que l'investissement dans les TIC, le capital humain et le changement organisationnel comme *inputs* pour l'innovation et l'accroissement de la productivité. La nouvelle variante du modèle CDM que nous allons estimer se présente comme un système récursif de cinq équations économétriques, dont trois sont non-linéaires :

$$\left\{ \begin{array}{l} r_i = 1(x_{1i}\beta_1 + u_{i1} > 0) \\ \ln rd_i = x_{2i}\beta_2 + u_{i2} \\ Innovprod_i = 1(\alpha_3 \ln rd_i + \delta_3 TIC_i + \gamma_3 KH_i + \theta_3 CO_i + t_1 TIC_i * KH_i + t_2 TIC_i * CO_i + t_3 KH_i * CO_i + t_4 TIC_i * KH_i * CO_i + x_{3i} \beta_3 + u_{i3} > 0) \\ Innovproc_i = 1(\alpha_4 \ln rd_i + \delta_4 TIC_i + \gamma_4 KH_i + \theta_4 CO_i + z_1 TIC_i * KH_i + z_2 TIC_i * CO_i + z_3 KH_i * CO_i + z_4 TIC_i * KH_i * CO_i + x_{4i} \beta_4 + u_{i4} > 0) \\ \ln LP_i = \lambda innovprod_i + \eta innovproc_i + x_{5i} \beta_5 + u_{i5} \end{array} \right.$$

où 1(.) représente la fonction indicatrice, égale à 1 si son argument est vrai et 0 sinon. Les x_{ki} ($k=1, \dots, 5$) sont des vecteurs de variables explicatives ; les u_{ik} ($k= 1, \dots, 5$) sont des termes d'erreurs ; β_k ($k=1, \dots, 5$), t_k ($k=1, \dots, 4$) et z_k ($k= 1, \dots, 4$) sont des vecteurs de paramètres à estimer ; α_3 , α_4 , δ_3 , δ_4 , γ_3 , γ_4 , θ_3 , θ_4 , λ , η sont des paramètres à estimer. Enfin, $Innovprod$ = innovation de produit, $Innovproc$ = innovation de procédé, KH = capital humain, CO = le changement organisationnel.

La **première équation** rend compte de la sélection des entreprises ayant une activité de R-D, r . Cette équation explique la probabilité qu'une entreprise déclare avoir une activité de R&D régulière. Elle est spécifiée comme un modèle Probit avec $P(r_i=1) = \Phi(x_{1i}\beta_k)$, où $r_i = 1$ si l'entreprise a une activité de R&D régulière et $r_i = 0$ sinon, Φ représente la fonction de répartition de la loi normale.

La **deuxième équation** du système représente l'effort de R&D de l'entreprise i , conditionnellement au fait de faire de la R&D. Il s'agit d'une équation linéaire qui exprime le logarithme de l'intensité des dépenses en R&D (définie comme le ratio des dépenses de R&D par employé) en fonction d'un vecteur de déterminants potentiels x_{2i} .

En supposant que les termes d'erreurs u_1 et u_2 sont distribués selon une loi normale bivariée avec un coefficient de corrélation ρ_{12} , on estime simultanément les deux premières équations comme un modèle Tobit généralisé.

La **troisième** et la **quatrième équation** du système expliquent la probabilité qu'une entreprise introduise, respectivement, une innovation de produit et une innovation de procédé sur une période donnée (en l'occurrence, trois ans). Chaque équation forme un modèle probit simple qui explique la probabilité d'innover en fonction d'une variable explicative endogène (Lnr_{it}), des variables exogènes (ou du moins traitées comme telles) relatives aux investissements dans l'économie de la connaissance (TIC, capital humain et changement organisationnel) et d'un vecteur de variables de contrôle exogènes (ou du moins traitées comme telles). Ces deux équations, considérées simultanément en supposant les erreurs u_{i3} et u_{i4} distribuées selon une loi normale bivariée avec pour coefficient de corrélation ρ_{34} , forment un modèle Probit bivarié. Ce modèle représente ce que la littérature économique appelle « *fonction de production de connaissance (ou d'innovation)* ».

La **cinquième** et la dernière équation du système explique (le logarithme de) la productivité du travail LP_i (définie comme le ratio du chiffre d'affaires/nombre des employés) en fonction des innovations technologiques (innovation de produit et innovation de procédé). Ces deux formes d'innovation sont potentiellement endogènes dans la mesure où des variables inobservées pourraient influencer, à la fois, le processus d'innovation et le processus de production. En termes économiques, cette équation représente la fonction de production théorique de type Cobb-Douglas dans laquelle les principaux inputs sont le capital, le travail et la connaissance (approchée ici par les deux formes d'innovation technologique, le capital humain et le changement organisationnel).

Pour estimer notre modèle CDM, on utilise une procédure séquentielle en trois étapes semblable à celle utilisée par Griffith et al. (2006). Dans la première étape, on estime le modèle Tobit généralisé qui explique à la fois la probabilité de s'engager dans des activités de R&D et l'intensité des dépenses en R&D. Dans la deuxième étape, on estime le modèle Probit bivarié qui décrit la fonction d'innovation, en incluant dans les régresseurs la valeur prédite de l'intensité de R&D (et non sa valeur observée). Dans la troisième et la dernière étape, on estime la dernière équation de productivité, en incluant dans les régresseurs, les valeurs prédites des probabilités d'innover en produit et en procédé. Le remplacement dans les deux dernières étapes des variables explicatives potentiellement endogènes par les valeurs prédites obtenues dans l'étape précédente sert à corriger les biais d'endogénéité mentionnés plus haut. Le tableau A1 (Annexe) reporte, en se référant à la littérature théorique et empirique, les variables dépendantes et les variables explicatives de chacune des équations du modèle CDM.

IV.2. Résultats économétriques

IV.2.1. Décision et intensité de l'investissement dans la R&D

Tableau 12 : Déterminants de l'investissement en R&D (Effets marginaux)		
	Equation de R&D	
	Sélection	Intensité
(Ln)Taille	0,04**	0,19
(Ln)Age		-0,34*
Groupe	0,12***	//
Export	0,00**	//
Capital humain		
Taux d'encadrement	//	0,05***
Formation	0,08*	1,29
Sources d'information		
Coopération interne	//	//
Coopération avec le marché	//	-0,96**
Coopération avec les institutions	0,09**	//
TIC	//	-0,43***
Changement organisationnel		
Innovation dans les pratiques de l'entreprise	0,12**	//
Innovation dans le lieu du travail	//	1,45**
Innovation dans les relations externes	0,15**	1,00
Obstacles à innover		
Obstacles financiers	//	
Obstacles cognitifs	0,04**	
Obstacles réglementaires	-0,04**	
rho	0.856*	

Notes : p < 0.01 (***) ; p < 0.05 (**) ; p < 0.1 (*). // variables non significatives éliminées par la méthode rétrograde. 7 secteurs d'activités et 4 régions sont aussi inclus dans les estimations

Le tableau (12) présente les résultats des estimations liées aux équations de sélection et d'intensité de R&D (les deux premières équations du système 1). Dans l'équation de sélection, la taille de l'entreprise apparaît comme un facteur ayant un impact positif et significatif sur la probabilité de s'engager dans des activités de R&D. Ce résultat est en accord aussi bien avec les traditions schumpetériennes qu'avec la littérature empirique. Cet impact n'est pas, toutefois, d'une grande ampleur. L'appartenance à un groupe constitue un déterminant important pour qu'une entreprise décide d'investir dans la R&D. Les entreprises faisant partie d'un groupe ont 12% plus de chance d'avoir une activité de R&D permanente. La formation du personnel et la coopération avec les institutions publiques sont aussi associées significativement et positivement avec la probabilité plus élevée d'investir dans la R&D, soit 8 et 9% de plus respectivement. En outre, l'analyse montre une forte corrélation entre la décision à investir en R&D et le changement organisationnel. Les entreprises

introduisant des nouvelles pratiques dans les lieux du travail (travail en équipe, participation des travailleurs, groupe de résolution de problèmes et décentralisation) et dans leurs relations avec l'environnement externe (interaction avec les consommateurs/ clients à travers le web, nouvelle forme de collaboration, externalisation/ sous-traitance) sont plus susceptibles de s'engager dans des activités de R&D.

L'engagement dans la R&D est aussi sensible aux facteurs d'ordre institutionnel (obstacles à innover) tels que perçus par l'entreprise interrogée. Les obstacles d'aspect cognitif (manque de main-d'œuvre qualifiée et difficulté à nouer des partenariats) sont positivement et significativement liés avec la probabilité plus élevée d'investir dans la R&D. Cette relation positive explique combien les entreprises ayant une expérience en R&D souffrent du manque de compétences, ainsi que des difficultés à former des partenariats. En outre, l'incertitude sur la demande a un impact négatif et significatif sur la décision d'innover. Ce résultat est en accord avec la littérature théorique qui considère la R-D comme une activité entourée d'une grande incertitude quant à son aboutissement et son appropriation. Pour cela, les entreprises innovantes adoptent, ces dernières décennies, des stratégies de coopération qui impliquent de multiples acteurs dans ce qu'on appelle l'apprentissage interactif. Ce dernier permet d'augmenter le stock de connaissances et l'expérience dont l'exploitation permet aux différents acteurs de réduire les incertitudes liées au processus d'innovation et de compenser la carence en compétences clés. Au vu de ce qui précède, il y a sans doute lieu de s'interroger sur la capacité des entreprises tunisiennes à développer ce type d'apprentissage interactif et à réduire les risques et les incertitudes liées au processus d'innovation étant donnée les difficultés qu'elles affrontent en matière de constitution de partenariats et de recrutement de main-d'œuvre qualifiée. Une autre conclusion mérite, également, d'être signalée. Il s'agit de la variable représentant les obstacles d'ordre financier qui n'est plus associée à la décision d'investissement dans la R&D (elle est éliminée du modèle par la méthode rétrograde). Or, d'après les analyses descriptives, cette variable constitue un obstacle majeur tant pour les entreprises innovatrices que pour les non innovatrices, ce qui explique son effet non significatif.

En ce qui concerne l'intensité d'investissement en R&D (équation 2 du système 1), les résultats montrent une association négative et significative entre l'âge de l'entreprise et les dépenses en R&D. L'augmentation de l'âge de 1% diminue le volume de R&D de 0,34%, toute chose égale par ailleurs. La coopération avec les acteurs du marché est négativement associée à l'intensité de R&D. Les entreprises qui collaborent avec les fournisseurs /clients investissent moins de 161% que les entreprises qui ne coopèrent pas avec ces mêmes acteurs. Deux raisons sous-jacentes, au moins, peuvent expliquer ce résultat. Soit parce que les entreprises innovantes substituent les connaissances et l'expertise de leurs partenaires à

une partie de leur R&D, soit elles se partagent ensemble les coûts d'investissement en R&D. L'intensité d'adoption des TIC, elle aussi, influence négativement le volume d'investissement en R&D. Ainsi, l'augmentation de la mesure des TIC d'une unité supplémentaire (passage d'un quartile à un autre supérieur) diminue l'intensité de R&D de 54%. Cela peut être expliqué par le fait que les entreprises utilisant intensivement les TIC fondent leurs projets d'innovation sur la collaboration avec les fournisseurs et les clients et donc investissent moins dans la R&D, comme nous venons d'en parler.

En revanche, le volume de R&D investi par l'entreprise est positivement et significativement associé au taux d'encadrement et aux nouvelles pratiques organisationnelles introduites dans le lieu du travail. Ainsi, l'intensité de R&D augmente de 5% et de 1,45% pour toute augmentation de 1% dans le taux d'encadrement et le niveau de réorganisation du lieu du travail, respectivement.

IV.2.2. De l'investissement dans l'économie de la connaissance à l'innovation

Les résultats des estimations de la fonction de production d'innovation (équations 3 et 4) sont présentés dans le Tableau A2 (voir Annexe). Les coefficients reportés dans ce tableau (colonne 1 et 2) sont les effets marginaux issus de l'estimation d'un modèle Probit bivariée pour les deux types d'innovation considérés dans ce travail : innovation de produit (P1) et innovation de procédé (P2). Le modèle estimé peut également générer les probabilités prédites de quatre combinaisons (mesures) possibles d'innovation, ainsi que les effets marginaux correspondants (colonnes 3 - 6): P11 correspond au fait que l'entreprise a introduit à la fois des innovations de produit et de procédé (innovation de produit =1 et innovation de procédé =1) ; P10, (innovation de produit = 1 et innovation de procédé =0) ; P01, (innovation de produit = 0 et innovation de procédé =1) et P00, (innovation de produit = 0 et innovation de procédé =0).

Nous commençons notre lecture du Tableau A2 par l'analyse de l'impact de l'investissement dans l'économie de la connaissance (IEC), ainsi que par la vérification de la validité des hypothèses avancées par le modèle CDM et la théorie de la complémentarité. Par souci de clarté, les hypothèses sur ce que pourraient être les liens entre les différents piliers (mesures) de l'IEC et les performances innovatrices des entreprises sont reportées dans l'encadré (1). Ensuite et pour mieux appréhender les facteurs clés du processus d'innovation dans les entreprises manufacturières tunisiennes, il convient d'analyser les différentes variables incluses dans le modèle : variables relevant de l'« open innovation model⁵ » (les sources d'information et de connaissance externes), variables d'ordre stratégique, variables

⁵ Il est défini comme un "paradigme qui part de l'idée que les entreprises peuvent et doivent utiliser des idées externes aussi bien qu'internes tout en permettant aux autres entreprises d'utiliser leurs technologies, pour ouvrir de nouvelles voies vers les marchés". Modèle conceptualisé en 2003 par l'américain Henry Chesbrough.

d'ordre structurel d'inspiration schumpetérienne (taille, âge, concurrence) et d'autres d'ordre institutionnel (perceptions des obstacles qui pourraient entraver les capacités innovatrices des entreprises).

Encadré 1. : Hypothèses de travail

- H1. Plus l'intensité d'investissement en R&D est élevée, plus la probabilité que l'entreprise introduise des innovations de produit et / ou de procédé est élevée.*
- H2. Plus le niveau d'adoption et d'utilisation des TIC est élevé, plus la probabilité que l'entreprise introduise des innovations de produit et / ou de procédé est élevée.*
- H3. Plus le niveau de capital humain est élevé, plus la probabilité que l'entreprise introduise des innovations de produit et / ou de procédé est élevée.*
- H4. Plus le niveau du changement organisationnel est élevé, plus la probabilité que l'entreprise introduise des innovations de produit et / ou de procédé est élevée.*
- H5. Les entreprises qui investissent davantage dans les TIC et le capital humain sont plus en mesure d'introduire des innovations de produit et/ou de procédé ;*
- H6. Les entreprises qui investissent davantage dans les TIC et le changement organisationnel sont plus en mesure d'introduire des innovations de produit et/ou de procédé;*
- H7. Les entreprises qui investissent davantage dans le changement organisationnel et le capital humain sont plus en mesure d'introduire des innovations de produit et/ou de procédé ;*
- H8. Les entreprises qui investissent davantage dans les TIC, le changement organisationnel et le capital humain sont plus en mesure à introduire des innovations de produit et/ou de procédé.*

➤ **Impact de l'investissement dans l'économie de la connaissance**

Le tableau 14 (colonne 1 et 2) reporte les effets marginaux directs des différents piliers de l'économie de la connaissance, ainsi que les effets de complémentarité (effets d'interaction) sur les deux formes d'innovation (produit vs. procédé). En ce qui concerne les effets marginaux directs, conformément à notre première hypothèse (H1), ainsi qu'à la littérature théorique et empirique, on constate une association positive et significative entre l'intensité de R&D et les innovations de produit et de procédé. La log-intensité de R&D a un effet marginal de 12,5 % sur la probabilité d'introduire au moins des innovations de produit et 10,7% d'introduire au moins des innovations de procédé. En affinant encore l'analyse et en tenant compte des différentes combinaisons possibles que l'entreprise pourrait s'en engager, on constate que la R&D n'a d'effet (10%) que sur les entreprises qui innovent conjointement en produit et en procédé. Il semble que pour les entreprises innovant uniquement dans l'une des deux formes d'innovation ont des sources de connaissance, outre que la R&D, qu'on va les découvrir tout au long de cette section.

Tableau 13. Effets marginaux de l'investissement dans l'économie de la connaissance sur les performances innovatrices
(calcul à partir des estimations présentées dans le tableau A2 présenté en annexe)

	P1	P2	P11	P10	P01	P00
Effet marginal direct (ED)						
R&D	0,125	0,107	0,099	0,026	0,007	-0,133
TIC	0,175	0,268	0,212	-0,037	0,056	-0,232
KH	-0,014	-0,001	-0,004	-0,010	0,004	0,010
CO	0,126	0,028	0,051	0,075	-0,023	-0,102
Effet marginal de complémentarité (EC)						
TIC*KH	-0,001	-0,004	-0,003	0,002	-0,001	0,002
CO*KH	0,004	0,002	0,003	0,002	0,000	-0,004
TIC*CO	-0,069	-0,051	-0,050	-0,019	-0,001	0,070
Effet marginal global (EG)						
TIC	0,09	0,15	0,12	-0,03	0,03	-0,120
KH	-0,01	-0,002	-0,004	-0,01	0,002	0,008
CO	0,13	0,02	0,05	0,08	-0,03	-0,098
Toutes les valeurs en gras présentées dans le tableau sont significatives au moins à un niveau de 25% (valeur p <= 0,25) comme il est recommandé par Mickey et Greenland (1989) et Battisti et al. (2009) pour le cas des modèles Probit						

Conformément à notre hypothèse (2), l'intensité d'adoption des TIC apparaît comme un autre déterminant important, surtout, pour les innovations de procédé. La montée d'un quartile à un autre supérieur augmente la probabilité d'introduire au moins des innovations de produit de 17,5% et au moins des innovations de procédé de 27%. Plus précisément, l'analyse montre que les TIC augmentent les chances des entreprises innovant conjointement dans les deux formes d'innovation de 21% et de celles innovant uniquement en procédé de 6%. L'intensité d'adoption des TIC n'est pas, toutefois, significativement associée à la probabilité d'innover uniquement en produit.

Contrairement à notre hypothèse (H3), l'effet marginal du capital humain (taux d'encadrement) apparaît comme négatif, mais très faible, pour la plupart des mesures d'innovation envisagées. L'augmentation du taux d'encadrement de 1% diminue les chances de l'entreprise d'introduire au moins des innovations de produit de 1,4%, les deux formes conjointement de 0,4% et uniquement des innovations de produit de 0,1%. L'effet sur la probabilité qu'une entreprise innove uniquement en procédé ou qu'elle soit non innovatrice du tout est de l'ordre de 0,4 et 1 %, respectivement. Ces résultats, contradictoires à la littérature tant théorique qu'empirique peuvent être expliqués par l'effet que l'investissement dans le capital humain nécessite des investissements complémentaires pour

pouvoir renforcer les capacités innovatrices des entreprises (hypothèse à discuter juste après le paragraphe ci-dessous).

L'hypothèse (H4) d'une association positive et significative entre le changement organisationnel et les performances innovatrices n'est confirmée que pour le cas d'innovation de produit. Le déplacement d'un quartile donné à un autre supérieur a un effet marginal de 12,6% sur la probabilité d'introduire au moins des innovations de produits et de 7.5% sur les entreprises engagées uniquement dans les innovations de produits.

Nous arrivons maintenant à la vérification de la validité des hypothèses de la complémentarité pouvant être instaurée entre le capital humain, le changement organisationnel et les TIC (hypothèse 5-8, encadré 1). Ainsi, les résultats économétriques montrent que parmi les quatre hypothèses de complémentarité avancées, seule l'hypothèse (H7) de complémentarité entre le changement organisationnel et le capital humain est confirmée. Les entreprises dont le terme d'interaction CO*KH est le plus élevé ont plus de chances d'introduire au moins l'une des deux formes d'innovation ou les deux formes conjointement (0,2 à 0,4%). L'investissement conjoint dans les TIC et le changement organisationnel semble avoir des effets négatifs. L'effet marginal du terme d'interaction TIC*CO diminue de 7% la probabilité d'introduire au moins des innovations de produit et de 5% celle d'au moins des innovations de procédé, ainsi que la probabilité des deux formes conjointement. De même, l'investissement combiné dans les TIC et le capital humain a un effet négatif, mais relativement faible, sur la probabilité de l'entreprise d'introduire au moins une innovation de procédé (0,4%), les deux formes conjointement (0,3%) et l'innovation de procédé uniquement (0,1%). Enfin, l'analyse économétrique rejette l'hypothèse d'une possible complémentarité complète entre les TIC, le capital humain et le changement organisationnel (ce terme d'interaction TIC*KH*CO est éliminé du modèle, son effet sur l'innovation n'est plus significatif).

Le tableau (13) reporte aussi les effets globaux (effet direct + effets de complémentarité) des investissements dans l'économie de la connaissance sur les performances innovatrices des entreprises tunisiennes. La montée de l'intensité des TIC d'un quartile à un autre supérieur augmente la probabilité d'introduire au moins des innovations de produit de 9%, des innovations de procédé de 15%, les deux formes d'innovation de 12% et des innovations de procédé uniquement de 3%. Le changement organisationnel, lui aussi, a un effet global positif et significatif sur l'introduction d'au moins des innovations de produit (13%), des deux formes d'innovation (5%) et de l'innovation de produit uniquement (8%). Il a, toutefois, un effet négatif (-3%) sur la probabilité des entreprises à introduire uniquement des innovations de procédé. Contrairement à nos hypothèses, le capital humain est positivement associé à la probabilité de l'entreprise d'être non innovante et négativement aux différentes mesures

de la performance innovatrice, excepté l'innovation de procédé (impact positif et significatif, mais il est relativement faible).

La conclusion la plus importante qu'on peut tirer de ces résultats est que les entreprises qui investissent intensivement et simultanément dans les TIC, le capital humain et le changement organisationnel diminuent leurs chances d'être innovantes à ce qu'elles auraient dû être si elles avaient investi dans un seul pilier. Le manque d'effet des investissements conjoints dans les TIC, le changement organisationnel et le capital humain est également constaté par Giuri et al. (2008) sur un échantillon d'entreprises italiennes. Ces auteurs ont expliqué ce résultat par les difficultés structurelles des petites et moyennes entreprises à gérer la complexité de multiples co-inventions (TIC*CO, KH*CO, TIC*KH ou TIC*CO*KH). Cette explication nous semble plausible pour le cas de nos résultats puisque, 86% des entreprises de notre échantillon sont des PME. Elle peut, également, être expliquée par le timing du processus d'innovation multidimensionnelle. La capacité d'absorption limitée et l'inertie organisationnelle, ainsi que le processus d'apprentissage appellent une stratégie d'innovation incrémentale et progressive dans tous les domaines plutôt que simultanée. Une telle stratégie n'est pas en contraste avec la théorie de la complémentarité, qui ne fait aucune hypothèse sur les séquences d'adoption des co-inventions (Giuri et al. 2008). Enfin, si les entreprises ont introduit juste des améliorations sur les produits et les procédés déjà existants ou même des produits et procédés nouveaux, mais pour l'entreprise et non pour le marché, ce qui est généralement le cas dans les pays en développement, les investissements élevés et combinés dans les deux ou les trois piliers (TIC, CO, KH) pourraient ne pas être nécessaires pour réussir ces activités d'innovation.

➤ Sources externes : quels impacts sur les performances innovatrices ?

Tableau 14. Contribution des différentes sources d'information (extrait du tableau A2-Annexe)						
	P1	P2	P11	P10	P01	P00
Coopération interne	-0,052	0,015	-0,005	-0,047	0,020	0,033
Coopération avec le marché	0,388	0,286	0,280	0,108	0,005	-0,393
Coopération avec les institutions	0,008	-0,031	-0,017	0,025	-0,014	0,006
Toutes les valeurs en gras présentées dans le tableau sont significatives au moins à un niveau de 25% (valeur p <= 0,25) comme il est recommandé par Mickey et Greenland (1989) et Battisti et al. (2009) pour le cas des modèles Probit						

Puiser dans des sources externes est, aujourd'hui, un facteur déterminant du processus d'innovation. L'innovation ouverte peut impliquer des catégories extrêmement variées de partenaires. Dans notre questionnaire, les entreprises innovantes ont été interrogées si elles avaient mobilisé des partenaires commerciaux (clients, fournisseurs ou concurrents), des partenaires institutionnels (universités, laboratoires de recherche privés ou publics ou consultants) ou des partenaires du même groupe dans leurs activités d'innovation. L'analyse économétrique de l'impact de ces sources d'information montre que les partenaires commerciaux sont les seuls à avoir un impact sur les performances innovatrices (tableau 14). Ce résultat peut être expliqué par le fait que dans les entreprises tunisiennes, comme c'est le cas dans la plupart des pays en développement, l'innovation est loin d'être *science-based*, pour que les acteurs institutionnels (Universités et laboratoires de recherche) y jouent pleinement leur rôle.

➤ **Comportement stratégique : quels impacts sur les performances innovatrices ?**

Tableau 15. Impacts du comportement stratégique sur les performances innovatrices (extrait du tableau A2-Annexe)						
	P1	P2	P11	P10	P01	P00
Stratégie de domination par le coût	0,224	0,137	0,145	0,079	-0,008	-0,217
Stratégie de diversification des produits	0,357	0,024	0,111	0,246	-0,087	-0,270

Toutes les valeurs en gras présentées dans le tableau sont significatives au moins à un niveau de 25% (valeur p <= 0,25) comme il est recommandé par Mickey et Greenland (1989) et Battisti et al. (2009) pour le cas des modèles Probit

Le comportement stratégique de l'entreprise apparaît comme un déterminant principal des performances innovatrices (tableau 15). Les entreprises adoptant une stratégie de domination par le coût augmentent leurs chances d'introduire au moins une innovation de produit de 22,4 %, au moins une innovation de procédé de 13,7% et les deux formes conjointement de 14,5%. De même, la stratégie de diversification des produits accroît la probabilité de l'entreprise d'introduire au moins une innovation de produit de 35,7% ; les deux formes d'innovation de 11% et uniquement l'innovation de produit de 24,6%. Toutefois, l'adoption d'une stratégie de diversification diminue de 8,7% les chances pour qu'une entreprise introduise uniquement des innovations de procédés. Ces résultats sont en accord avec aussi bien la littérature théorique qu'empirique qui suggèrent une relation de complémentarité entre les innovations de produit et les innovations de procédé (Reichstein et Salter, 2006). Ensemble, les innovations de produit et de procédé réduisent les coûts de

production et augmentent le prix de vente, entraînant une productivité accrue et une production à valeur ajoutée plus élevée (Mohnen et Hall, 2013).

➤ **Caractéristiques structurelles des entreprises : quels impacts sur les performances innovatrices ?**

Tableau 16. Impacts des caractéristiques structurelles des entreprises sur les performances des entreprises (extrait du tableau A2-Annexe)						
	P1	P2	P11	P10	P01	P00
(Log)Taille	-0,019	0,046	0,023	-0,042	0,023	-0,004
(Log)Age	0,147	0,014	0,048	0,099	-0,035	-0,113
Groupe	0,109	0,095	0,088	0,021	0,007	-0,116
Export	0,002	0,000	0,000	0,001	0,000	-0,001
Toutes les valeurs en gras présentées dans le tableau sont significatives au moins à un niveau de 25% (valeur p <= 0,25) comme il est recommandé par Mickey et Greenland (1989) et Battisti et al. (2009) pour le cas des modèles Probit						

D'après le tableau (16), la taille de l'entreprise n'est plus associée aux performances innovatrices. En revanche, l'âge de l'entreprise apparaît comme un facteur déterminant dans le processus d'innovation des entreprises interrogées. L'augmentation du Log-age d'un an accroît la probabilité d'introduire au moins une innovation de produit de 15%, les deux formes d'innovation conjointement de 5% et l'innovation de produit uniquement de 10%. On dénote, toutefois, un effet négatif du log-age sur l'innovation, en procédé seulement, soit -3,5%. Les entreprises qui font partie d'un groupe ont 10% plus de chances d'innover au moins en procédé, 9% d'innover conjointement en produit et en procédé. L'intensité d'ouverture sur l'extérieur est positivement associée à l'introduction d'au moins une innovation de produit et l'innovation en produit seulement. Toutefois, Son effet marginal ne dépasse pas le 0.2%. Cela peut être expliqué par le fait que plus de la moitié (50,4%) des entreprises exportatrices interrogées sont des sous-traitants sous le régime offshore dans des activités matures, n'ayant par conséquent ni l'incitation, ni l'opportunité, ni la marge de manœuvre pour innover.

➤ **Politiques d'innovation : quels impacts sur les performances innovatrices**

Les obstacles à innover sont présentés ici comme des proxies négatifs des mesures politiques et institutionnelles encadrant le processus de l'innovation. On considère trois mesures synthétiques des obstacles à l'innovation qui sont concernés par les politiques industrielles : (i) obstacles d'ordre financier (manque de moyens financiers

internes, manque de crédit ou de capital-investissement, difficultés d'accès aux primes/subventions) ; (ii) obstacles d'ordre cognitif (manque de personnel qualifié, difficulté à nouer des partenariats avec d'autres entreprises et institutions technologiques et (iii) obstacles d'ordre réglementaire (Incertitude et solvabilité de la demande, forte compétition sur le marché).

Tableau 17. Impacts des facteurs institutionnels sur les performances innovatrices (extrait du tableau A2-Annexe)						
	P1	P2	P11	P10	P01	P00
Obstacles d'ordre financier	0,021	0,016	0,015	0,005	0,001	-0,021
Obstacles d'ordre cognitif	0,062	0,073	0,061	0,001	0,011	-0,073
obstacles d'ordre réglementaire	-0,064	-0,006	-0,021	-0,043	0,015	0,048
Toutes les valeurs en gras présentées dans le tableau sont significatives au moins à un niveau de 25% (valeur p <= 0,25) comme il est recommandé par Mickey et Greenland (1989) et Battisti et al. (2009) pour le cas des modèles Probit						

Les résultats économétriques (tableau 17) montrent que le manque des sources appropriées de financement n'est pas significativement lié aux performances innovatrices. Mais, cela ne veut pas dire qu'il ne constitue plus un obstacle rédhibitoire à innover. Au contraire, c'est parce que cet obstacle est beaucoup apprécié comme très important aussi bien par les entreprises innovatrices que par leurs homologues non innovatrices (voir section III) qu'il apparaît non significatif. Autrement dit, le manque des sources financières pourrait soit empêcher une entreprise à prendre la décision d'innover soit limiter le potentiel d'innovation et sa valorisation une fois l'entreprise devient innovatrice.

Les obstacles d'ordre cognitifs sont positivement et significativement associés avec la probabilité d'introduire au moins l'une des deux formes d'innovation ou les deux conjointement, soit une augmentation de l'ordre de 6 à 7 points de pourcentage. Ce résultat contradictoire pourrait donner à penser que le manque de personnel qualifié et des possibilités de coopération se fait sentir le plus durement par les entreprises innovantes.

Les obstacles d'ordre réglementaire ont un effet marginal négatif sur l'introduction d'au moins une innovation de produit ainsi que sur la probabilité d'innover uniquement en produit, soit une diminution de 6 et 4 points de pourcentages, respectivement. La relation est, toutefois, positive entre ces obstacles et le fait d'innover uniquement en procédé. Autrement dit, les entreprises pour lesquelles les obstacles réglementaires sont perçus comme trop élevés, sont plus nombreuses à choisir d'innover uniquement en procédé afin

de réduire le risque qui pourrait surgir de l'introduction des innovations de produits ou des deux formes d'innovation conjointement.

IV.2.3. De l'innovation à la productivité

Finalement, on présente les résultats des estimations de la fonction de production, cinquième équation et troisième étape du modèle. La fonction de production établit la relation entre les différentes formes d'innovation prédites et la productivité du travail (variable dépendante mesurée par le logarithme du chiffre d'affaires par travailleur). En introduisant la taille et l'intensité du capital comme des variables de contrôle, les effets estimés peuvent être interprétés comme des effets de PGF (productivité globale des facteurs). Donc, cette partie s'interroge principalement sur les effets des investissements dans l'économie de la connaissance et de l'innovation (IECI) sur la productivité du travail ainsi que sur leur contribution dans la productivité globale des facteurs.

➤ Productivité du travail : impacts des IECI

Pour déterminer les effets possibles des IECI, nous avons estimé deux variantes de la cinquième équation. La première variante estime les gains de productivité qu'une entreprise puisse gagner du fait de l'introduction de l'une des deux formes d'innovation (indépendamment de l'introduction ou non de l'autre forme). Contrairement à l'innovation de procédé qui n'est plus significative, les résultats d'estimation (colonne 1 du tableau 18) montrent que l'innovation de produit constitue le principal déterminant de la productivité du travail. Une lecture des coefficients, comme des semi-élasticités, montre que l'augmentation de 1 point de pourcentage (+0.01) dans la proportion d'innover en produit accroît la productivité de 1,28%. Autrement dit, le fait d'introduire au moins une innovation de produit [augmentation de 100 points de pourcentage, la variable passe de 0 (non innovante) à 1 (innovante)] accroît la productivité du travail de l'entreprise de 128%.

Pour affiner encore l'analyse, nous avons estimé une deuxième variante qui intègre les quatre combinaisons possibles d'innovation prédites dans la deuxième étape de notre modèle. Les résultats d'estimation (colonne 2, tableau 18) confirment les conclusions précédentes. L'innovation de produit apparaît comme le principal déterminant de la productivité. Une augmentation de 1% (+0,01) de la propension d'innover uniquement en produit [P(1,0)] augmente la productivité du travail de 1,32%. Le fait d'augmenter de 1% la propension d'introduire conjointement l'innovation de produit et de procédé [P(1,1)] augmente bien la productivité, mais dans une proportion moins importante que le fait d'innover uniquement en produit, soit 0,79%. Une lecture plus simple de ces chiffres pourrait nous conduire à conclure que le fait d'introduire au moins une innovation de produit ou les deux formes conjointement [c'est-à-dire une augmentation de 100 points de

pourcentage, la variable passe de 0 (non innovante) à 1 (innovante)] augmente la productivité du travail de 132% et 79%, respectivement. Les écarts sont, toutefois, beaucoup moins importants, si l'on tient compte des différences de moyennes des proportions des variables et de leur écarts-types (voir tableau 21)⁶. L'augmentation de 1 écart-type accroît de $1,324 \times 0,197 = 26,1\%$ pour P(1,0) et $0,793 \times 0,259 = 20,5\%$ pour P(1,1).

Tableau 18. Impact de l'innovation sur la productivité du travail (régression linéaire)

	Ln (CA/L)	Ln (CA/L)
Innovation de produit (au moins)	1,282***	
Innovation de procédé (au moins)	-0,478	
Ni innovation de produit ni innovation de procédé [P(0,0)]		référence
Innovation de produit + Innovation de procédé [P(1,1)]		0,793**
Innovation de produit seulement [P(1,0)]		1,324***
Innovation de procédé seulement [(P0,1)]		-0,327
Changement organisationnel	-0,234***	-
Changement organisationnel*Capital humain	0,005***	0,235***
Intensité du capital	0,586***	0,586***
Taille (effectif total)	0,054	0,054
Export	-0,003*	-0,003*
R-squared	0,64	0,64

Note : *** significatif à 1%, ** significatif à 5%, * significatif à 10 ;

- Les statistiques sont ajustées pour l'hétéroscédasticité en utilisant la méthode de Huber-White.

Les deux spécifications incluent les variables indicatrices relatives au secteur d'activité et à la région d'implantation de l'entreprise.

Le fait d'introduire uniquement des innovations de procédé [P(0,1)] a un impact négatif et non significatif, ce qui peut expliquer l'importance de l'effet du P(1,0) par rapport à P(1,1). Il est important ici de rappeler que des travaux antérieurs, dans les pays industrialisés,

⁶ Il est souvent difficile de dire laquelle des variables X est la plus importante pour déterminer la valeur de la variable dépendante, car la valeur des coefficients de régression dépend du choix des unités pour mesurer X. L'interprétation à l'aide des écarts-types (ou coefficients standardisés) rend possible la comparaison des effets des variables explicatives aux unités de mesure différentes sur la variable dépendante. Par conséquent, les coefficients standardisés vous indiquent comment les augmentations des variables indépendantes affectent la position relative au sein du groupe. Vous pouvez déterminer si un changement de 1 écart-type dans une variable indépendante produit plus d'un changement de position relative qu'un changement de 1 écart-type dans une autre variable indépendante.

étudiant l'impact des innovations de procédé sur la productivité ont abouti à des résultats controversés : impact positif et significatif (Polder et al., 2009, Mairesse et Robin, 2011, Martin et Nguyen-Thi, 2015), impact négatif et significatif (van Leeuwen et Klomp, 2006), et absence d'impact significatif (Griffith et al., 2006). De même, Crespi et al. (2016) et Grazzi et Jung (2016), pour le cas des pays de l'Amérique Latine, ont trouvé une relation non significative entre l'innovation de procédé et la productivité. Quatre raisons sont ainsi avancées pour expliquer les résultats négatifs ou non significatifs des innovations de procédé. La première est qu'il faut peut-être davantage de temps pour que des effets positifs se manifestent sur la productivité (Polder et al. 2009, Grazzi et Jung, 2016). La deuxième a trait à l'insuffisance d'investissement dans le changement organisationnel complémentaire aux innovations de procédé (Polder et al. 2009, Mohnen et Hall, 2013). La troisième renvoie au fait qu'il est possible qu'une partie de l'effet d'innovation est capturé par l'investissement en TIC, incorporé dans l'intensité du capital (Grazzi et Jung, 2016). Enfin, des problèmes de mesure donnent une explication possible à l'absence d'effet significatif des innovations de procédé (Mohnen et Hall, 2013).

Les TIC, le changement organisationnel et le capital humain, outre leurs effets indirects (à travers l'innovation), semblent avoir des effets directs sur la productivité du travail. Ainsi, conformément à la théorie de la complémentarité, les entreprises qui investissent conjointement dans le capital humain et le changement organisationnel sont plus nombreuses à augmenter leur productivité. Au contraire, les entreprises qui se réorganisent sans investir dans le capital humain enregistrent une baisse de productivité. De même, investir dans le capital humain sans changement organisationnel n'a plus d'effet sur la productivité (la variable est retirée du modèle pour mieux estimer l'effet d'interaction).

L'intensité du capital a aussi un effet positif sur la productivité. L'augmentation de 1% dans l'intensité du capital accroît la productivité du travail de 0,586%. Autrement dit, l'augmentation de l'intensité du capital de 1 écart-type engendre une hausse de la productivité de 83%. Cet effet important par rapport aux effets des variables d'innovation (26% pour $P(1,0)$ et 20,5% pour $P(1,1)$) pourrait s'expliquer par l'effet attribué au capital TIC qui fait partie du capital total considéré.

L'intensité d'exportation influence négativement la productivité du travail. Une augmentation de 1 écart-type dans la part d'exportation diminue la productivité de 15%. Cela peut être expliqué par le fait que plus l'entreprise est ouverte sur l'extérieur (68% des entreprises interrogées sont exportatrices dont 74% appartiennent au régime offshore) plus elle s'expose à la concurrence internationale et aux fluctuations de la demande extérieure. Enfin, la taille de l'entreprise ne semble pas être un déterminant critique de la productivité du travail.

➤ **Productivité globale des facteurs : impact des IECI**

Après avoir estimé l'impact des investissements dans l'économie de la connaissance et de l'innovation (IECI) sur la productivité du travail, il est question de s'interroger sur la contribution de ceux-ci à la productivité globale des facteurs (PGF)⁷. La contribution de chaque variable à la PGF est égale à son coefficient estimé multiplié par sa valeur moyenne (tableau 19).

Comme nous montre le tableau (19), la contribution totale de l'innovation technologique à la PGF est de l'ordre de 9%. Cette contribution vient beaucoup plus de l'innovation uniquement en produit (6%) que de la combinaison des deux formes d'innovation (3,6%). Si on ajoute encore l'effet direct du capital humain et du changement organisationnel, on trouve un effet global des IECI de 7%. Cette diminution par rapport à la contribution de l'innovation technologique s'explique par la contribution négative du changement organisationnel à la PGF (-4,4%) pour le cas des entreprises qui n'ont pas accompagné ce changement avec des investissements élevés dans le capital humain.

Tableau 19. Contribution de l'investissement dans l'économie de la connaissance et de l'innovation (IECI) à la productivité

					Moyenne			
1. Productivité		(2)+(3)+(4)			10,559			
	(A)	(B)			(A)*(B)			
	Coef.	Moy.	Std.dev.			Contribution	Std.dev.	
								% de (1)
2. Intensité du capital	0,586	7,710	1,416			4,515	0,829	43%
3. Effectif total	0,054	4,148	1,159			0,225	0,063	2%
4. PGF				(5)+(12)		5,819	0,636	% de (4) 55%
5. IECI				(6)+(10)+(11)		0,402	0,485	6,9%
6. Innovations technologiques				(7)+(8)+(9)		0,529	0,332	9,1%
7. P(1,1)	0,793	0,263	0,259			0,209	0,205	3,6%
8. P(1,0)	1,324	0,261	0,197			0,345	0,260	5,9%
9. P(0,1)	-0,327	0,076	0,078			-0,025	0,026	-0,4%
10. IO	-0,235	1,084	1,181			-0,255	0,278	-4,4%
11. IO*KH	0,006	22,935	39,058			0,128	0,218	2,2%
12. Référence (constante, export, secteur et région)						5,417	0,411	93,1%

⁷ La productivité globale des facteurs (PGF) est l'accroissement relatif de richesse (la "croissance") autre que celui lié à l'usage des facteurs de production, que sont le capital et le travail : progrès technique, modification de la structure de production, organisation de la production, effets climatiques pour la production agricole, etc. Néanmoins, le progrès technique constitue la principale explication d'une amélioration de la PGF et donc de l'efficacité de la combinaison productive du travail et du capital.

Les résultats des estimations nous permettent, également, de mesurer la contribution des facteurs de production (capital et travail) et la PGF à la productivité du travail. Ils montrent que 55% de la productivité du travail résulte de la productivité globale des facteurs. L'intensité du capital contribue, quant à elle, de 43% contre 2% seulement pour le facteur travail. Il est important ici de signaler que la contribution de l'IECI à la productivité du travail ne se limite pas à sa contribution à la PGF, mais il apparaît que l'effet le plus important est transmis directement à travers le capital-TIC incorporé dans le capital global (*deepening effect*).

V. IMPLICATIONS POUR LES ACTEURS DE DEVELOPPEMENT

Le présent travail a des répercussions importantes sur la prise de décision, tant pour les décideurs du secteur public que ceux du secteur privé. Pour que les entreprises tunisiennes bénéficient pleinement des opportunités offertes par l'économie de la connaissance et de l'innovation, il est impératif aujourd'hui, que le degré d'inventivité passera d'une simple amélioration ou introduction des produits et procédés existants à la production des produits et procédés nouveaux, tant pour le marché tunisien que pour le marché international. Cette nouvelle orientation implique, bien évidemment, que les entreprises tunisiennes quittent le modèle d'innovation actuel basé sur l'exploitation des ressources internes, par nature rares et insuffisantes, et les interactions limitées aux acteurs du marché (clients et fournisseurs) à un nouveau modèle d'innovation en faisant appel à des ressources de connaissance tant internes qu'externes.

Pour réussir cette transition, une **dizaine de recommandations** s'adressent aux acteurs concernés (Tableau 20) :

Tableau 20. Recommandations pour une économie innovante	
1. Mettre en œuvre une politique d'accompagnement de proximité aux profits des entreprises pour promouvoir leur transition vers l'économie de la connaissance :	
	L'Etat a beaucoup compté sur les politiques de subvention dans le cadre du programme de mise à niveau et d'autres programmes de modernisation pour encourager les entreprises à investir dans les quatre piliers de l'économie de la connaissance (R-D, TIC, changement organisationnel et capital humain). Ces politiques ignorent généralement les spécificités structurelles des entreprises et supposent que toutes les entreprises ont les mêmes capacités à investir dans l'économie de la connaissance et à rentabiliser leur investissement, surtout pour le cas des TIC. Toutefois, ce travail montre que le niveau d'investissement dans les différents piliers est insuffisant et surtout inégalement réparti entre les entreprises, une telle inégalité ne pouvant qu'entraver le processus de transition

Tableau 20. Recommandations pour une économie innovante

de l'économie tunisienne vers l'économie de la connaissance et de l'innovation. Il montre aussi que les entreprises ont du mal à rentabiliser pleinement leurs investissements. Donc, pour encourager les entreprises à investir davantage dans les différents piliers de l'économie de la connaissance et à transformer plus efficacement ces investissements en termes de performances (innovation et productivité), l'Etat est appelé à compléter ses politiques de subvention par une politique d'accompagnement. Celle-ci, aura pour mission d'accompagner les entreprises, surtout les PME, dans la conception et l'implantation d'une stratégie TIC, infrastructure clé de l'économie de la connaissance, alignée à leur stratégie d'innovation. Cet accompagnement permet à l'entreprise de choisir le triptyque - TIC, pratiques organisationnelles innovantes et compétences – qui pourraient répondre aux mieux à ses besoins effectifs et améliorer ses performances, conformément à la théorie de la complémentarité.

2. Revoir le système d'allocation du capital afin de surmonter les obstacles d'ordre financiers :

Des obstacles comme l'insuffisance des moyens financiers internes et les difficultés d'accès aux crédits et aux subventions pourraient entraver non seulement l'entrée, mais aussi le positionnement des entreprises tunisiennes dans l'économie de la connaissance et de l'innovation.

3. Réhabiliter les systèmes d'éducation et de formation professionnelle :

L'objectif est de surmonter les manques de compétences qui font obstacles aux entreprises à innover et de répondre, plus généralement, aux besoins actuels et potentiels en compétences clés indispensables à la transition vers l'économie de la connaissance.

4. L'immigration des compétences tunisiennes constitue un autre défi que les autorités publiques et les acteurs de développement doivent relever pour faire face au manque des compétences mentionnées par les entreprises :

Les autorités publiques et les acteurs de développement (surtout au niveau régional) sont appelés à renforcer la politique de production de compétences clés par une politique orientée en direction des talents, des réseaux sociaux et des communautés de pratique. Les autorités locales devront favoriser la formation, le développement et le maintien de relations sociales directes au sein de la région et en dehors de la région, et ce dans une quadruple logique :

- a. primo, de manière à favoriser la création et la diffusion des connaissances en combinant l'endogène et l'exogène;
- b. secundo, de manière à maintenir les talents et d'attirer potentiellement

Tableau 20. Recommandations pour une économie innovante

- c. tertio, de manière à créer des relations qui perdurent lorsque le talent s'en va;
- d. quarto, de manière à inciter les talents émigrés à l'étranger de revenir et de continuer à maintenir leur réseau professionnel d'une manière à connecter la nouvelle destination.

5. Promouvoir les activités de R&D dans tous les secteurs d'activité afin d'accroître les capacités d'absorption des entreprises et le degré d'innovativité de leurs produits :

Pour cela les mesures ci-dessous nous semblent d'une importance incontestable :

- a) inciter les entreprises ayant des activités de R&D occasionnelles (la moitié des entreprises faisant de la R&D) à maintenir ces activités d'une manière permanente.
- b) revisiter les mesures d'incitation à la R&D d'une manière à faciliter l'accès des entreprises aux subventions accordées à la R&D (11% seulement des entreprises faisant de la R&D ont profité de ces mesures d'incitation).
- c) quitter le système de recherche publique actuel focalisé sur la recherche fondamentale pure, sans intention pratique à priori, vers un système de recherche appliquée orienté vers la résolution des problèmes pratiques. Un tel système permet aux entreprises de nouer des contrats/ projets de R&D avec les universités et les laboratoires de recherche et par conséquent de renforcer les liens entre le secteur privé et le monde scientifique, maillon faible dans le système national d'innovation tunisien (13% seulement des entreprises innovatrices s'interagissent avec des laboratoires de recherche et 8% avec les universités).
- d) revoir la politique de promotion des investissements directs étrangers d'une manière à attirer et surtout ancrer les grandes enseignes internationales et les activités à haute valeur ajoutée, plus particulièrement dans le domaine de R&D qui ne cesse aujourd'hui de se globaliser. A cet égard, le grand marché africain (Zone de libre-échange continentale, ZLEC) en cours de construction constitue une opportunité pour la Tunisie d'attirer ces activités à haute intensité technologique en faisant jouer ses avantages comparatifs par rapport aux pays concurrents en matière de ressources spécifiques (essentiellement les compétences, la démocratie et la liberté d'expression), déterminants clés de la

Tableau 20. Recommandations pour une économie innovante

	<p>localisation des d'activités High-tech. Les ressources génériques (essentiellement les infrastructures de toute sorte, le paysage urbain des villes et toutes les commodités d'une vie moderne) restent toutefois d'une grande importance pour renforcer l'attraction du pays.</p>
<p>6. Développer un système de propriété intellectuelle efficace d'une manière à encourager l'innovation, à promouvoir l'investissement dans la science et la technologie et à mettre la technologie au service du public :</p>	
	<p>A cet égard, on peut avancer plusieurs recommandations :</p> <ul style="list-style-type: none">a. développement des « <i>open sources commons</i> », en particulier dans les connaissances liées aux innovations émergentes, ainsi qu'un cadre juridique pour les soutenir ;b. une utilisation plus étendue des modèles d'utilité (petits brevets) essentiellement pour les producteurs nationaux ;c. une plus grande utilisation des prix et des subventions pour récompenser les innovateurs comme alternative aux brevets;d. exclusion de l'admissibilité aux brevets toutes les revendications sur la vie humaine ou les processus vitaux ;e. octroi de brevets plus restrictifs;f. garantir l'accès des consommateurs aux produits finaux à des conditions raisonnables.
<p>7. Réduire les incertitudes associées au processus d'innovation :</p>	
	<p>Cela implique la création des institutions capables de déterminer les comportements et d'accroître leur prévisibilité et de permettre aux individus de se coordonner, d'interagir et de résoudre des problèmes en commun.</p>
<p>8. Renforcer l'interaction entre l'entreprise et son milieu extérieur afin de surmonter le manque des ressources internes des entreprises et de réduire les risques liés à l'activité d'innovation :</p>	
	<p>Il s'agit ici de garder les options ouvertes en maintenant un large éventail d'intérêts en matière d'innovation grâce à de multiples relations, par le biais d'activités telles que : interaction utilisateur-producteur, accords de R&D formels, fonctions d'association professionnelle, consultations avec les régulateurs/organismes de formation/financiers, accords de production, licences, joint-ventures, sous-traitance et participation à des conférences/ateliers / forums.</p>
<p>9. Suivre les liens entre l'industrie, le gouvernement et les universités dans le développement des innovations :</p>	

Tableau 20. Recommandations pour une économie innovante

Il s'agit d'identifier les principaux canaux de circulation des connaissances, à évaluer les goulots d'étranglement et à suggérer des approches permettant d'améliorer l'efficacité de la diffusion des connaissances. Quatre types de flux de connaissances sont mis en évidence : la *collaboration entre entreprises*, la *collaboration entre le secteur privé et le secteur public*, la *diffusion de l'innovation* et la *mobilité du personnel*. Pour collecter des données sur les flux de connaissances, **il est indispensable de mener des enquêtes périodiques** auprès des entreprises moyennant l'utilisation des questionnaires et d'entretiens personnels.

10. Développer un dispositif d'intelligence économique au service de la région :

Les acteurs de développement (publics et privés) régionaux devraient développer un dispositif d'intelligence économique afin d'alimenter les différents acteurs locaux par les informations et les connaissances nécessaires à leur développement telles que : les nouveautés dans les technologies, les brevets, les marchés, les concurrents, les règlements, les aides, les moyens de financement, les appels d'offre, les nouvelles méthodes de gestion, les compétences, etc.

VI. CONCLUSION

Ce travail examinait les niveaux d'investissement dans l'économie de la connaissance, réalisés par les entreprises manufacturières tunisiennes, ainsi que leur impact sur l'innovation technologique (innovation de produit et innovation de procédé) et la productivité. Les données mobilisées dans ce travail sont issues de la 8^{ème} enquête de mise à niveau 2016.

Dans une première partie, on a présenté un état des lieux des investissements réalisés dans les différents piliers de l'économie de la connaissance : **R&D, TIC, capital humain et changement organisationnel**. Dans ce contexte, des analyses descriptives bivariées ont été menées, afin de déterminer les liens d'association possibles entre ces différents piliers et les performances innovatrices (innovation de produit et/ ou de procédé). Les résultats tirés de cette première analyse montrent une association positive entre les performances innovatrices et les investissements réalisés dans l'économie de la connaissance. Les entreprises innovantes sont plus nombreuses que leurs homologues non innovantes à investir dans la R&D, les TIC, le capital humain et le changement organisationnel. Des liens d'association sont aussi révélés entre les caractéristiques structurelles et géographiques des entreprises et les performances innovatrices. Ainsi, les entreprises de grande taille, les entreprises partiellement exportatrices, les entreprises appartenant au secteur agroalimentaire, les entreprises les plus âgées, les entreprises appartenant à la région du Grand Tunis sont plus nombreuses à avoir introduit des innovations de produit et/ou de procédé.

Dans une deuxième partie, on a déterminé si les investissements dans l'économie de la connaissance en tant qu'inputs pour l'innovation ont renforcé les capacités innovatrices des entreprises et si les outputs d'innovation, conditionnels à ces investissements, ont à leur tour accru les niveaux de productivité du travail et de la PGF (productivité globale des facteurs). Pour cela, nous avons estimé un modèle économétrique de type CDM à équations multiples en utilisant une procédure séquentielle, en trois étapes, fondée sur le maximum de vraisemblance. Le modèle estimé consiste en un système de cinq équations. Les deux premières modélisent la probabilité de s'engager dans des activités de R&D et l'intensité de cet effort de R&D. Les deux suivantes modélisent les liens entre la fonction de production de connaissances et les quatre piliers de l'économie de la connaissance en distinguant entre innovation de produit et innovation de procédé, ainsi que les différentes combinaisons possibles de ces deux formes d'innovation. La dernière équation estime l'impact de chaque forme ou combinaison d'innovation sur la productivité du travail. Cette dernière équation nous a permis aussi de mesurer la contribution des investissements dans l'économie de la

connaissance et de l'innovation dans la productivité globale des facteurs (PGF), ainsi que la contribution de cette dernière à la productivité du travail.

Les résultats de la première étape du modèle montrent que la probabilité de s'engager dans des activités de R&D est positivement et significativement associée à la taille de l'entreprise, l'appartenance à un groupe, la formation du personnel et la coopération avec les acteurs institutionnels (laboratoires de recherche, universités, consultants). En revanche, l'engagement dans la R-D semble être entravé par la qualité du cadre institutionnel tel que perçu par les entreprises interrogées. Le manque de ressources financières, le manque de compétences, les difficultés à former des partenariats, l'incertitude sur la demande et la concurrence constituent tous des obstacles aux entreprises à s'engager dans des activités de R&D. En ce qui concerne l'intensité d'investissement dans la R&D, elle semble être associée positivement à l'investissement dans le capital humain (formation du personnel) et le changement organisationnel. Toutefois, elle apparaît comme négativement liée à l'âge de l'entreprise, l'investissement dans les TIC et la coopération avec les acteurs du marché (clients et fournisseurs).

La deuxième étape de notre modèle examine les impacts de la R&D, des TIC, du capital humain et du changement organisationnel sur les différentes mesures des performances innovatrices des entreprises (innovation de produit et /ou de procédé). Les résultats des estimations montrent que les investissements dans la R&D, les TIC et le changement organisationnel accroissent significativement la probabilité que l'entreprise soit innovante. En revanche, le taux d'encadrement apparaît comme négativement lié à la performance innovatrice. Cet effet négatif peut être expliqué par une affectation des diplômés dans des tâches administratives plutôt que dans des activités liées à la production et à l'innovation. Il peut être aussi expliqué par l'insuffisance des investissements complémentaires dans les TIC et le changement organisationnel. En effet, l'estimation des effets de complémentarité entre les TIC, le capital humain et le changement organisationnel ont établi l'existence d'une relation de complémentarité entre le changement organisationnel et le capital humain. L'investissement conjoint dans ces deux piliers accroît les performances innovatrices des entreprises. Toutefois, les investissements conjoints dans le capital humain et les TIC ou ceux dans les TIC et le changement organisationnel semblent avoir un impact négatif sur la probabilité d'introduire des innovations de produit et/ou de procédé. Il en résulte, contrairement à la théorie de la complémentarité, que les entreprises qui ont investi conjointement dans les TIC, le changement organisationnel et le capital humain ont tiré des profits inférieurs à ce qu'elles auraient dû avoir si elles avaient investi dans un seul pilier.

Ce résultat peut être expliqué par les difficultés structurelles des petites et moyennes entreprises (86% des entreprises interrogées) à gérer la complexité de multiples co-

innovations (TIC, changement organisationnel et capital humain). Il peut également être expliqué par le timing du processus d'innovation multidimensionnel. La capacité d'absorption limitée et l'inertie organisationnelle ainsi que le processus d'apprentissage appellent une stratégie d'innovation incrémentale et progressive dans tous les piliers plutôt que simultanée. Enfin, si l'innovation consiste en une amélioration des produits existants ou à l'introduction des produits nouveaux, juste pour la firme et non pour le marché (national et/ou mondial), ce qui est généralement le cas dans la plupart des pays en développement y compris la Tunisie, les investissements conjoints dans tous les piliers de l'économie de la connaissance pourraient ne pas être nécessaires.

Par ailleurs d'autres facteurs d'ordre structurel, comportemental et institutionnel apparaissent comme déterminants dans le processus d'innovation. Ainsi, nos estimations montrent que, contrairement à la taille, l'âge de l'entreprise, l'intensité d'exportation et l'appartenance à un groupe sont tous des déterminants clés dans le processus d'innovation. De même, l'adoption d'une stratégie de domination par le coût ou une stratégie de diversification accroissent la probabilité que l'entreprise soit innovante.

La coopération avec les acteurs du marché (clients et fournisseurs) a également un impact positif sur la probabilité d'introduire des innovations de produit et/ ou de procédé. Au contraire, la coopération avec les acteurs institutionnels (laboratoire de recherche, université et consultant) ne semble pas être déterminante dans le processus d'innovation. Une explication possible est que l'innovation introduite par les entreprises n'est pas « *science-based* ».

Enfin, nos résultats montrent que le cadre institutionnel pèse lourdement sur les capacités des entreprises à introduire des innovations technologiques. En, effet le manque de ressources financières, le manque de compétences, les difficultés à former des partenariats, l'incertitude sur la demande et la concurrence sont tous des obstacles qui pourraient être rédhibitoires tant pour les entreprises non innovantes que pour leurs homologues innovantes à accroître leurs capacités innovatrices.

Dans la troisième étape du modèle, nous avons mesuré l'impact de l'innovation technologique, conditionnel à l'investissement dans l'économie de la connaissance, sur la productivité du travail, ainsi que sur la productivité globale des facteurs (PGF). Nos résultats montrent que l'innovation de produit représente le déterminant principal de la productivité du travail. Au contraire, l'innovation de procédé est liée négativement, mais d'une manière non significative à la productivité.

Il en résulte que les entreprises introduisant conjointement les deux formes d'innovation ont connu un accroissement dans la productivité du travail inférieur à celles qui ont introduit uniquement des innovations de produit.

Les résultats négatifs ou non significatifs des innovations de procédé peuvent être expliqués par le fait qu'il est encore tôt pour que des effets positifs se manifestent sur la productivité. Ils peuvent aussi être expliqués par l'insuffisance des investissements dans le changement organisationnel complémentaire aux innovations de procédé. Une autre raison possible réside dans le fait qu'une partie des impacts de l'innovation de procédé est capturée par l'investissement en TIC, incorporé dans l'intensité du capital. Enfin, les problèmes de mesure donnent une explication possible à l'absence d'effet significatif des innovations de procédé.

Les TIC, le changement organisationnel et le capital humain, en plus de leur effet indirect à travers l'innovation, ont aussi un effet direct positif et significatif sur l'amélioration de la productivité du travail. Le changement organisationnel n'a, toutefois, d'impact positif et significatif que s'il est combiné à l'investissement dans le capital humain, autrement son impact serait négatif. En ce qui concerne les deux facteurs de production classiques (capital et travail), on trouve que seule l'intensité du capital apparaît comme un facteur déterminant de la productivité du travail. Nos résultats montrent aussi que les entreprises très ouvertes sur le marché extérieur (particulièrement les entreprises offshore) ont connu une diminution dans leur productivité du travail, du fait peut-être de la forte concurrence internationale et des fluctuations de la demande extérieure.

La contribution de l'innovation technologique à la PGF représente 9%. Si on y ajoute encore l'effet direct du capital humain et du changement organisationnel, on trouve l'effet global des investissements dans l'économie de la connaissance et de l'innovation (IECI), soit 7%. Cette diminution par rapport à la contribution de l'innovation technologique s'explique par la contribution négative du changement organisationnel à la PGF (-4,4%) dans les entreprises qui n'ont pas investi suffisamment en capital humain.

Les résultats nous ont permis aussi de déduire la contribution des facteurs de production et de la PGF à la productivité du travail. Ainsi, 55% de la productivité du travail résulte de la productivité globale des facteurs, 43% de l'intensité du capital et 2% seulement du facteur travail.

Il est important ici de signaler que la contribution de l'IECI à la productivité du travail ne se limite pas à sa contribution à la PGF, mais il apparaît que l'effet le plus important est transmis directement à travers le capital-TIC incorporé dans le capital global (deepening effect).

Globalement, on peut dire que les entreprises tunisiennes bien qu'elles aient bénéficié, en partie, de leurs investissements en économie de la connaissance et de l'innovation, les bienfaits qu'elles auraient pu tirer de ceux-ci seraient, toutefois, plus importants si le modèle d'innovation était autre que le modèle actuel.

En effet, pour rentabiliser pleinement les investissements en économie de la connaissance et de l'innovation, les entreprises tunisiennes devraient quitter le modèle actuel basé sur l'imitation des produits à faible valeur ajoutée et la production d'éléments standards (pour des donneurs d'ordre internationaux) vers un modèle de développement de nouveaux produits tant pour le marché national qu'international portant leurs propres marques.

A cet égard, de nombreuses suggestions ont été proposées pour aider les acteurs de développement à réussir cette transition. Elles concernent essentiellement : l'accompagnement des entreprises dans leur transition vers l'économie de la connaissance ; le développement des systèmes d'éducation, de R&D, d'allocation du capital et de la propriété intellectuelle ; le renouvellement des institutions ; l'encouragement du travail coopératif ; l'attractivité des investissements directs étrangers à haute valeur ajoutée ; l'attractivité et le maintien des talents, le développement de dispositifs d'intelligence économique, etc.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abramovitz M. (1986). Catching-up forging ahead and falling behind. *Journal of Economic History*, (46), 385-406.
- Amable, B., & Askenazy, P. (2005). Introduction à l'économie de la connaissance, contribution pour le rapport Construire des sociétés du savoir. Paris: UNESCO.
- Amit, R., & Schoemaker, P. (1993). Strategic assets and organizational rent. *Strategic Management Journal*, 14(1), 33–46.
- Archibugi D., Pietrobellig C. (2003), The globalization of technology and its implications for developing countries, windows of opportunity or further burden. *Technological Forecasting et Social Change*, 70, 861-883.
- Arendt L., Grabowski W. (2017). Innovations, ICT and ICT -driven labour productivity in Poland. *Economics of transition*, 25(4), 723-758.
- Arow, K. (1962). The economic implications of learning by doing. *Review of Economic Studies*, 29(3), 155–173.
- Askenazy P., Gianella C. (2000). Le paradoxe de la productivité : les changements organisationnels, facteur complémentaire à l'informatisation. *Economie et Statistique*, 339-340, 219-241.
- Balconi, M. (2004). De la codification de la connaissance technologique et de l'automation informatisée, impact sur le travail et les entreprises industrielles. In A. Sassu & A. Sid Ahmed (Eds.), *Technologies de l'information et développement économique local*, 87–107. Paris: Publisud éditions.
- Banque mondiale (2007). Korea as a knowledge-based economy: evolutionary process and lessons learned, Washington.
- Battisti, G., Canepa, A., Stoneman, P. (2009), E-business usage across and within firms in the uk: profitability, externalities and policy. *Research Policy*, 38(1), 133-143.
- Becker, G. (1964). *Human capital*. New York: National Bureau of Economic Research.
- Bell, D. (1973). *The coming of post-industrial society*. New York: Basic Books.
- Ben Khalifa, A. (2013). *Territoire, PED et économie de la connaissance basée sur les TIC et les PME: Analyse comparative de deux régions tunisiennes, Grand Tunis et Sfax*. Thèse De Doctorat, Faculté Des Sciences Economiques et de Gestion de Tunis, Tunisie.
- Biagi, F., Parisi, M. L. (2012). Are ICT, human capital and organizational capital complementary in production? Evidence from Italian panel data. Report EUR 25542 EN European commission, Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- Black, S. E., Lynch, L. M. (2001). How to compete: the impact of workplace practices and information technology on productivity. *Review of Economics and Statistics*, 83(3), 434–445.
- Bresnahan, T., Brynjolfsson, E., Hitt, L. (2002). Information technology, workplace organization and the demand for skilled labor: firm-level evidence. *Quarterly Journal of Economics*, 117(1), 339–376.
- Brynjolfsson, E., Mendelson, H. (1993). Information systems and the organization of modern enterprise. *Journal of Organizational Computing*, 3(3), 245–255.
- Cimoli M., Dosi G., Maskus K. Okeddiji R., Stiglitz J. (2014). *Intellectual property rights*, Oxford University Press.
- Commission européenne (2014). National/regional innovation strategies for smart specialisation (RIS3). *Cohesion Policy*, 2014–2020.

- Cornford J., Richardson R., Sokol M., Marques, P. Gillespie A. (2006). Transformation of regional societies through ICTs, state (s) of the art (s), a Discussion Document n° 022780.
- Cowan R., Foray D. (1998). Economie de la codification et de la diffusion des connaissances. Petit P. (eds), *Economie de l'information, les enseignements des théories économiques*, Editions La découverte, p. 301-329.
- Crepon, B., Duguet, E. and Mairesse, J. (1998). Research, innovation and productivity: An econometric analysis at the firm level. *Economics of Innovation and New Technology*, 7(2), 115–158.
- Crespi G., Tacsir E., Vargas F. (2016). Innovation dynamics and productivity: evidence for Latin America, in Grazzi M., Pietrobelli C., *Firm innovation and productivity in Latin America and the Caribbean*. 37-71.
- David P.A., Foray D. (1995). Dépendance du sentier et innovation. Un rapide tour d'horizon. *Revue de l'Economie Industrielle*, n° spécial, 27-52.
- Drucker, P. (1969). *The age of discontinuity; guidelines to our changing society*. New York: Harper and Row.
- Fok L., Fok W., Hartman S. (2001). Exploring the relationship between total quality management and information systems development. *Information and Management* (38), 6, 355-371.
- Freeman C., Louca F. (2001). *As time goes by, from the industrial revolutions to the information revolution*. Oxford University Press, Oxford.
- Giuri, P., Torrisi, S., Zinovyeva, N. (2008). ICT, skills, and organizational change: evidence from Italian manufacturing firms. *Industrial and Corporate Change*, 17(1), 29–64.
- Grazzi M., e Jung J. (2016). Information and communication technologies, innovation, and productivity: evidence from firms in Latin America and the Caribbean, in Grazzi M., Pietrobelli C., *Firm innovation and productivity in Latin America and the Caribbean*, 72-135.
- Griffith, R., Huergo, E., Mairesse, J., Peters, B. (2006). Innovation and productivity across four European countries. *Oxford Review of Economic Policy*, 22(4), 483–498.
- Gu,W., Gera, S. (2004). Effet des innovations organisationnelles et des technologies de l'information sur le Rendement de l'entreprise, Série sur l'Economie Canadienne en Transition, Statistique Canada.
- Hall, B. H., Khan, B. (2002). *Adoption of New Technology*. New Economy Handbook.
- Hall, B. H., Lotti, F., Mairesse, J. (2013). Evidence on the impact of R&D and ICT investments on innovation and productivity in Italian firms. *Economics of Innovation and New Technology*, 22(3), 300–328.
- Hegde, D., Shapira, P. (2007). Knowledge, technology trajectories, and innovation in a developing country context: Evidence from a survey of Malaysian firms. *International Journal of Technology Management*, 40(4), 349–370.
- Jefferson, G. H., Huamao, B., Xiaojing, G. and Xiaoyun, Y. (2006). R&D performance in Chinese industry. *Economics of Innovation and New Technology*, 15(4–5), 345 366.
- Karlsson C., Maier G., Trippel M. Siedschilag L., Owen R., Murphy G. (2010). ICT and regional economic dynamics, a literature review, Publication office of the European Union Luxembourg.
- Lal, K. (1999). Determinants of the adoption of information technology: a case study of electrical and electronic goods manufacturing firms in India. *Research Policy*, 28(7), 667-680.
- Machlup, F. (1962). *The production and distribution of knowledge in the United States*. Princeton: Princeton University Press.

- Martin, L., Nguyen-Thi, T. U., (2015). The relationship between innovation and productivity based on R&D and ICT use. *Revue économique*, 66(6), 1105–1130.
- Mickey, J., Greenland, S. (1989). The impact of confounder selection criteria on effect estimation. *American Journal of Epidemiology*, 129(1), 125–137.
- Milgrom, P., & Roberts, J. (1995). Complementarities and fit: strategy, structure, and organizational change in manufacturing. *Journal of Accounting and Economics*, 19(2–3), 179–208.
- Milgrom, P., Roberts, J. (1990). The economics of modern manufacturing: technology, strategy, and organization. *American Economic Review*, 80(3), 511–528.
- Mohnen P., Hall B. H. (2013). Innovation and productivity: An update. *Eurasian Business Review* 3, 1, 47-65.
- OCDE et Banque mondiale. (2000). Korea and the knowledge-based economy: making the transition. World Bank Institute (WBI). Washington, DC: World Bank.
- Pecqueur B., J.B. Zimmermann (2004), *Économie de Proximités*, Paris, Hermès, Lavoisier.
- Perez C (1985). Microelectronics long waves and world structural change, new perspectives for developing countries. *World development*, 13, 441-463.
- Perez C. (1989). Technical change, competitive restructuring and institutional reform in developing countries, World Bank paper n° 4.
- Polder, M., van Leeuwen, G., Mohnen P., Raymond, W. (2010). Product, process and organizational innovation: drivers, complementarity and productivity effects, UNU-MERIT Working Paper n° 2010–035.
- Polder, M., van Leeuwen, G., Monhen, P., Raymond, W. (2009). Productivity effects of innovation modes. Statistics Netherlands Discussion Paper, No. 09033, The Hague/Heerlen: Statistics Netherlands.
- Porat, M. U. (1977). The information economy: definition and measurement. Washington: Office of Telecommunications (DOC).
- Porter M.E (1993). *L'avantage concurrentiel des nations*. InterEditions.
- Rahmouni, M., Ayadi M., Yildizoglu M. (2010). Characteristics of innovating firms in Tunisia: The essential role of external knowledge sources. *Structural Change and Economic Dynamics* 21(3), 181-196.
- Rallet A. (1993). Choix de proximité et processus d'innovation technologique. *Revue d'Economie Régionale et Urbaine*, 3, 365-386.
- Rallet A., Torre A. (1995). *Économie industrielle et économie spatiale*, Paris, Economica.
- Reichstein, T., Salter A., (2006). Investigating the sources of process innovation among UK manufacturing firms. *Industrial and Corporate Change*, 15(4): 653-682.
- Robin S., Mairesse J. (2011). Productivité et innovations de procédé et de produit dans les entreprises industrielles et de services. *Économie & prévision*, (197-198), 21-44.
- Romer, P. M. (1986). Increasing returns and long run growth. *Journal of Political Economy*, 94(5), 1002–1037.
- Romer, P. M. (1990). Endogenous technological change, part II. *Journal of Political Economy*, 98(5), 71–102.
- Rosenberg, N. (1976). *Perspectives on technology*. New York: Cambridge Univ. Press
- Rubin, D.B. (1987). *Multiple imputation for nonresponse in surveys*. John Wiley & Sons Inc., New York.
- Schumpeter, J. A. (1934). *The theory of economic development: an inquiry into profits capital, credit, interest and the business cycle*, Cambridge, MA, Harvard University Press.

- Suire, R. (2005). Cluster et proximité relationnelle: performance des territoires dans une économie de la connaissance." *Canadian Journal of Regional Science*, 28 (3) 557-575
- Torre A. (2006). Clusters et Systèmes d'innovation: retour critique sur les hypothèses naturalistes de transmission des connaissances à l'aide des catégories de l'économie de la proximité. *Région et Développement*, n° 24, 15-44.
- Van Leeuwen, G., L. Klomp. 2006. On the contribution of innovation to multi-factor productivity growth. *Economics of Innovation and New Technologies*, 15(4–5), 367-390.

ANNEXES

Tableau A1. Variables dépendantes et variables explicatives : mesures et définitions*		
Variable	Mesure et définition	
Productivité	Logarithme du chiffre d'affaires par employé, 2014	
Capital	Dépréciation du capital par employé en (log) 2013 comme proxy (utilisée par Polder et al. 2013)	
Innovation de produit	(0/ 1) si l'entreprise a introduit une innovation de produit dans les trois ans précédant l'enquête.	
Innovation de procédé	(0/ 1) si l'entreprise a introduit une innovation de procédé dans les trois ans précédant l'enquête.	
<i>Investissement dans l'économie de la connaissance</i>		
R&D	dépenses en R&D (d'une manière permanente) par employé	
TIC	Prend la valeur 1 à 4 selon que le nombre total des technologies se situe au 1 ^{er} , 2 ^{ème} , 3 ^{ème} ou au 4 ^{ème} quartile	
Capital humain	Taux d'encadrement	Nombre des diplômés/effectif total (en %)
	Formation	(0/1) si l'entreprise offre une formation à son personnel
Le changement organisationnel	Innovation dans les pratiques de l'entreprise	Indice composite au moyen de la méthode d'Analyse en Composante Principale de 7 pratiques organisationnelles (voir graphique 13 section 3)
	Innovation dans le lieu du travail	Indice composite au moyen de la méthode d'Analyse en Composante Principale de 4 pratiques organisationnelles (voir graphique 14 section 3)
	Innovation dans les relations externes	Indice composite au moyen de la méthode d'Analyse en Composante Principale de 4 pratiques organisationnelles (voir graphique 15 section 3)
	Pratiques organisationnelles totales	Prend la valeur 1 à 4 selon que le nombre total des pratiques se situe au 1 ^{er} , 2 ^{ème} , 3 ^{ème} ou au 4 ^{ème} quartile
<i>Caractéristiques structurelles de l'entreprise</i>		
Taille	Logarithme du nombre des employés	
Age	Logarithme de l'âge de l'entreprise (en ans)	
Groupe	(0 /1) si l'entreprise appartient à un groupe	
Export	% des exportations par rapport au chiffre d'affaires	
<i>Sources d'information</i>		
Coopération interne	(0/1) si l'entreprise a coopéré avec un établissement du même groupe	
Coopération avec le marché	(0/1) si l'entreprise a coopéré avec des fournisseurs et/ou des clients	
Coopération avec les institutions	(0/1) si l'entreprise a coopéré avec des consultants/ des laboratoires de recherche et/ou des universités	
<i>Comportement stratégique</i>		
Stratégie de domination par les coûts	(0/1) si l'entreprise adopte une stratégie de domination par les coûts	
Stratégies de diversification	(0/1) si l'entreprise adopte une stratégie de diversification	
<i>Obstacles à l'innovation</i>		
Obstacle d'ordre financier	Moyenne du degré de perception (de 1 à 5) de trois obstacles : manque de moyens financiers internes, manque de crédit ou de capital-investissement, difficultés d'accès aux primes/subventions	
Obstacle d'ordre cognitif	Moyenne du degré de perception (de 1 à 5) de deux obstacles : manque de personnel qualifié, difficulté à nouer des partenariats avec d'autres entreprises et institutions technologiques	
Obstacle d'ordre réglementaire	Moyenne du degré de perception (de 1 à 5) de deux obstacles : Incertitude et solvabilité de la demande, forte compétition sur le marché	
Secteur d'activité	Sept variables binaires correspondants aux 7 secteurs d'activité tels	

Tableau A1. Variables dépendantes et variables explicatives : mesures et définitions*

	que définis par l'Agence de Promotion d'Investissement et d'Innovation (APII) : IAA, Industrie Agroalimentaire ; IMCCV, Industrie de Matériaux de Construction, Céramiques et Verre ; IME, Industrie Mécanique et Electrique ; ICH, Industrie Chimique ; ITH, Industrie de Textile et Habillement ; ICC, Industrie de Cuir et de Chaussures, ID, Industries Diverses
Localisation géographique	Quatre variables binaires correspondants à quatre régions : Grand Tunis (Ariana, Ben Arous, Manouba, Tunis) ; Nord-est (Bizerte, Nabeul, Zaghouan) ; Centre-est (Mahdia, Monastir, Sfax, Sousse), Région intérieure (les autres 13 gouvernorats tunisiens).
* Les variables sont observées sur la période 2013-2016	

Tableau A2. Déterminants de l'innovation (Effets marginaux)

	P1	P2	P11	P10	P01	P00
Investissement dans l'économie de la connaissance						
R&D (prédite)	0,125	0,107	0,099	0,026	0,007	-0,133
TIC	0,175	0,268	0,212	-0,037	0,056	-0,232
KH (taux d'encadrement)	-0,014	-0,001	-0,004	-0,010	0,004	0,010
CO (Changement organisationnel)	0,126	0,028	0,051	0,075	-0,023	-0,102
TIC*KH	-0,001	-0,004	-0,003	0,002	-0,001	0,002
CO*KH	0,004	0,002	0,003	0,002	0,000	-0,004
TIC*CO	-0,069	-0,051	-0,050	-0,019	-0,001	0,070
Sources d'information						
Coopération interne	-0,052	0,015	-0,005	-0,047	0,020	0,033
Coopération avec le marché	0,388	0,286	0,280	0,108	0,005	-0,393
Coopération avec les institutions	0,008	-0,031	-0,017	0,025	-0,014	0,006
Comportement stratégique						
Stratégie de coût	0,224	0,137	0,145	0,079	-0,008	-0,217
Stratégie de diversification	0,357	0,024	0,111	0,246	-0,087	-0,270
Caractéristiques structurelles des entreprises						
(Ln)Taille	-0,019	0,046	0,023	-0,042	0,023	-0,004
(Ln)Age	0,147	0,014	0,048	0,099	-0,035	-0,113
Groupe	0,109	0,095	0,088	0,021	0,007	-0,116
Export	0,002	0,000	0,000	0,001	0,000	-0,001
Obstacles à innover						
Obs. financiers	0,021	0,016	0,015	0,005	0,001	-0,021
Obs. cognitifs	0,062	0,073	0,061	0,001	0,011	-0,073
Obs. réglementaires	-0,064	-0,006	-0,021	-0,043	0,015	0,048
Corrélation entre les termes d'erreurs (rho) .2944809						
Statistiques d'ajustement Log L= -211.67534						
Notes : Toutes les valeurs en gras présentées dans le tableau sont significatives au moins à un niveau de 25% (valeur p <= 0,25) comme il est recommandé par Mickey et Greenland (1989) et Battisti et al. (2009) pour le cas des modèles Probit.						
- Les statistiques sont ajustées pour l'hétéroscédasticité en utilisant la méthode de Huber-White.						
- 7 secteurs d'activités sont aussi inclus dans les estimations.						

 : (+216) 71 802 044
 : (+216) 71 787 034
 : boc@itceq.tn
 : 27, Rue du Liban
1002 - Tunis Belvédère

www.itceq.tn