

PRODUCTIVITE ET INNOVATION DANS L'INDUSTRIE CHIMIQUE MAROCAINE (2002-2013)

Par

Mohamed BENABDELKADER

**Professeur à la FSJES de Rabat, Équipe de Recherche en Analyse des
Données et Informatique Appliquées aux Sciences Sociales, Université
Mohammed V.**

RÉSUMÉ

La productivité globale des facteurs est un des indicateurs de performance du producteur. Dans le cas de l'industrie chimique, l'innovation et la recherche-développement entrent en jeu dans la production et constituent un capital immatériel de l'entreprise à taux de rendement propre. La présente étude vise à tester l'effet de l'innovation sur la productivité de l'industrie chimique sur la période 2002-2013, en raison de son importance et de l'intérêt qui lui est accordé dans le cadre du Plan d'Accélération Industrielle 2014-2020. Le modèle retenu pour l'étude reprend les mêmes phases évoquées par Crépon, Duguet et Mairesse. Les résultats de l'estimation montrent que la recherche-développement est influencée à signes opposés par les forces schumpétériennes de l'innovation, en l'occurrence la taille (sens négatif) et le degré de concentration du marché (sens positif), que le rendement de la recherche-développement induit par l'output de l'innovation est positif bien que la taille influe négativement sur l'innovation, et que le rendement de l'innovation par rapport à la productivité est relativement faible même en contrôlant par les interactions entre l'ouverture et le degré de concentration ainsi que l'interaction entre l'ouverture et l'innovation. Les implications empiriques de l'étude se traduisent en termes économétriques et en termes de pistes de recherches futures.

MOTS CLES

Économétrie des panels, Industrie chimique, Innovation, Maroc, Modèle Crépon-Duguet-Mairesse, Productivité des facteurs.

Codes JEL : C33, C51, L52, L65, O32, O47.

ABSTRACT

The total factor productivity is one of the producer performance indicators. In the chemical industries, innovation and R&D enter as a production factor, and constitute an intangible capital with its own return. The present study aims to test the effect of innovation on the chemical industries productivity during the period of 2002-2013, given its importance and the growing interest on it as part of the Industrial Acceleration Plan 2014-2020. The model adopted in the study follows the same phases mentioned by Crépon, Duguet and Mairesse. The estimation results show that the research-development is influenced in opposed signs by the Schumpeterian forces of innovation, namely the size (negatively) and the market concentration (positively), that the research-development return generated by innovation output is positive although the size affects negatively the innovation, and that the innovation

<http://revues.imist.ma/?journal=REGS>

ISSN: 2458-6250

return with respect to productivity is relatively low although controlled by the interaction terms (openness/concentration and openness/innovation). The study empirical implications feature econometrical implications as well as future paths of research.

KEYWORDS

Chemical industries, Crépon-Duguet-Mairesse model, Innovation, Morocco, Panel data, Total factor productivity

JEL Codes: C33, C51, L52, L65, O32, O47.

INTRODUCTION

La productivité globale des facteurs constitue un indicateur de la performance du producteur puisqu'à travers sa mesure, il se constitue une idée sur la rétribution des facteurs de production qu'il a utilisés, en l'occurrence ce qui revient à la quantité de travail et de capital employés. Le producteur peut, lorsque possible, investir dans l'innovation et la recherche-développement dans l'optique d'accroître le volume de sa production et partant de son profit.

La fonction de production conventionnelle n'inclut que le capital physique et le capital humain, en supposant un progrès technique endogène au sens de Romer (1990). Afin de prendre en compte le capital de connaissances (*knowledge capital*), Griliches a développé une fonction de production étendue (ou augmentée) par l'adjonction de ce stock de capital qui est supposé être expliqué par les flux passés et présents d'accumulation d'idées, ladite accumulation s'opérant au moyen d'innovations (à l'acceptation large du terme).

Dans le cas de l'industrie chimique, l'innovation et la recherche-développement (R&D) entrent en jeu dans la production, et se matérialisent entre autres par de nouveaux procédés de fabrication, de nouvelles molécules découvertes, ou encore de licences et brevets. Il s'agit d'un capital immatériel de l'entreprise qui a également son taux de rendement propre.

La présente étude est une partie constituante d'une étude globale du lien innovation-productivité dans les industries de transformations marocaines sur environ 30 ans (Benabdelkader, 2016). Elle vise à tester l'effet de l'innovation sur la productivité de l'industrie chimique sur les dix dernières années, à savoir entre 2002 et 2013. Cette période contient deux événements de politique industrielle : Le Pacte National pour l'Émergence Industrielle (2009-2015) et le Plan d'Accélération Industrielle (2014-2020).

Le choix de la branche « Industrie chimique » est motivé par sa contribution à la valeur ajoutée et à l'investissement du secteur des industries de transformation au Maroc, et par l'intérêt croissant qui lui est accordée, en particulier via les écosystèmes qui lui ont été dédiés dans le cadre du Plan d'Accélération Industrielle 2014-2020, signés en décembre 2015.

Le modèle à tester reprend les mêmes phases évoquées par Crépon, Duguet et Mairesse (1998, 2000) et permet d'estimer le rendement de la recherche-développement et de l'innovation à travers un panel cylindré de trois activités constituant l'essentiel de la branche d'industrie chimique sur 12 ans, soit 36 observations. La spécification à retenir (effets fixes ou effets aléatoires) dépend du résultat du test de Hausman (1978).

L'étude est organisée en trois axes. Dans un premier axe, les fondements théoriques du lien productivité-innovation seront définis et explicités, et le poids de l'industrie chimique sera évalué ainsi que les actions de politique industrielle le concernant. Ensuite, il sera question de présenter les données de l'étude ainsi que la méthodologie suivie. Dans un dernier temps, il s'agira d'analyser les résultats et de discuter les implications empiriques de l'étude.

1. REVUE DE LITTÉRATURE ET ELEMENTS DE CONTEXTE SUR L'INDUSTRIE CHIMIQUE MAROCAINE

Préalablement au traitement de la partie empirique, il importe de présenter une revue de la littérature et une définition du secteur sur lequel porte la présente étude. Pour ce faire, un premier point fournira le cadre conceptuel pour l'analyse du lien productivité innovation en insistant sur les principaux apports des théoriciens en la matière et un second décrira le secteur de la chimie au Maroc tout en s'attardant sur les mesures de politique industrielle auxquelles il est sujet.

1.1. Un cadre conceptuel pour l'analyse du lien productivité-innovation

Selon Mohnen et Hall (2013), la littérature existante sur l'innovation et son lien avec la performance des entreprises recense plusieurs travaux, sont les principaux sont la fonction de production augmentée de Griliches (1979, 1998)¹ et le modèle de Crépon, Duguet et Mairesse (1998, 2000), connu sous le sigle CDM, développé vers la fin des années 1990.

Selon Mairesse (2003), il existe trois grands axes de la littérature relative à l'économétrie de l'innovation et de la recherche-développement, à savoir :

- L'analyse des déterminants de l'innovation des entreprises ;
- L'étude de la fonction d'innovation ;
- Les travaux d'évaluation des efforts de l'innovation sur la performance de l'entreprise.

Le modèle CDM s'inscrit dans la continuité des 3 grands axes d'investigation de l'économétrie de la recherche-développement et de l'innovation, et comporte 3 équations qui sont spécifiées et estimées simultanément, ce qui constitue le premier apport dudit modèle

- L'équation de la recherche-développement qui lie la recherche-développement à ses déterminants ;
- L'équation de l'innovation qui lie la recherche-développement aux mesures de l'*output* de l'innovation ;
- L'équation de la productivité qui établit le lien entre celle-ci et l'*output* de l'innovation.

Ensuite, CDM utilisent comme mesure de l'innovation les données issues des enquêtes sur l'innovation conduites en Europe, et mettent enfin en œuvre des méthodes économétriques qui visent la réduction des biais de sélectivité et de simultanéité² et la prise en compte de la nature des données disponibles.

En opérationnalisant le modèle qu'ils ont développé,³ ils parviennent aux résultats suivants :

- *La probabilité de s'engager dans une activité de recherche-développement s'accroît avec la taille de l'entreprise, sa part de marché et son degré de diversification, ainsi qu'avec les indicateurs de l'innovation impulsée par le marché et poussée par la technologie ;*
- *L'effort consenti pour la recherche s'accroît avec les mêmes variables sauf pour la taille.*

¹ Voir également Griliches et Mairesse (1984) pour une application sur les cas américain et français.

² Différence entre biais de sélectivité et de simultanéité :

- Selon Heckman (1979), le biais de sélectivité est dû à deux éléments : (1) *l'autosélection provenant des individus ou d'unités d'observations investiguées*, notamment quand il s'agit d'une non-réponse, et (2) *les décisions d'échantillonnage effectuées par les analystes ou les personnes en charge du traitement des données fonctionnant de la même manière ou presque que l'autosélection*, ce qui est à même de nuire à la représentativité de l'échantillon tiré d'une population donnée.
- Le biais de simultanéité, ou d'endogénéité, signifie qu'il y a corrélation entre les variables explicatives et le terme d'erreur.

³ Les auteurs retiennent deux échantillons : un échantillon « complet » de 6 145 entreprises françaises, et un sous-échantillon « innovation » correspondant aux entreprises ayant répondu à l'enquête sur l'innovation conduite entre 1986 et 1990. Cet échantillon constitue près des 2/3 de l'échantillon complet et se chiffre à 4 164 entreprises françaises.

- *Le rendement de l'innovation augmente avec l'effort consenti pour la recherche ainsi qu'avec les indicateurs de l'innovation tirée par le marché et poussée par la technologie ;*
- *La productivité de l'entreprise est positivement corrélée avec un haut rendement de l'innovation, bien qu'en contrôlant l'estimation par la qualification de la main d'œuvre ou encore l'intensité du capital physique.*

Benabdelkader (2016) propose une analyse critique de deux familles de travaux empiriques qui sont de dimension internationale et régionale.

1.2. Analyse de l'industrie chimique marocaine et des actions de politique industrielle y afférentes

L'industrie chimique au Maroc se caractérise par la variété de ses produits ainsi que de ses liens avec les autres activités économiques en amont et en aval, par exemple avec l'agroalimentaire, la santé, le bâtiment et travaux publics, ou encore le textile et cuir.

Selon le MICIEN,⁴ les filiales chimiques de l'OCP tirent le secteur de l'industrie chimique. Ce secteur est également tenu par des entreprises nationales comme la SNEP et Atlas Peintures, ainsi que par des filiales de grands groupes tels que Procter and Gamble Maroc. Concernant l'industrie pharmaceutique, elle est tenue par 65 entreprises dont Cooper Maroc, Maphar, Sanofi Maroc, Sothema et Les Laboratoires Laprophan, et se place à la deuxième position à l'échelle africaine, tout en cumulant un savoir-faire de plus de 50 ans et des certifications aux normes de qualité européennes et américaines.

Les caractéristiques de l'industrie chimique marocaine ainsi que sa composition sont détaillées dans l'annexe 1.

Deux grands moments sont à distinguer dans le développement du secteur de l'industrie chimique marocaine : il s'agit du Pacte National pour l'Émergence Industrielle 2009-2015 (noté Plan Émergence dans la suite du texte) et du Plan d'Accélération Industrielle 2014-2020.

Dans le cadre du Plan Émergence, et lors des Assises de l'Industrie tenues à Tanger en février 2013, deux contrats-programmes ont été paraphés pour les secteurs de l'industrie chimique-parachimique et de l'industrie pharmaceutique pour la période 2013-2023 avec comme objectif de porter la contribution du secteur dans le PIB à 47 milliards de DH en 2023.

Par ailleurs, et dans l'optique d'un renforcement de la contribution dans la création de valeur et d'emplois en particulier dans l'industrie chimique, deux contrats de performance ont été conclus en décembre 2015 entre le MICIEN, le Ministère de l'Économie et des Finances (MEF), et la Fédération de la Chimie-Parachimie avec pour objectif « *d'accompagner le déploiement de 2 écosystèmes structurés à ce jour dans les filières de la chimie verte et de la chimie organique.* »

Les deux écosystèmes contribueront d'ici 2020 à la création d'emplois (plus de 12000 emplois directs), à la création de valeur (chiffre d'affaire additionnel d'environ 15 milliards de DH et valeur ajoutée d'environ 4 milliards de DH), et à la dynamisation de l'export (pour un chiffre d'affaires à l'export additionnel de 9,8 milliards de DH).

Quant à l'industrie pharmaceutique, et en mars 2016, trois contrats de performance ont été signés en présence du MICIEN, du MEF et du Ministère de la Santé en plus de l'Association Marocaine de l'Industrie Pharmaceutique (AMIP). Ces contrats de performance visent, selon

⁴Les informations ont été obtenues depuis le site Web du MICIEN, consulté pour la dernière fois le 30 septembre 2016.

le MICIEN, « à créer entre 4700 et 5000 nouveaux emplois directs à forte valeur ajoutée, à générer une valeur ajoutée et un excédent commercial additionnels respectivement de près de 4,2 et 7,8 Milliards de dirhams et à augmenter le chiffre d'affaires direct du secteur d'environ 11,1 milliards de dirhams. »

2. DONNEES, METHODOLOGIE DE L'ETUDE ET ESTIMATION DU MODELE

Une fois expliqués les fondements théoriques et décrit le secteur de l'industrie chimique ainsi que les mesures y afférentes, il y a lieu d'aborder la partie relative aux données, à la méthodologie et à la conduite de l'estimation du modèle objet de l'étude. Deux éléments constitueront cette partie, à savoir la description du jeu de données de l'étude ainsi que la méthodologie de l'étude et l'estimation du modèle.

2.1. Description du jeu de données de l'étude

Pour les besoins de l'étude, le jeu de données retenu couvre la période 2002-2013 et correspond aux sources suivantes :

- Les résultats de l'enquête annuelle sur les industries de transformation conduite par le Ministère de l'Industrie, du Commerce, de l'Investissement et de l'Économie Numérique (MICIEN) et qui porte sur l'ensemble des entreprises industrielles de transformation employant plus de 10 personnes ainsi que celles employant moins de 10 personnes et réalisant un chiffre d'affaires supérieur ou égal à 100 000 DH ;
- Les statistiques sur les brevets par technologie qui sont diffusées annuellement par l'Office Mondial de la Propriété Intellectuelle, et couvrant la période 2002-2013.

Les éléments demandés dans le cadre de l'enquête concernent entre autres l'emploi, la valeur ajoutée, la production, les exportations et les investissements. Les résultats paraissent sur le site de l'Observatoire Marocain de l'Industrie (<http://www.omi.gov.ma/>) chaque année, et il est à préciser que la régularité des parutions est la suivante : les données de l'année t sont publiés en $t+2$, par exemple les données de 2013 sont publiées en 2015.

La période 2002-2013 a été retenue pour le fait que les données sont complètes et pour éviter dans la mesure du possible les biais issus d'un panel non cylindré. L'estimation a été initialement conduite sur des durées assez longues (1994-2013 par exemple) mais ont généré des statistiques non significatives, d'où le raccourcissement de la durée de l'étude.

Les données nécessaires pour la présente étude suivent l'ordre des équations du modèle et sont ainsi :

- Pour l'équation de la recherche-développement : effectif employé, part de marché moyenne du secteur et degré de diversification du secteur ;
- Pour l'équation de l'innovation : stock de capital de recherche-développement par employé, effectif employé, degré de diversification du secteur ;
- Pour l'équation de la productivité : effectif employé, stock de capital physique par employé, taux d'exportation.

L'annexe 2 décrit les variables retenues et présente le détail des statistiques descriptives y afférentes.

Également, il y a lieu de prendre acte des considérations suivantes :

- Les données relatives aux stocks de capital ainsi qu'à la valeur ajoutée ont été corrigées par les déflateurs de la comptabilité nationale (déflateur de l'investissement et déflateur de la valeur ajoutée industrielle), tout en respectant l'année de base 2007 ;⁵
- Les données relatives aux rapports de deux grandeurs sont en logarithmes, et les pourcentages figurent en décimales (4 décimales significatives retenues).

2.2. Méthodologie de l'étude et estimation du modèle :

Après avoir opéré les transformations nécessaires sur les données, il est important de spécifier les équations du modèle. Comme mentionné au niveau de la revue de littérature, le modèle est spécifié en 3 équations qui seront estimées en panel, et ce pour les 3 sous-branches qui disposent d'observations complètes et dont le poids est important au sein de l'industrie chimique, à savoir l'industrie chimique de base, l'industrie pharmaceutique et la fabrication de savons, de parfums et de produits d'entretien.

En tenant compte du fait que le capital de la recherche-développement est endogène dans les équations de l'innovation, et que l'output de l'innovation est endogène dans l'équation de la productivité, le système d'équations simultanées suivant est spécifié, étant un terme d'erreur, avec $i \in \{241; 244; 245\}$ et $t \in \{2002; 2003 ; \dots ; 2013\}$

$$\begin{cases} k_{it} = X_{1it}b_1 + u_{1it} & [1] \\ n_{it} = \alpha_K k_{it} + X_{2it}b_2 + u_{2it} & [2] \\ q_{it} = \alpha_N n_{it} + X_{3it}b_3 + u_{3it} & [3] \end{cases}$$

Les $X_{j \in \{1,2,3\}, it}$ correspondent aux vecteurs de variables explicatives suivantes :⁶

$$\begin{cases} X_{1it} = (l_{it}, s_{it}, h_{it}) \\ X_{2it} = (l_{it}, h_{it}) \\ X_{3it} = (l_{it}, c_{it}, m_{it}) \end{cases}$$

Les variables d'intérêt dans le modèle correspondent aux notations suivantes :

Tableau 1. Variables dépendantes, variables explicatives et paramètres à estimer dans le cadre de l'étude

Variabes dépendantes	k = stock de capital de R&D par employé n = nombre de brevets par employé q = valeur ajoutée par employé, correspondant à la productivité du travail
Variabes explicatives	l = effectif ou taille du secteur c = capital physique par employé m = taux d'exportation s = part de marché moyenne du secteur h = degré de diversification dans le secteur (indice de Herfindahl-Hirschman, égal à la somme des carrés des parts de marché)
Paramètres à estimer	α_K = rendement de la recherche-développement par rapport à l'innovation α_N = rendement de l'innovation par rapport à la productivité

⁵ Le fait de déflater une série afférente aux comptes nationaux (valeur ajoutée, consommation, investissement et autres agrégats) par un déflateur tel que le taux d'inflation ou encore les indices de prix peut biaiser les séries en raison de la différence dans leur composition.

⁶ Comme l'information sur la distinction entre les profils de l'effectif employé n'est pas disponible, elle a été remplacée par un autre indicateur qui est le taux d'exportation (rapport des exportations sur le chiffre d'affaires).

Pour un nombre de périodes T égal à 12 ans et un nombre d'individus (ici les sous-branches) N égal à 3, le nombre d'observations correspond à 36. La procédure d'estimation suivra les étapes ci-après :

- Estimation des trois modèles : modèle à données empilées (OLS pour moindres carrées ordinaires), modèle à effets fixes et modèle à effets aléatoires ;⁷
- Test de significativité des effets de groupe (effets fixes) et des effets aléatoires (test du multiplicateur de Lagrange de Breusch-Pagan) ;
- Test d'Hausman pour déterminer le modèle adéquat aux données.

Dans le détail, et en retenant le seuil de signification habituel de 5% (éventuellement les seuils de 1% et 10% pourront être retenus) les étapes d'estimation se présentent ainsi :

- Les trois différentes spécifications, à savoir le modèle à données empilées, le modèle à effets fixes et le modèle à effets aléatoires portent sur les 36 observations retenues et leurs équations de régression se présentent ainsi :
 - Pour l'équation de la recherche-développement :

Tableau 2. Résultats de l'estimation de l'équation de la recherche-développement sous les trois spécifications (OLS, effets fixes et effets aléatoires)

Variable dépendante : k	OLS	Effets fixes	Effets aléatoires
Constante	0,0987 (4,6711)	-	-0,0943 (4,857658)
l	-0,2494 (0,5936)	0,0128 (0,5753)	-0,3027 (0,6147)
s	1,1003 (1,1142)	0,5024 (1,0402)	1,2392 (1,1698)
h	6,315 **** (1,6821)	3,4125 ** (1,6296)	7,1208 **** (1,7422)
R ² ajusté	0,287	0,1212	0,318
F	5,086 *** [3 ; 32]	1,8355 [3 ; 21]	5,941 *** [3 ; 32]

- Codes des seuils de signification : 0 '****' 0,1% '***' 1% '**' 5% '*' 10% '°' 1

- Les valeurs entre parenthèses correspondent à des erreurs types des coefficients tandis que celles entre crochets [;] correspondent aux degrés de liberté des statistiques de Fisher.

- R² ajusté correspond au coefficient de détermination ajusté.

- Pour l'équation de l'innovation :

Dans l'équation de l'innovation, le paramètre α_k représente le rendement de la recherche-développement induit par l'investissement dans l'innovation.

Tableau 3. Résultats de l'estimation de l'équation de l'innovation sous les trois spécifications (OLS, effets fixes et effets aléatoires)

Variable dépendante : n	OLS	Effets fixes	Effets aléatoires
Constante	1,3909 (5,377)	-	6,0115 ** (2,566360)
k	0,12222 (0,2755)	0,0826 (0,174)	0,0962 (0,172700)

⁷ Le lecteur désirant approfondir ces notions, ainsi que les tests statistiques s'y appliquant, peut consulter avec profit le chapitre 11 de Greene (2012) sur les modèles de données de panel.

<i>l</i>	-0,987 (0,5846)	-1,4706 **** (0,2666)	-1,4246 **** (0,2784)
<i>h</i>	2,6772 (2,9042)	1,7236 (1,2870)	1,8105 (1,3484)
R ² ajusté	0,1076	0,352	0,4136
F	1,4692 [3 ; 32]	10,6503 **** [3 ; 21]	9,2828 **** [3 ; 32]

- Codes des seuils de signification : 0 '****' 0,1% '***' 1% '**' 5% '*' 10% '°' 1
- Les valeurs entre parenthèses correspondent à des erreurs types des coefficients tandis que celles entre crochets [;] correspondent aux degrés de liberté des statistiques de Fisher.
- R² ajusté correspond au coefficient de détermination ajusté.

o Pour l'équation de la productivité

L'équation de la productivité est estimée dans sa forme linéaire ainsi que dans sa forme interactive (interaction entre l'ouverture et le degré de concentration ainsi que l'interaction entre l'ouverture et l'innovation).

Tableau 4. Résultats de l'estimation de l'équation de la productivité dans ses formes linéaire et interactive

Variable dépendante : <i>q</i>	OLS		Effets fixes		Effets aléatoires	
	Linéaire	Interactive	Linéaire	Interactive	Linéaire	Interactive
Constante	4,406 ** (1,6087)	3,9174 ** (1,5568)	-	-	4,9825 *** (1,7024)	3,722865 ** (1,5203)
<i>n</i>	-0,0034 (0,0461)	-0,0666 (0,0562)	0,010013 (0,1611)	0,116457 (0,1502)	-0,0015 (0,0421)	-0,06699 (0,056394)
<i>l</i>	0,02795 (0,1860)	0,070636 (0,1762)	0,2295 (0,2157)	0,4075 (0,2078)	-0,041 (0,1955)	0,091688 (0,172447)
<i>c</i>	0,3587 *** (0,0876)	0,2995 *** (0,0923)	0,3225 *** (0,1062)	0,3644 *** (0,0995)	0,3660 **** (0,0882)	0,3034 *** (0,0907)
<i>m</i>	-0,0960 (0,3749)	-1,8602 (2,8866)	-0,1852 (0,4213)	2,0943 (3,1912)	-0,0348 (0,3948)	-1,636206 (2,8343)
<i>m</i> × <i>h</i>	-	3,8773 (2,805)	-	0,7294 (2,8865)	-	3,642272 (2,7513)
<i>m</i> × <i>n</i>	-	0,179433 (0,2258)	-	0,4841 (0,2491)	-	0,194653 (0,2206)
R ² ajusté	0,48405	0,5133	0,3489	0,3703	0,4753	0,51814
F	9,9489 **** [4 ; 31]	8,4891 **** [6 ; 29]	8,4411 **** [4 ; 20]	8,5645 **** [6 ; 18]	9,5457 **** [4 ; 31]	8,7131 **** [6 ; 29]

- Codes des seuils de signification : 0 '****' 0,1% '***' 1% '**' 5% '*' 10% '°' 100%
- Les valeurs entre parenthèses correspondent à des erreurs types des coefficients tandis que celles entre crochets [;] correspondent aux degrés de liberté des statistiques de Fisher.
- R² ajusté correspond au coefficient de détermination ajusté.

- Le test de la significativité des effets de groupe est une variante du test de Chow qui s'applique au modèle contraint (ici le modèle à effets fixes) et au modèle non contraint (ici le modèle en données empilées). La statistique de test obéit à la loi de Fisher à $N - 1$ et $N(T - 1) - K$ degrés de liberté, étant donné que N , T et K correspondent respectivement au nombre d'individus, au nombre de périodes et au nombre de paramètres estimés.

Tableau 5. Résultats du test sur la significativité des effets de groupe

Équation	F	Degrés de liberté	Valeur p
Recherche-Développement	13,505	[11 ; 21]	0,0000 ***
Innovation	2,0494	[11 ; 21]	0,0758*

Productivité linéaire	1,3514	[11 ; 20]	0,2687
Productivité interactive	1.7528	[11 ; 18]	0,1402

- Codes des seuils de signification : 0 '****' 0,1% '***' 1% '**' 5% '*' 10% '°' 100%

- Le test sur la présence des effets aléatoires est celui du multiplicateur de Lagrange de Breusch-Pagan, dont la statistique suit un Khi-deux à un degré de liberté (vu que l'effet temporel est négligé). L'hypothèse de présence d'effets aléatoires est rejetée dès que la valeur empirique excède la valeur théorique fixée.

Tableau 6. Résultats du test sur la présence des effets aléatoires de Breusch-Pagan

Équation	Multiplicateur de Lagrange	Degrés de liberté	Valeur p
Recherche-Développement	21,457	1	0,0000****
Innovation	0,9694	1	0.3248
Productivité linéaire	0,3007	1	0,5834
Productivité interactive	0,7037	1	0,4015

- Codes des seuils de signification : 0 '****' 0,1% '***' 1% '**' 5% '*' 10% '°' 100%

- Le test d'Hausman (1978) est utilisé pour la détermination du modèle à retenir entre deux modèles concurrents, en général le modèle à effets fixes et le modèle à effets aléatoires. Il vise à comparer les différences entre les coefficients estimés, et sa statistique de test, notée W, obéit à un Khi-deux à K degrés de liberté, avec K correspondant au nombre de paramètres à estimer.

Tableau 7. Résultats du test d'Hausman pour la détermination de la spécification à retenir pour le modèle objet de l'étude

	W	Degrés de liberté (=K)	Valeur p
Recherche-Développement	0,0358	3	0.9982
Innovation	40,063	3	0,0000****
Productivité linéaire	9,6722	4	0.0463**
Productivité interactive	8,9608	6	0.1758

- Codes des seuils de signification : 0 '****' 0,1% '***' 1% '**' 5% '*' 10% '°' 100%

3. DISCUSSION DES RESULTATS DE L'ESTIMATION ET IMPLICATIONS EMPIRIQUES DE L'ETUDE

Au bout de la phase de spécification et d'estimation du modèle ainsi que des tests qui y ont été conduits, il importe d'interpréter les résultats des estimations et de fournir des implications empiriques de l'étude, ce qui correspond aux deux éléments ci-après :

3.1. Des résultats divergents selon les équations du modèle

Durant les trois phases du test de la relation entre l'innovation et la productivité, il y a eu des divergences dans la décision concernant les modèles, en raison des significativités contrastées à l'issue des tests de présence d'effets de groupe et d'effets aléatoires.

Sur la base des résultats obtenus, il y a lieu de formuler les constats suivants :

- Équation de la recherche-développement :**

La spécification finalement retenue à l'issue de l'acceptation de l'hypothèse nulle est celle de modèle à effets aléatoires. La recherche-développement est affectée négativement par la taille des branches mais positivement et significativement par le degré de concentration du marché. Considérées comme forces schumpétériennes de l'innovation, la taille de la branche et la structure du marché présentent des influences opposées.

- Équation de l'innovation :**

L'équation de l'innovation, quant à elle, admet une représentation en effets fixes, vu le rejet de l'hypothèse nulle du test d'Hausman, et la présence d'effets de groupes au seuil de signification de 10%. Le rendement de la recherche-développement se chiffre à 8,26% par unité d'investissement en innovation sur la période étudiée, bien que non significatif. La taille des branches, exprimée par l'effectif total, influe négativement et significativement sur l'innovation.

▪ **Équation de la productivité :**

Sans tenir compte des interactions, l'équation de la productivité admet une représentation en effets fixes à l'issue du rejet de l'hypothèse nulle du test d'Hausman. Le rendement de l'innovation par rapport à la productivité est positif mais faible (environ 1% sur la période étudiée), et également non significatif. L'investissement en capital physique, néanmoins, contribue positivement et significativement à la croissance de la productivité des branches étudiées.

En tenant compte des interactions, l'équation de la productivité admet une représentation en effets aléatoires, en retenant un seuil de signification de 20% pour le test d'Hausman (les tests du multiplicateur de Lagrange et le test sur la présence d'effets de groupes ne sont pas concluants). Le rendement de l'innovation baisse mais n'est pas significatif, le rendement du capital physique est positif et significatif. Les termes interactifs ne sont pas significatifs bien qu'introduits dans l'équation.

L'interprétation des résultats est tout de même à opérer prudemment au vu de la taille de la population et de la période temporelle étudiées. L'examen des autres études empiriques montre qu'elles ont été conduites sur des panels plus consistants (dépassant les 300 observations), et certaines études ont porté sur des durées assez courtes mais sur des nombres d'individus plus grands (parfois sur des données par entreprises dépassant les 1000).

3.2. Implications empiriques de l'étude

Les implications empiriques de la présente étude sont de deux types, à savoir les techniques économétriques utilisées et les pistes de recherche pouvant être empruntées dans le futur :

- Dans un premier lieu, l'économétrie des panels a certes constitué un recours assez fréquent pour le chercheur au vu de sa commodité relative et de la disponibilité des fichiers de données combinant la dimension individuelle et la dimension temporelle (éventuellement d'autres dimensions et la notion de panel multidimensionnel émerge de plus en plus) mais a généré un lot de problèmes et de défis à relever à mesure que la théorie économique moderne se complexifie davantage. Par exemple, tout en gardant les éléments temps et individu, la dimension géographie peut entrer en jeu dans les estimations, accordant plus de latitude au chercheur pour interpréter, à titre d'illustration, les différences de productivité entre deux branches industrielles dans le même pays ou même en comparaison internationale.
- Dans un second et dernier lieu, la recherche en matière de productivité et d'innovation est conditionnée par deux éléments : les données d'intérêt et les problématiques nouvelles en la question. Mohnen et Hall (2013) insistent sur les éventuelles pistes de recherche à emprunter pour « *progresser dans [la] compréhension du lien entre l'innovation et la productivité* », et citent le mérite des données quantitatives sur la pertinence et la robustesse des résultats, la nécessité d'un panel permettant le contrôle de l'hétérogénéité et la prise en compte du caractère dynamique du lien productivité-innovation, la prise en compte des effets-prix et de la concurrence dans le modèle CDM, l'analyse des décisions d'entrée/sortie des entreprises en termes d'innovation ainsi que des effets de l'incertitude,

et dans un cadre macroéconomique, l'importance de la prise en compte des effets de la concurrence et des externalités, entre autres, dans l'analyse des conséquences de la décision d'innover.

CONCLUSION

La présente étude s'est intéressée au teste de l'effet de l'innovation sur la productivité de l'industrie chimique sur les dix dernières années (2002-2013), en particulier sur trois sous-branches à savoir l'industrie chimique de base, l'industrie pharmaceutique et la fabrication de savons, de parfums et de produits d'entretien.

Les résultats de l'estimation montrent que la recherche-développement est influencée à signes opposés par les forces schumpétériennes de l'innovation, en l'occurrence la taille (sens négatif) et le degré de concentration du marché (sens positif), que le rendement de la recherche-développement induit par l'output de l'innovation est positif bien que la taille influe négativement sur l'innovation, et que le rendement de l'innovation par rapport à la productivité soit relativement faible même en contrôlant par les interactions entre l'ouverture et le degré de concentration ainsi que l'interaction entre l'ouverture et l'innovation.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] BENABDELKADER, M. (2016, Avril), *Productivité, innovation et politique sectorielle des industries de transformation au Maroc (1985-2013) : Fondements théoriques et proposition d'une méthodologie*, Communication présentée aux Doctoriales de Sciences de Gestion, Faculté des Sciences Juridiques, Économiques et Sociales Agdal, Rabat.
- [2] CRÉPON, B., DUGUET, E., & MAIRESSE, J. (1998), "Research, Innovation, and Productivity: An Econometric Analysis at the Firm Level," *Economics of Innovation and New Technology*, 7(3), 115-156.
- [3] CREPON, B., DUGUET, E., & MAIRESSE J. (2000), « Mesurer le rendement de l'innovation », *Économie et Statistique*, 334(4), 65-78.
- [4] GREENE, W. H. (2012), *Econometric Analysis*, 7th ed. Boston, MA: Prentice Hall.
- [5] GRILICHES, Z. (1979), "Issues in Assessing the Contribution of R&D to Productivity Growth," *Bell Journal of Economics*, 10(1), 92-116.
- [6] GRILICHES, Z. (1998), *R&D and Productivity: The Econometric Evidence*, National Bureau of Economic Research, Chicago, IL: University of Chicago Press.
- [7] GRILICHES, Z., & MAIRESSE, J. (1984), "Productivity and R&D at the firm level." In Griliches Z. (ed.) *R&D, Patents, and Productivity* (pp. 339-374). Chicago, IL: University of Chicago Press.
- [8] HAUSMAN, J. (1978), "Specification Tests in Econometrics," *Econometrica*, 46(6), pp. 1251-1271.
- [9] MAIRESSE, J. (2003), « Innovation, recherche et productivité des entreprises, » In *Innovation : de l'idée à la performance*, INSEE Méthodes, n°105, Paris, France, 75-87.
- [10] MOHNEN, P. & HALL, B. H. (2013), "Innovation and Productivity: An Update," *Eurasian Business Review*, 3(1), pp. 47-65.

ANNEXES

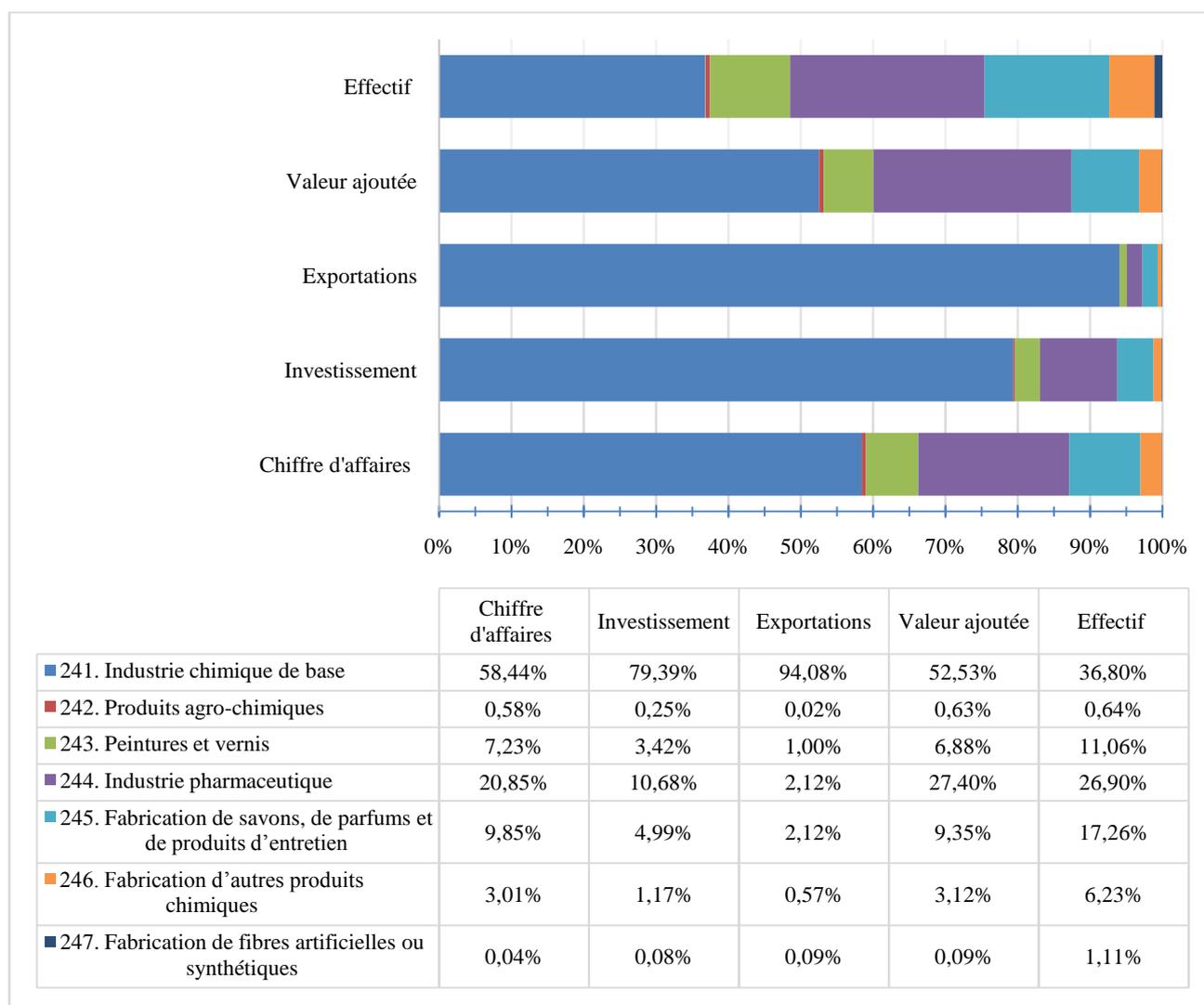
ANNEXE 1 : DONNEES SUR L'INDUSTRIE CHIMIQUE AU MAROC

Au Maroc, les industries chimiques, qui correspondent à la branche 24 de la nomenclature Marocaine des activités économiques, sont constituées des sous-branches suivantes :

- 241 Industrie chimique de base
- 242 Produits agro-chimiques
- 243 Peintures et vernis
- 244 Industrie pharmaceutique
- 245 Fabrication de savons, de parfums et de produits d'entretien
- 246 Fabrication d'autres produits chimiques
- 247 Fabrication de fibres artificielles ou synthétiques

La répartition des grandeurs économiques de ces sous-branches sur la période 2002-2013 est comme suit :

Graphique 1. Grandeurs économiques de l'industrie chimique marocaine (2002-2013)



Source : graphique construit sur la base des calculs de l'auteur à partir de la base de données du MICIEN

Sur la période 2002-2013, l'industrie chimique de base, l'industrie pharmaceutique et la fabrication de savons, de parfums et de produits d'entretien s'accaparent ensemble plus de 89% du chiffre d'affaires des industries chimiques, plus de 95% du volume des investissements, plus de 80% de l'effectif, et près de la totalité des exportations. Elles contribuent pour plus de 89% à la création de valeur du secteur des industries chimiques.

Du moment que soient retenues les 3 sous branches importantes en termes de chiffre d'affaire et de valeur ajoutée, correspondantes aux codes à trois chiffres de la nomenclature marocaine des activités économiques, il importe de rappeler leurs compositions respectives :

- **Industrie chimique de base (241)** : Elle comprend la fabrication des gaz industriels (liquéfiés ou comprimés), des colorants et pigments (d'origine animale, végétale ou synthétique), d'autres produits chimiques inorganiques de base (acides, bases et leurs sels), d'autres produits chimiques organiques de base (d'origine pétrochimique, carbochimique...), de produits azotés et d'engrais, de matières plastiques de base (notamment PVC et silicones), et de caoutchouc synthétique ;
- **Industrie pharmaceutique (244)** : Elle comprend la fabrication des produits pharmaceutiques de base (principes actifs, transformation du sang et fabrication de dérivés, fabrication de sucres et d'édulcorants de synthèse), de produits à usage humain (notamment sérums et vaccins, contraceptifs, pansements et gazes conditionnées...), et des produits à usage vétérinaire ;
- **Fabrication de savons, de parfums et de produits d'entretien (245)** : Elle comprend la fabrication de savons, détergents et produits d'entretien, ainsi que de parfums et de produits pour la toilette.

ANNEXE 2 : DESCRIPTION DES DONNEES ET STATISTIQUES DESCRIPTIVES

Les variables qui ont été retenues (cf. tableau page 7), sont les suivantes :

- Les variables dépendantes comprennent ce qui suit :
 - Stock de capital de R&D par employé : il s'agit des dépenses en recherche-développement corrigées par le déflateur de l'investissement et rapportés à l'effectif total ;
 - Nombre de brevets par employé : il s'agit du rapport entre le nombre de brevets sur l'effectif total ;
 - Valeur ajoutée par employé : elle correspond à l'indicateur de la productivité du travail et est corrigée par le déflateur de la valeur ajoutée industrielle.

- Les variables explicatives sont les suivantes :
 - Effectif ou taille du secteur : c'est le logarithme de l'effectif de chaque branche ;
 - Capital physique par employé : il est obtenu via la méthode de l'inventaire permanent avec un taux de dépréciation de l'ordre de 5% et il est corrigé par le taux d'utilisation des capacités de production et rapporté à l'effectif total ;
 - Taux d'ouverture : il correspond au ratio exportations/chiffre d'affaires ;
 - Part de marché moyenne du secteur : c'est la moyenne des rapports entre le chiffre d'affaires de chaque activité par rapport au chiffre d'affaires de la branche ;
 - Degré de diversification (ou de concentration) dans la branche : il s'agit de l'indice de Herfindahl-Hirschman, qui est égal à la somme des carrés des parts de marché.

Les traitements des données conduisent aux résultats suivants, pour les 3 sous-branches retenues, et sur la période 2002-2013 (cf. 2.2 ci-dessus) :

Tableau 8. Statistiques descriptives des 3 sous branches de l'industrie chimique retenues pour l'étude sur la période 2002-2013

Variable	Moyenne	Minimum	Maximum	Écart type	CV
Valeur ajoutée	3 624 177,54	515 763,10	9 863 834,40	2 675 605,36	0,7383
Chiffre d'affaires	13 897 066,11	2 066 867	47 405 204	12 486 842,72	0,8985
Effectif	7 555,47	2 855	11 749	2 686,75	0,3556
Stock de capital	1 090 821,97	46 031	8 077 439	1 690 738,76	1,5500
Dépenses en R&D	282 025,33	6 548	1 526 343	314 370,04	1,1147
Brevets	97	1	412	94,39	0,9731
Taux d'ouverture	26,45%	2,20%	79,67%	28,97%	1,0953
Part de marché moyenne	33,33%	8,64%	72,23%	22,71%	0,6814
Degré de concentration	0,7674	0,598	0,9287	0,1	0,1303

CV=coefficient de variation correspondant au ratio écart type/moyenne.

Source : calculs de l'auteur à partir de la base de données du MICIEN