

Les déterminants de la productivité des inventeurs : Une analyse en termes de diversité et de cohérence de la base de connaissances

The determinants of inventor productivity: An analysis in terms of diversity and coherence of the knowledge base

Riad Jawel BOUKLIA HASSANE¹

¹ Université d'Oran 2 Mohamed Ben Ahmed, Algérie, boukliahassane.riad@univ-oran2.dz
boukliriad@yahoo.fr

Reçu le : 07-05-2021 Accepté le : 18-06-2021

Résumé :

L'objet de ce travail est d'étudier les déterminants de la productivité des inventeurs individuels. Notre hypothèse de travail est que le stock de connaissances de l'inventeur n'est pas homogène. Aussi, nous élaborons un modèle qui 'augmente' les spécifications traditionnelles par l'introduction des facteurs de diversité d'une part et de cohérence d'autre part de la base de connaissances des inventeurs. Les résultats économétriques sur les données de brevets des inventeurs français et britanniques du fait de la disponibilité des données valident l'hypothèse d'une influence positive de ces deux facteurs sur la productivité des inventeurs. Ils mettent également en évidence un effet indirect de la cohérence sur la productivité de l'inventeur : plus la cohérence de la base de connaissances de l'inventeur est grande et plus l'impact de la diversification technologique sur sa productivité est élevé.

Mots clé : brevets, diversification technologique, cohérence des connaissances, capacité d'innovation, système national d'innovation.

Abstract :

Our purpose in this paper is to study the determinants of individual inventors' productivity. Our hypothesis is that the inventor's stock of knowledge is not homogeneous. Accordingly, we develop a model that 'augments' the traditional specifications by introducing two factors namely, on the one hand, diversity and, on the other hand, coherence of the inventors' knowledge. The results of econometric estimates using French and British inventors' patent data show a positive impact of these two factors on the individual inventors' productivity. They also highlights the presence of an indirect effect of knowledge coherence on the

¹ **Auteur correspondant:** Riad Jawel BOUKLIA HASSANE, boukliahassane.riad@univ-oran2.dz

inventors' productivity: the larger the coherence of the inventor's knowledge and the higher the impact of the technological diversification on productivity become.

Keywords: *patents, technological diversification, knowledge coherence, innovation capacity, national innovation system.*

JEL classification: O31, O33, O39, O57, D83.

Introduction:

L'innovation est reconnue comme un facteur essentiel de constitution d'avantages compétitifs par les firmes. Toutefois, les approches qui se sont développées dans ce contexte ont souvent mis l'accent essentiellement sur les caractéristiques particulières de la firme en tant qu'organisation (Teece et al., 1997 ; Porter, 1986, Morris, 2018) ou encore sur la nature des structures de l'économie nationale à travers la référence notamment au système national d'innovation (Lundvall, 1992 ; Nelson, 1993 ; Lundvall et al., 2002 ; Malloney, 2017). Dans l'ensemble de ces travaux, une attention insuffisante a été accordée à la dimension individuelle dans l'activité d'innovation alors même que la créativité individuelle est au cœur du processus d'innovation.² Même lorsqu'il est fait référence à la dimension individuelle comme un niveau pertinent d'analyse du processus de création de la connaissance, cette dimension est souvent réduite à un facteur homogène par sa référence à un inventeur 'représentatif' (Narin et Breitzman, 1995). L'objet de ce papier est d'étudier les déterminants de la productivité des inventeurs individuels. Autrement dit, nous voulons identifier les facteurs qui sont à la base de la forte hétérogénéité individuelle observée par Lotka (1926), dans le cas des chercheurs scientifiques et plus récemment par Narin et Breitzman (1995), Rota et al. (2017) dans le cas des inventeurs.

Notre apport dans ce papier est d'élargir les déterminants potentiels de la productivité des inventeurs prolifiques aux facteurs de diversité de la base de connaissance des inventeurs et de son niveau de cohérence. Nous nous proposons, par cela, d'enrichir la spécification du modèle généralement retenu pour analyser les déterminants de la productivité des inventeurs individuels qui retiennent l'hypothèse d'une homogénéité du stock de connaissance des inventeurs (Turner et Mairesse, 2002; Hoisl, 2007a et b ; Lebas et al., 2010; Rahko, 2017). Nous prenons pour cela appui sur les travaux fondateurs de Teece et al. (1994) sur la structure de l'espace des connaissances et sur la mesure de proximité cognitive que ces

²La pertinence de la dimension individuelle dans l'analyse du processus d'innovation, à côté des firmes, des réseaux et de leurs interactions, a été discutée notamment par Felin et Hesterly (2007). Ces auteurs se sont interrogés sur la cohérence d'une approche qui retiendrait le niveau firme (les capacités organisationnelles de la firme) comme l'unique source de création de la connaissance. Il appartient à Zucker et Darby (1996, 2007) d'avoir mis en évidence, dans le cas des chercheurs scientifiques, la contribution des 'star scientific and engineers' à l'émergence de la biotechnologie. Après s'être restreint au rôle du capital intellectuel dans le développement spécifique de l'industrie de la biotechnologie, ces auteurs étendent dix années plus tard le concept de scientific star à l'ensemble des champs de la science et de la technologie (Zucker et Darby, 2007). Rothaermel et Heiss (2007) soulignent également le rôle des différents niveaux d'« antécédence » (individus, firmes et réseaux) ainsi que leurs interactions dans la production d'innovation en référence aux firmes pharmaceutiques dans le champ de la biotechnologie. Rota et al. (2016) s'interrogent quant à eux sur la relation entre les 'key inventors' et la productivité des firmes.

auteurs proposent. Notre démarche s'inspire également de l'approche de Weitzman (1998) et de celle de Uzzi et al. (2013) selon laquelle le développement de la connaissance est le résultat de recombinaisons fertiles de connaissances préexistantes.

L'examen de ces questions et la validation des hypothèses retenues seront sous-tendus par une analyse empirique qui sera menée sur une base de données des inventeurs français et britanniques. Ces données sont essentiellement extraites de la base de données de brevets déposés à l'office américain des brevets (United States Patent and Trademark Office ou USPTO).³

La première section de ce travail présente brièvement les motifs de la diversification/concentration technologique des inventeurs. Dans cette section, on présentera également les indicateurs de diversification qui seront utilisés. La deuxième section procède à une étude statistique de la diversification de la base de connaissances des inventeurs prolifiques de notre base de données. La troisième section construit la mesure de la cohérence de la base de connaissances de l'inventeur et examine les caractéristiques premières de cohérence du capital de connaissance des inventeurs français et britanniques. La quatrième section présente enfin les estimations économétriques permettant de tester l'effet de la diversification et de la cohérence de la base de connaissance de l'inventeur sur ses performances individuelles en termes de nombre de brevets.

SECTION 1 : LES MOTIFS DE DIVERSIFICATION/CONCENTRATION TECHNOLOGIQUE DES INVENTEURS

Le processus d'invention devient de plus en plus complexe faisant intervenir constamment des champs nouveaux de la connaissance. De nouvelles activités émergent issues de croisements d'activités et de leur fertilisation et sont à leur tour une source de nouvelles inventions.⁴ C'est le cas par exemple de la convergence croissante des télécommunications et de l'électronique durant les années 80 (Antonelli *et al.* 2010) ou encore, de l'émergence de la mécatronique, combinaison de la mécanique, de l'électronique et de l'automatique pour permettre le contrôle de systèmes complexes (notamment dans l'aéronautique et le secteur de l'automobile). Une autre source, tout aussi importante de cet élargissement de la connaissance, est le passage des économies développées vers les services professionnels qui ont un contenu en informations et en connaissances de plus en plus large, complexe et diversifié (Tece, 2003).

Cette complexité technologique s'accompagne d'une fragmentation des connaissances dans une séquence de type :

³ Cette base recense des informations détaillées sur plus de 3.190.000 brevets enregistrés à l'USPTO, notamment sur leurs champs technologiques, leur année d'enregistrement, le type d'assigné ainsi que des informations sur 1.679.000 inventeurs permettant ainsi une véritable cartographie de l'activité d'invention telles qu'enregistrée dans l'USPTO

⁴ 'Production of new ideas is made a function of newly reconfigured old ideas in the spirit of the way an agricultural research station develops improved plant varieties by cross-pollinating existing plant varieties' (Weitzman 1998: 331)

Elargissement des champs de la connaissance ~~Complexité~~ technologique →
Fragmentation de la connaissance.

Cette fragmentation ne signifie pas pour autant un cloisonnement des champs de connaissance sans rapport les uns aux autres. Saviotti (2010: 151) représente, au contraire, la connaissance *'as a network, the nodes of which are concepts or variables and the links of which are given by the joint utilization of the concepts or variables'*. Dans cette représentation, la fragmentation de la connaissance qui accompagne la complexité technologique désigne alors une multiplication du nombre de nœuds (variables ou concepts) mais, dans un même moment, une démultiplication encore plus grande des liaisons qui composent le réseau de connaissance.

Devant cette évolution de la technologie, plusieurs formes d'organisation se sont développées pour recombinaison des savoirs fragmentés. L'une d'elles qui a largement retenu l'attention est le réseautage des inventeurs de différents champs de compétence dont le développement a accompagné la complexité croissante de la technologie (Breschi et Lissoni, 2006) ; Turner *et al.*, 2003). La finalité de celui-ci dans ce contexte est d'organiser la coopération entre ses membres pour développer les opportunités d'intégration fertiles des connaissances disparates de ses membres pour de nouvelles inventions.

Toutefois, on peut également soutenir que les inventeurs, particulièrement les inventeurs prolifiques en termes de production de brevets, diversifient également leurs *propres* champs de compétences technologiques afin de développer *par eux-mêmes* les nouvelles opportunités d'inventions. Les motifs qui peuvent être avancés en faveur d'une diversification des champs technologiques de l'inventeur sont de plusieurs ordres :

- En diversifiant leur base de connaissances, les inventeurs démultiplient en effet le nombre de combinaisons et de croisements fertiles de leurs champs de compétence technologique (Weitzman, 1998 ; Garcia-Vega, 2006, Marchese, *et al.* 2017).
- La diversification de la connaissance permet à l'inventeur d'accroître sa capacité d'absorption des connaissances provenant des sources externes diverses comme la littérature scientifique ou les documents de différents brevets (Hoisl, 2007) où des réseaux dans lesquels il est inséré (Letenet *al.*, 2006, Pan *et al.*, 2018). En améliorant son absorption des connaissances externes, la diversification contribue potentiellement à une plus grande productivité de l'inventeur.
- Enfin, on peut estimer que la possibilité de s'approprier individuellement la paternité des inventions même complexes –plutôt qu'en co-invention- peut probablement être une incitation supplémentaire pour l'inventeur à l'extension de ses propres champs de compétence.

Il faut toutefois souligner que la diversification s'accompagne également d'une fragmentation des connaissances de l'inventeur risquant d'être préjudiciable à ses performances en réduisant la cohérence de sa base de connaissances. Plus les champs technologiques investis sont nombreux – ou disparates- et plus l'effort de l'inventeur sera ardu pour recombinaison ses connaissances de manière fertile.

Au total, l'inventeur individuel se trouve devant un arbitrage : il peut rester sur ses domaines de compétence et adopter une stratégie de spécialisation dans un segment technologique donné (statu-quo technologique) ou bien rechercher une diversification de ses champs de connaissance. La décision relève dans ce cas des coûts et des bénéfices associés à la diversification technologique des compétences de l'inventeur. Le niveau optimal de diversification sera dans ce cas celui qui permet à l'inventeur de tirer bénéfice de la multiplicité de ses champs de compétence sans pour autant subir un coût d'opportunité important ni réduire la cohérence de sa base de connaissances.

SECTION 2 : LA DIVERSITE DE LA BASE DE CONNAISSANCE DES INVENTEURS : UNE ANALYSE STATISTIQUE

S'agissant d'étudier la diversification des compétences technologiques des inventeurs, nous restreindrons notre attention dans la suite aux inventeurs qui disposent d'une prolificité suffisante en termes de brevets enregistrés afin que ceux-ci soient en nombre suffisant pour révéler les compétences technologiques de l'inventeur. Aussi, nous nous limiterons dans notre étude uniquement aux inventeurs ayant enregistré au moins quinze brevets sur la période d'étude à l'USPTO.

La classification technologique que nous utiliserons dans ce travail est celle de l'*International Patent Classification* (IPC) à un niveau de désagrégation à 4 digits. Le nombre de champs technologiques qui apparaissent dans la base de données de brevets de l'USPTO avec ce niveau de désagrégation est de 625 champs technologiques.

Avant de procéder à l'analyse statistique de la diversification des inventeurs, il est nécessaire de définir les indicateurs de diversité des champs technologiques des inventeurs qui seront utilisés.

2.1 Les indicateurs de diversification et la base de données utilisée

L'indicateur le plus immédiat de diversification de la base de connaissances d'un inventeur est le nombre de champs technologiques reportés dans ses différents brevets. Cet indicateur possède toutefois plusieurs limites.

Une première limite concerne la dépendance de cet indicateur du niveau de désagrégation de la classification technologique retenue dans les bases de données utilisées. Plus le degré de désagrégation est élevé et plus la diversification d'un inventeur sera grande, toutes choses égales par ailleurs.

Une deuxième difficulté est liée au fait que cet indicateur affecte le même poids aux champs technologiques qui apparaissent dans le brevet d'un inventeur. Il s'agit d'une limite sérieuse car on peut difficilement accorder la même pondération à deux champs technologiques dont l'un n'apparaîtrait qu'occasionnellement dans les brevets de l'inventeur alors que l'autre pourrait constituer, à l'inverse, le cœur des compétences de l'inventeur.

Enfin, cet indicateur utilise le nombre de brevets comme indicateur du nombre d'inventions alors que la propension à breveter (*patenting*) des firmes dans leur ensemble peut varier d'un champ technologique à l'autre.⁵

Pour lever ces difficultés, il est nécessaire, d'une part, de tenir compte du poids du champ technologique considéré dans l'ensemble des compétences technologiques de l'inventeur et, d'autre part, de corriger cet indicateur des différences dans la propension à breveter (*patenting*) des différents champs technologiques.

Une façon d'imposer ces restrictions est de ne considérer que les champs technologiques où l'inventeur possède un avantage technologique révélé (ATR) supérieur à 1.⁶ Contraindre cet indicateur à être supérieur à 1 revient à définir cet indicateur de diversification comme la somme des seuls champs technologiques dont la part des brevets dans le total des brevets de l'inventeur est plus grande que cette même part dans l'ensemble de la population des inventeurs prolifiques.

La diversification peut enfin être estimée par (l'opposé de) l'indice de concentration de Herfindahl. Soit $p_j = B_j/B$ la part des brevets dans le champ technologique j dans le total des brevets de l'inventeur considéré. Si J est le nombre total de champs technologiques de cet inventeur, alors l'indice de concentration de Herfindahl sera $H = \sum_{j=1}^J p_j^2$. En soustrayant 1 de l'indice de concentration de Herfindahl, on obtient l'indicateur de diversité : $diversité_{HHI} = 1 - H_i$. Ce coefficient varie de 0 à 1 et est positivement relié au niveau de diversification.

2.2 La distribution des inventeurs par degré de diversification

Les inventeurs prolifiques se distinguent par un niveau de diversification élevé quel que soit l'indicateur retenu.

La figure 1, ci-dessous, présente la répartition des inventeurs français et britanniques par niveau de diversité de leurs champs technologiques de compétence.

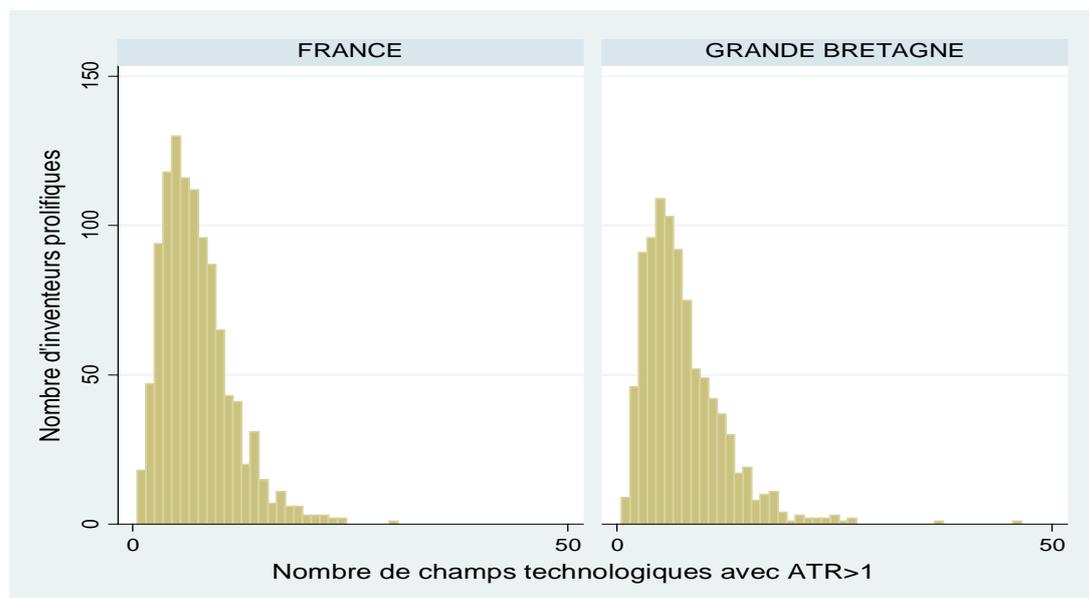
⁵The limitations of patent statistics as indicators of innovation activities are well known and include their sector-specificity.'(Antonelli *et al.*, 2010 : 11).

⁶ On définit, à la suite de Nesta (2004) l'avantage technologique révélé $ATR_{i,j}$ de l'inventeur i dans la technologie j par :

$$ATR_{i,j} = \frac{(B_{i,j}/\sum_j B_{i,j})}{(\sum_i B_{i,j}/\sum_i \sum_j B_{i,j})}$$

où $B_{i,j}$ est le nombre de brevets de l'inventeur i dans le champ technologique j .

Figure 1: Répartition des inventeurs par degré de diversification de leur compétence technologique



On observe que la distribution pour les deux pays est manifestement tirée vers la droite. Cette asymétrie est révélatrice d'une concentration des inventeurs sur les premiers niveaux de diversification technologique. Près de la moitié des inventeurs (48,6% pour la France et 49,46% pour la Grande Bretagne) possèdent seulement six ou moins de six champs de compétence technologique (Bouklia Hassane, 2010).

2.3 La diversification technologique et la productivité des inventeurs

On a également mis en relation l'indicateur de diversité des inventeurs prolifiques et celui de leur productivité en termes de nombre de brevets pour s'interroger sur une éventuelle corrélation entre ces variables. Dans ce cadre, nous avons considéré comme inventeur diversifié celui dont le nombre de champs technologiques, avec un ATR supérieur à 1, est supérieur à 10 durant la période de temps considéré. Les autres inventeurs sont considérés comme des inventeurs à compétences spécialisées. D'un autre côté, nous avons également distingué les inventeurs selon leur niveau de productivité. Pour cela, on a considéré qu'un inventeur est productif lorsque le nombre de ses brevets se situe entre 15 et 40 brevets. La classe des inventeurs très productifs sera constituée des inventeurs ayant 40 brevets enregistrés et plus.

Le tableau 1 présente la répartition des inventeurs par niveau de diversification et de productivité. Il montre que, pour l'ensemble des inventeurs de l'USPTO, 57,3% des inventeurs *très productifs* sont diversifiés alors que cette part n'est que de 25,4% parmi les inventeurs *productifs*.

Tableau 1 : Répartition des inventeurs par niveau de diversification et de productivité

| | FRANCE | | | GRANDE BRETAGNE | | | Ensemble USPTO | | | |
|--|--------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|--------------|
| | | spéciali sés | diver sifiés | Total | spéciali sés | diver sifiés | Total | Spécial isés | Diversif iés | Total |
| Inventeurs prolifiques | Nbr | 797 | 154 | 951 | 671 | 163 | 834 | 35394 | 12036 | 47430 |
| | (%) | 83.8 | 16.2 | 100 | 80.5 | 19.5 | 100 | 74.6 | 25.4 | 100 |
| Inventeurs très prolifiques | Nbr | 86 | 40 | 126 | 51 | 33 | 84 | 3526 | 4722 | 8248 |
| | (%) | 68.3 | 31.8 | 100 | 60.7 | 39.3 | 100 | 42.8 | 57.3 | 100 |
| Total | Nbr | 883 | 194 | 1077 | 722 | 196 | 918 | 38920 | 16758 | 55678 |
| | (%) | 82.0 | 18.0 | 100 | 78.7 | 21.4 | 100 | 69.9 | 30.1 | 100.0 |

Cela montre que la diversification est surtout le fait des inventeurs *très productifs*. Cependant, il reste que corrélation ne signifie pas causalité, encore moins, un sens de direction de causalité que seule une analyse économétrique peut établir.

SECTION 3 : LA COHERENCE DE LA BASE DE CONNAISSANCE DES INVENTEURS

La diversité des connaissances, dont on a établi certaines propriétés dans la section précédente, est une première caractéristique de la base de connaissance de l'inventeur. Cependant, une question se pose de savoir si cette diversification se réalise de façon aléatoire ou si, à l'inverse, la direction de diversification relève d'un choix de l'inventeur. Autrement dit, on ne doit pas s'interroger uniquement pour voir pourquoi les inventeurs diversifient leurs compétences mais aussi pour savoir comment ils diversifient ces compétences. Cette question renvoie à la dimension de cohérence de la structure interne de la base de connaissance.

3.1 La cohérence de la base de connaissance des inventeurs

Nous partons de l'hypothèse que le capital de connaissance d'un inventeur n'est pas librement transférable d'un champ technologique à l'autre car une partie de ce capital est spécifique au domaine technologique auquel il se rapporte. Investir un nouveau champ technologique nécessite à la fois un processus d'adaptation, voire de perte, des connaissances déjà acquises par l'inventeur. Ce processus est également coûteux notamment en temps. Face à ce coût lié à la diversification, il peut paraître plus profitable à l'inventeur de se spécialiser dans les domaines technologiques dont il a déjà la maîtrise. Mais il faut également relever que si l'inventeur choisit le statu quo technologique en restant dans les mêmes champs de compétences technologiques, ses gains de productivité se heurteront tôt ou tard à une limite.

Suivant la terminologie de March (1991), il pourra exploiter mais non explorer, sachant que l'exploitation a nécessairement une durée limitée.

On remarque également que le coût de la diversification ne dépend pas seulement des caractéristiques de la nouvelle technologie ciblée mais aussi de la structure d'ensemble de la base de connaissance existante de l'inventeur. Les coûts de la diversification vers une même nouvelle technologie seront d'autant plus importants que la technologie ciblée est 'éloignée' de la base de connaissance existante de l'inventeur.

Ces considérations sur l'arbitrage dans les choix et la direction de diversification de l'inventeur prolifique montrent que cette dernière n'est pas un processus aléatoire. La question se pose alors de savoir à quelles conditions la diversification technologique a un impact positif sur la productivité de l'inventeur.

Cette problématique a récemment fait l'objet d'un regain d'intérêt fondée sur deux groupes de contributions importantes : celle de Teece, Rumelt, Dosi et Winter (1994) sur la mesure de la distance technologique (proximité des technologies) et celle de Saviotti (2010) et Maleki (2018) sur l'approche de la connaissance entendue comme un ensemble de concepts (nœuds) reliés entre eux dans une structure de réseau avec des rapports de proximité. On adapte ce cadre d'analyse –généralement réservé aux firmes (Breschiet *al.*, 2003 ; Nesta, 2004 ; Wista 2018).- à notre approche en définissant la cohérence de la base de connaissance d'un inventeur par le degré de proximité –dans un sens qui sera précisé ci-dessous- de ses champs technologiques. On s'attend alors à ce que la productivité d'un inventeur soit positivement affectée par le degré de diversité et de cohérence de sa base de connaissance.

3.2 La mesure de la proximité technologique

Une détermination de la proximité des champs de connaissance a été introduite par Teece *et al.* (1994) basée sur le 'principe de survivance' selon lequel deux champs technologiques sont d'autant plus proches qu'ils apparaissent fréquemment en tandem dans les brevets des inventeurs. Autrement dit, deux technologies sont proches lorsque le nombre de brevets assignant simultanément ces deux technologies est grand. Il s'agit d'une distance 'révélée', la proximité de champs technologiques n'étant pas naturellement une variable observable.

Pour déterminer formellement la proximité entre deux technologies (Nesta 2004, Boschma *et al.*, 2015), on désigne par N le nombre total de brevets enregistrés dans la base de brevets de l'USPTO et f_{ij} le nombre de brevets de cette base incluant simultanément les champs technologiques i et j . Alors, $s_{ij} = \frac{f_{ij}}{N}$ le nombre de brevets assignant simultanément les technologies i et j rapporté au total des brevets- est une première approximation de la proximité des champs technologiques i et j .

Toutefois, ce résultat doit être comparé avec celui que l'on obtiendrait dans le cas où la répartition des technologies par brevets est purement aléatoire. Soit alors \hat{f}_{ij} le nombre de brevets incluant simultanément les champs technologiques i et j dans le cas où la répartition des technologies par brevets est aléatoire et $\hat{s}_{ij} = \frac{\hat{f}_{ij}}{N}$ la part de ces brevets dans le total des

brevets. Si $r_{ij} = \frac{s_{ij}}{\hat{s}_{ij}} > 1$, on considère alors que les technologies i et j sont effectivement reliées entre elles et voisines l'une de l'autre. Par contre, si $r_{ij} = \frac{s_{ij}}{\hat{s}_{ij}} < 1$, alors les technologies sont éloignées l'une de l'autre, le nombre de brevets qui les incluent simultanément étant encore plus faible que si la répartition avait été aléatoire.

L'indicateur r_{ij} représente l'inverse de la 'distance' entre les technologies i et j . L'ensemble des niveaux de proximités r_{ij} entre les différents couples de l'espace des champs technologiques sera alors représenté par la matrice de proximité technologique⁷ $R = (r_{ij})_{i=1, \dots, N; j=1, \dots, N}$

3.3 La mesure de la cohérence de la base de connaissance des inventeurs prolifiques

La cohérence de la base de connaissance d'un inventeur est ainsi reliée à l'intensité avec laquelle ses champs de connaissance sont reliés entre eux. Muni de la mesure de distance technologique définie ci-dessus, cette cohérence peut être calculée, en suivant les deux étapes suivantes (Teece *et al.* 1994) :

- *La proximité de la technologie i par rapport à l'ensemble des autres champs technologiques.* Etant donné un champ technologique i , on définit d'abord la proximité de cette technologie i par rapport à l'ensemble des autres champs technologiques I_{-i} de l'inventeur comme la somme pondérée des distances r_{ij} entre la technologie i considérée et les autres technologies j de la base de connaissance de l'inventeur considéré. La pondération retenue est la part des brevets des champs j dans le total des brevets de l'inventeur. On obtient alors la Proximité Moyenne Pondérée (PMP) du champ technologique i et qui reflète la densité plus ou moins grande du voisinage de cette technologie.

$$PMP_i = \sum_{j \neq i} \left(\frac{brv_j}{B} \right) r_{ij}$$

où B est le total de brevets de l'inventeur, $\left(\frac{brv_j}{B} \right)$ le poids affecté à la technologie j de l'inventeur et r_{ij} la distance entre les champs technologiques i et j .

Ce calcul est répété pour l'ensemble des technologies i de la base de connaissance de l'inventeur. On obtient alors les valeurs des proximités moyennes pondérées de l'ensemble des N champs technologiques de l'inventeur considéré : PMP_i pour $i = 1, \dots, N$.

- *Le niveau de cohérence de la base de connaissance de l'inventeur.* Le calcul précédent aura permis de mesurer la densité des relations PMP_i qu'entretient chaque

⁷La détermination de \hat{s}_{ij} peut se faire par une approche non paramétrique où \hat{s}_{ij} sera alors égal au produit des distributions marginales $s_j \cdot s_i$. Une méthode alternative de calcul de \hat{s}_{ij} est de considérer que le nombre de co-occurrences des champs technologiques i et j suit une loi hypergéométrique. Les champs technologiques i et j sont reliés si le nombre de co-occurrences observées de i et j est supérieur à leur nombre théorique donné par l'espérance de cette loi. Cf Nesta (2004).

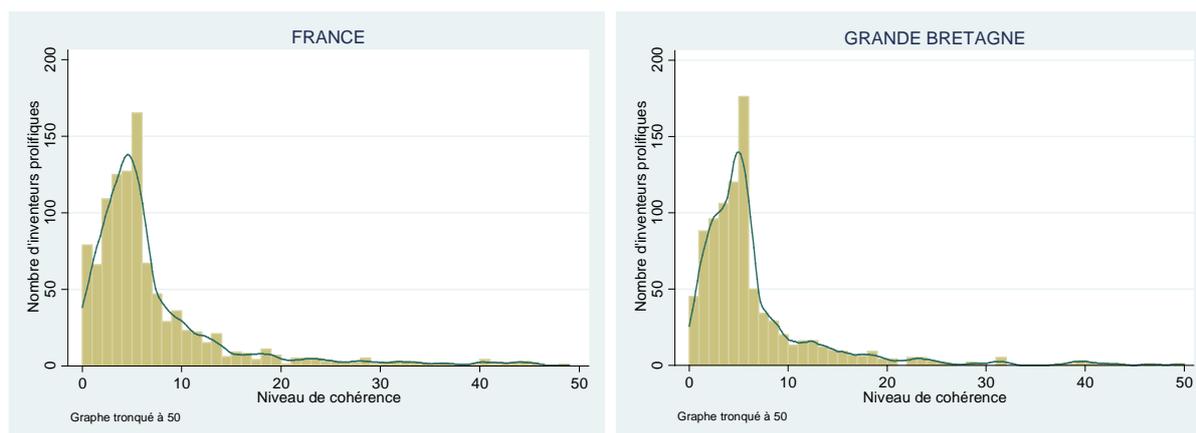
technologie i de l'inventeur avec le reste des technologies de son 'portefeuille' technologique. Un indicateur synthétique du niveau de cohérence de la base de connaissance de l'inventeur sera alors une somme pondérée des densités PMP_i des technologies de l'inventeur. Comme précédemment le poids affecté à chaque champ technologique i sera évalué par le nombre de brevets de l'inventeur dans cette technologie sur son total des brevets. Formellement :

$$Cohérence_base_inventeur = \sum_i \left(\frac{brv_i}{B} \right) PMP_i$$

Cet indicateur représente ainsi l'intensité des relations croisées entre les champs technologiques de l'inventeur : plus cet indicateur est élevé et plus la cohérence de la base de connaissances de l'inventeur sera grande.

A titre d'illustration, la répartition des inventeurs français et britanniques par niveau de cohérence de leur base de connaissance est présentée dans la figure 2(a et b) ci-dessous.

Figure 2 : Répartition des inventeurs par niveau de cohérence



a- France- Grande Bretagne

Cette répartition présente la même asymétrie que nous avons relevée pour la diversification technologique que ce soit pour la France ou la Grande Bretagne. Le coefficient du skewness qui mesure l'asymétrie de la distribution montre que la répartition des inventeurs britanniques présente, avec une valeur de 14.3, une plus forte asymétrie que celle des inventeurs français. Ainsi, si la base de connaissance des inventeurs français présente une plus grande cohérence, par contre, la répartition des inventeurs par niveau de cohérence présente davantage de dispersion et d'asymétrie dans le cas de la Grande Bretagne.

SECTION 4 : L'IMPACT DE LA DIVERSIFICATION ET DE LA COHERENCE DU CAPITAL DE CONNAISSANCES SUR LA PRODUCTIVITE DES INVENTEURS

4.1 La spécification du modèle

Muni des indicateurs de diversité et de cohérence calculés, on se propose dans cette section de tester l'hypothèse d'un impact positif de la diversification et de la cohérence de la base de connaissances des inventeurs sur leur productivité du fait des opportunités d'invention par fertilisation croisée que la diversification offre à l'inventeur.

Pour cela, on estime un modèle de productivité des inventeurs augmenté des variables de diversité et de cohérence :

$$\begin{aligned} & \text{Nombre_brevet}_i \\ & = f(\text{age}_i, \text{duration_inv}_i, \text{diversité}_i, \text{cohérence}_i, \text{mobilité}_i, \text{capacité_innov}_i, \text{réseau}_i, \\ & \text{dummy_champs_techn}_j) \end{aligned}$$

où l'indice i se rapporte aux inventeurs et j aux champs technologiques.

On décrit dans ce qui suit les variables retenues dans la spécification du modèle. Les variables de diversification et de cohérence telles qu'elles ont été définies précédemment sont les variables d'intérêt de notre modélisation. On contrôle toutefois la régression par l'introduction d'autres facteurs qui peuvent potentiellement avoir un impact sur la productivité des inventeurs.

Parmi les facteurs individuels, l'âge(age) est susceptible d'affecter la capacité d'invention de l'inventeur mais cette variable n'est pas directement observée dans les bases de données. On suit la recommandation de Trajtenberg (2006) et Kotha *et al.* (2010) en approchant l'âge de l'inventeur par « l'âge » de son premier brevet en 2002 ($age = 2002 - \text{la date du premier brevet}$) qui constitue en fait un pseudo âge.

On introduit également l'expérience acquise par l'inventeur ($duration_inv$) comme un facteur potentiel de productivité de l'inventeur. De même que l'« âge » de l'inventeur, cette variable n'est pas directement observable. Aussi, on l'approxime par la durée de l'activité de l'inventeur, elle-même approchée par la durée qui s'écoule entre le premier et le dernier brevet enregistrés par celui-ci.

La mobilité ($mobilité$) de l'inventeur est traditionnellement considérée comme un facteur affectant positivement la productivité des inventeurs (Trajtenberg, 2006). Elle peut prendre plusieurs formes : mobilité entre entreprises, entre institutions, entre villes ou régions, entre pays, etc. On s'intéresse uniquement à la mobilité entre firmes.

Au niveau firme, on s'attend à ce qu'un inventeur soit d'autant plus productif que la capacité d'innovation des firmes qui l'emploient est élevée. La firme peut être plus ou moins engagée

dans l'activité d'innovation. Kim *et al.* (2004) ou Roud et al. (2017) par exemple considèrent que les grandes firmes sont davantage prédisposées à s'engager dans la R&D car elles ont plus facilement accès au financement, disposent de laboratoires plus modernes et sont plus ouvertes aux innovations. Alors que Kim *et al.* (2004) approchent la taille de l'entreprise par le chiffre d'affaires et l'effectif employé, on rapportera la 'taille' de l'entreprise, sur le plan de sa capacité d'innovation, à l'effectif d'inventeurs prolifiques employés (*cap_innov_ip*) au sein de la firme ou, alternativement, au stock de brevets enregistrés par la firme (*cap_innov_brvt*).

La productivité des inventeurs dépend également de l'intensité des relations de collaboration que ceux-ci nouent au sein de réseaux. Cet aspect est introduit à travers un indicateur simple qui est le nombre moyen de co-inventeurs de l'inventeur considéré (*reseau_inv*). On s'attend à ce que la taille moyenne de l'équipe d'un inventeur ait un effet positif sur le nombre de ses inventions.

Enfin, on introduit une variable indicatrice des six macro-champs technologiques de l'inventeur pour prendre les éventuelles spécificités sectorielles dans l'activité d'innovation.⁸

La corrélation entre les variables explicatives (non présentée dans ce papier) est, en général, faible écartant ainsi la multicollinéarité des variables hormis pour l'expérience (*duration_inv*) et l'âge de l'inventeur.

Pour estimer le modèle, on a retenu un modèle de régression binomiale négative tenant compte du fait que la variable expliquée n'est pas une variable réelle mais ne prend que des valeurs entières (*count variable*).

4.2 Résultats d'estimation et discussion

Les estimations sont menées pour le cas des inventeurs français et britanniques. Le tableau 2 qui présente les résultats d'estimation respectivement pour ces deux pays montre que, dans l'ensemble, les coefficients ont le signe attendu, hormis lorsque l'indicateur de diversification utilisé est celui de Herfindahl. Les variables d'intérêt que sont les variables de diversification – notamment lorsque celle-ci est évaluée par le nombre de champs technologiques avec ATR- et de cohérence ont des coefficients positifs et significatifs. Les coefficients des variables de contrôle (expérience, mobilité, capacité d'innovation des firmes qui emploient les inventeurs, importance du réseau de l'inventeur) ont également le signe attendu et sont significatifs hormis pour la Grande Bretagne dont la capacité d'innovation des firmes est affectée d'un signe négatif mais non significatif.

Ces résultats d'estimation confirment ainsi l'hypothèse que la diversité et surtout la cohérence de la base de connaissances des inventeurs prolifiques affectent positivement leur productivité.

⁸ Ces macro-champs technologiques sont ceux de la nomenclature technologique de Hall *et al.* (2001).

Tableau 2: Productivité, Diversité et Cohérence des inventeurs prolifiques.

Variable dépendante: Nombre de brevets enregistrés

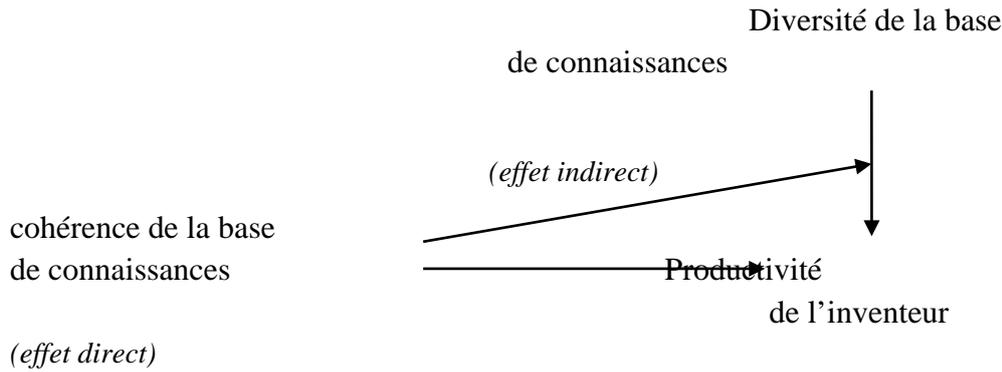
| VARIABLES | FRANCE | | | GRANDE BRETAGNE | | |
|----------------|------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
| Divers_nbr | 0.0308*** (9.152) | | | 0.0218*** (6.297) | | |
| Divers_atr | | 0.0246*** (6.844) | | | 0.0164*** (4.627) | |
| Diversite_HHI | | | -0.244*** (-3.542) | | | -0.411*** (-5.552) |
| Cohérence | 0.000966*** (3.619) | 0.000911*** (3.356) | 0.000909*** (3.225) | 0.00154*** (5.866) | 0.00155*** (5.793) | 0.00157*** (5.884) |
| Age | 0.00222 (0.816) | 0.00230 (0.831) | 0.00232 (0.829) | 0.00360 (1.183) | 0.00336 (1.095) | 0.00249 (0.816) |
| Duration_inv | 0.0135*** (4.496) | 0.0152*** (4.972) | 0.0209*** (6.877) | 0.00483 (1.556) | 0.00576* (1.842) | 0.00970*** (3.113) |
| Nbr_move | 0.0158*** (5.915) | 0.0181*** (6.742) | 0.0252*** (9.418) | 0.0141*** (5.282) | 0.0170*** (6.532) | 0.0263*** (11.12) |
| Cap_innov_brvt | 0.000159*** (7.690) | 0.000171*** (8.153) | 0.000192*** (9.118) | -7.07e-06 (-0.360) | -5.59e-06 (-0.282) | 3.63e-06 (0.185) |
| Reseau | 0.0276 (1.393) | 0.0243 (1.207) | 0.00848 (0.418) | 0.0769*** (3.807) | 0.0749*** (3.667) | 0.0535*** (2.642) |
| 2.Dum_cat_tech | -0.110** (-2.153) | -0.109** (-2.106) | -0.0726 (-1.387) | 0.0591 (1.158) | 0.0529 (1.027) | 0.0343 (0.671) |
| 3.Dum_cat_tech | 0.120*** (3.148) | 0.118*** (3.054) | 0.0577 (1.436) | 0.0599 (1.357) | 0.0478 (1.074) | -0.0330 (-0.732) |
| 4.Dum_cat_tech | -0.159*** (-3.533) | -0.163*** (-3.577) | -0.150*** (-3.260) | 0.0462 (0.983) | 0.0453 (0.954) | 0.0335 (0.710) |
| 5.Dum_cat_tech | 0.0233 (0.549) | 0.0142 (0.330) | -0.00526 (-0.120) | 0.0902** (2.074) | 0.0926** (2.113) | 0.102** (2.339) |
| 6.Dum_cat_tec | 0.0195 (0.391) | 0.0124 (0.245) | 0.00142 (0.0275) | 0.0994** (1.963) | 0.0910* (1.784) | 0.0469 (0.919) |
| Constant | 2.468*** (36.86) | 2.490*** (36.45) | 2.739*** (35.71) | 2.519*** (33.94) | 2.548*** (33.81) | 2.910*** (34.36) |
| Observations | 1,077 | 1,077 | 1,077 | 917 | 917 | 917 |

z-statistics in parentheses

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Méthode d'estimation: Binomiale négative avec variables indicatrices des champs technologiques.

Les estimations menées plus haut ont testé l'impact direct de la cohérence sur la productivité de l'inventeur individuel. Un prolongement possible de cette démarche est de voir si la cohérence de la base de connaissance de l'inventeur n'affecte pas également sa productivité par un canal indirect. Pour cela, on se propose de tester un impact éventuel de la cohérence de la base de connaissance de l'inventeur sur la productivité transitant par l'intensité de la relation entre la diversité et la productivité de l'inventeur. Ceci nous permet de tester l'hypothèse que la diversification technologique est d'autant plus productive pour l'inventeur prolifique que la cohérence de sa base de connaissances est élevée.



Pour tester la présence de cet effet indirect de la cohérence sur la productivité, on introduit dans le modèle un terme croisé représentant le produit des indicateurs de diversité et de cohérence : $\text{divers_coherence} = \text{diversité} * \text{cohérence}$.

L'équation de la productivité de l'inventeur se réécrit alors (dans sa partie relative aux variables de diversité et de cohérence) :

$$\alpha * \text{cohérence} + \beta * \text{diversité} + \gamma(\text{diversité} * \text{cohérence}) \\ = \alpha * \text{cohérence} + (\beta + \gamma * \text{cohérence}) * \text{diversité}$$

Toute chose égale par ailleurs, l'impact de la diversification sur la productivité de l'inventeur ($\beta + \gamma * \text{cohérence}$) est d'autant plus grand que le niveau de cohérence de la base de connaissance est élevé à condition que les coefficients β et γ soient positifs.

Le tableau 3 présente les résultats des nouvelles estimations incorporant le nouveau terme croisé diversité*cohérence. On constate que le coefficient à la fois du terme croisé (Diversité*Cohérence) et de la variable (Cohérence) sont positifs. Cela valide l'hypothèse que la cohérence, en plus de son effet direct, a un effet indirect positif passant par une plus forte intensité de la relation entre la diversité et la productivité de l'inventeur. Plus la cohérence de la base de connaissance est élevée et plus l'impact de la diversité sur la productivité de l'inventeur est grand.

Toutefois, le coefficient de la variable de cohérence est faiblement significatif indiquant ainsi que l'effet indirect de la cohérence sur la productivité est plus significatif que son effet direct. Pour confirmer ce résultat, on a retiré, dans la colonne 2, la variable cohérence de la régression. Le terme croisé devient alors fortement significatif confortant ainsi l'hypothèse que l'impact de la cohérence de la base de connaissance sur la productivité de l'inventeur passe surtout par un canal indirect, en affectant positivement l'intensité de la relation entre la diversification de l'inventeur prolifique et sa productivité.

Tableau 3 : Productivité, Diversification et Cohérence – FR/GB

Variable dépendante: Nombre de brevets enregistrés

| VARIABLES | (1) | (2) |
|---------------------|------------------------|------------------------|
| Divers_atr | 0.0208*** (8.010) | 0.0199*** (7.918) |
| Cohérence | 0.000418 (1.372) | |
| Diversité*Cohérence | 0.000115** (2.033) | 0.000176*** (5.070) |
| Age | 0.00180 (0.866) | 0.00228 (1.111) |
| Duration_inv | 0.0118*** (5.340) | 0.0116*** (5.258) |
| Nbr_move | 0.0152*** (7.999) | 0.0149*** (7.893) |
| Cap_innov_brvt | 8.98e-05*** (6.286) | 8.68e-05*** (6.147) |
| Reseau_ip | 0.0650*** (4.509) | 0.0678*** (4.755) |
| 2.Dum_cat_techn. | -0.0136 (-0.367) | -0.0127 (-0.342) |
| 3.Dum_cat_techn. | 0.119*** (4.092) | 0.130*** (4.653) |
| 4.Dum_cat_techn. | -0.0575* (-1.712) | -0.0571* (-1.698) |
| 5.Dum_cat_techn. | 0.0428 (1.373) | 0.0413 (1.326) |
| 6.Dum_cat_techn. | 0.0536 (1.466) | 0.0541 (1.480) |
| 1.Dum_FR | 0.0673*** (3.541) | 0.0639*** (3.391) |
| Constant | 2.461*** (48.02) | 2.462*** (48.02) |
| Observations | 1,994 | 1,994 |

z-statistics in parentheses

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Méthode d'estimation: Binomiale négative avec dummy_primarycat et dummy_pays

Conclusion

Ce papier avait pour objectif de réexaminer les déterminants de la productivité des inventeurs prolifiques à la faveur d'une approche qui considère la diversification et la cohérence de la base de connaissances des inventeurs comme des facteurs explicatifs de la productivité des inventeurs en termes de brevets. A cet effet, se basant sur la méthodologie introduite par Teece *et al.* (1994) et reprise par un grand nombre d'auteurs, des indicateurs de diversification technologique des inventeurs prolifiques et de cohérence de leur base de connaissances ont été élaborés.

La construction de l'indicateur de cohérence s'est appuyée sur la notion de distance cognitive entre deux champs technologiques approchée par le nombre de brevets qui citent simultanément ces champs technologiques. La cohérence de la base de connaissance de l'inventeur indique alors le degré de proximité des champs technologiques, pris deux à deux, qui la composent. Le résultat remarquable est la grande cohérence de la base de connaissances des inventeurs français et britanniques comparativement au reste des inventeurs de l'USPTO. Toutefois, si les inventeurs des deux pays présentent un niveau de cohérence moyen plus grand que celui de la moyenne de l'ensemble des inventeurs de l'USPTO, il reste que les inventeurs français ont un niveau de cohérence sensiblement supérieur à celui de la Grande Bretagne. En revanche, la répartition des inventeurs britanniques par niveau de cohérence de leur base de connaissances présente une dispersion et une asymétrie plus grande que dans le cas des inventeurs français.

Dans ce cadre d'analyse, on s'attend à ce que la diversification technologique et la cohérence de la base de connaissances des inventeurs affecteraient positivement leur productivité. Les résultats obtenus valident cette hypothèse et révèlent un effet significatif de ces variables sur la productivité des inventeurs considérés : la productivité des inventeurs des pays étudiés dépend non seulement de leur capital de compétences mais aussi de sa diversité et de la manière dont les diverses compétences sont combinées. L'impact de la cohérence apparaît par ailleurs plus significatif dans le cas des inventeurs britanniques que dans celui des inventeurs français.

Ce résultat nous a conduit à rechercher à identifier un canal de transmission indirect de l'effet de la cohérence sur la productivité des inventeurs prolifiques en faisant l'hypothèse que la diversification technologique affecterait la productivité de l'inventeur surtout lorsque la cohérence de la base de connaissances de celui-ci est élevée. Les résultats obtenus confirment cette prédiction et montrent bien plus que cet effet indirect de la cohérence est plus significatif que son impact direct sur la productivité des inventeurs.

Cet ensemble de résultats est révélateur de l'importance de la dimension individuelle dans l'analyse du processus d'innovation. Ils nous semblent apporter des éclairages complémentaires et utiles à l'approche en termes de système national d'innovation – tournée exclusivement vers les structures institutionnelles- notamment sur les aspects de la créativité, de l'invention et de leurs sources.

BIBLIOGRAPHIE

Akcigit U, Kerr WR (2018); 'Growth through heterogeneous innovations'; Journal of Political Economy, Volume 126, Number 4.

Antonelli C., J. Krafft et F. Quattraro (2010), '*Recombinant Knowledge and Growth: The Case of ICTs*', Working paper No. 01/2010, Université de Torino.

Boschma, R., Balland, P. A., & Kogler, D. F. (2015). Relatedness and technological change in cities: the rise and fall of technological knowledge in US metropolitan areas from 1981 to 2010. *Industrial and corporate change*, 24(1), 223-250

Breschi, S., Lissoni, F. and Malerba, F. (2003). Knowledge-relatedness in firm technological diversification. *Research Policy* 32, 69-87.

BoukliaHassane J.R. (2013), 'Etude sur les inventeurs prolifiques: Une analyse comparative du rôle des inventeurs prolifiques dans la spécialisation technologique des firmes et des pays', Presses Académiques Francophones Edition, 217 pages.

BoukliaHassane, J.R. (2010), 'Les inventeurs prolifiques et leurs firmes : une comparaison exploratoire entre la France et la Grande Bretagne'. *Economie et Société*, série W, Vol. 44, n° 8.

Ernst H., (1999), '*Key inventors: implications for human resource management in R&D*', Portland International Conference on Management of Engineering and Technology (PICMET '99), pp. 420–427.

Felin, T., W. S. Hesterly, (2007), 'The knowledge-based view, heterogeneity, and new value creation: Philosophical considerations on the locus of knowledge', *Acad. Management Rev.* 32 195–218.

Gambardella A., HarhoffD., Verspagen B., (2006), '*The value of Patents*' Paper presented at the NBER Conference. The Economics of Intellectual Property. Cambridge (MA), July 19th.

Hall B. H., A. B. Jaffe et M. Trajtenberg (2001), '*The NBER Patent Citations Data File: Lessons, Insights and Methodological Tools*' Working Paper 8498 NBER.

Hoisl K. (2007b) : '*A study of inventors: incentives, productivity and mobility*' Gabler edition wissenschaft.

Kim, J.; S. J. Lee et G. Marschke (2005) '*The influence of university research on industrial innovation*' NBER Working Paper N°11447.

Kotha R., Y. et Zheng G. George (2010), 'Entry Into New Niches: The Effects Of Firm Age And The Expansion Of Technological Capabilities On Innovative Output And Impact', *Strategic Management Journal*, 32(9), 1011-1024.

Latham, W., C. Le Bas, R. J. BoukliaHassane et D. Volodin (2011), '*Interregional Mobility, Productivity and the Value of Patents for Prolific Inventors in France, Germany and the U.K*' *Int.J.Foresight and Innovation Policy* . Vol 7, Nos.1/2/3/, pp.92-113.

- Laursen, K. (1998), '*Revealed Comparative Advantage and the Alternatives as Measures of International Specialization*', DRUID working paper n. 98-30.
- Le Bas C, A. Cabagnols et J. R. BoukliaHassane (2010) : '*Prolific Inventors: Who Are They and Where Do They Locate? Evidence From a Five Countries Us Patenting Data Set*' Working Paper ICER No. 14/2010.
- Leten B., R. Belderbos et B. Van Looy(2006), '*Technological diversification, coherence and performance of firms*', KatholiekeUniversiteit Leuven, MSI 0706.
- Lotka A.J., (1926), 'The frequency distribution of scientific productivity', *Journal of the Washington Academy of Science* 16(2), 317-323.
- Lundvall, B.-Å., B. Johnson, E. Andersen, B. Dalum (2002), 'National systems of production, innovation and competence building', *Research Policy* V31: 213-231.
- Maleki A, Rosiello A, Wield D (2018), 'The effect of the dynamics of knowledge base complexity on Schumpeterian patterns of innovation: the upstream petroleum industry', *R&D Management*, Volume 48 Issue 4.
- Maloney, W. F. (2017). 'Revisiting the national innovation system in developing countries'. World Bank Policy Research Working Paper, (8219)
- Marchese, C., Marsiglio, S., Privileggi, F., & Ramello, G. B. (2017). Endogenous recombinant growth and intellectual property rights
- Morris, D. M. (2018). Innovation and productivity among heterogeneous firms. *Research Policy*, 47(10)
- Narin, F., & Breitzman, A. (1995). Inventive productivity. *Research policy*, 24(4), 507-519.
- Nelson R.R., (1993), '*National Innovation Systems: A Comparative Analysis*', Oxford: Oxford University Press.
- Nesta L. (2004), '*Knowledge and Productivity in the World's Largest Manufacturing Corporations*', SPRU Working Paper n°119.
- Nesta, L. and Saviotti, P.P. (2005), 'Coherence of the knowledge base and the firm's innovative performance: Evidence from the US pharmaceutical industry', *Journal of industrial economics* 53(1).
- Pan, X., Chen, X., & Ning, L. (2018). Exploitative technological diversification, environmental contexts, and firm performance. *Management Decision*
- Paruchuri S. (2009), 'Intraorganizational Networks, Interorganizational Networks, and the Impact of Central Inventors: A Longitudinal Study of Pharmaceutical Firms', *Organization Science*, Published online in Articles in Advance, January 22.
- Pilkington A., L. L. Lee, C. K. Chan et S. Ramakrishna, (2009), 'Defining key inventors: A comparison of fuel cell and nanotechnology industries', *Technological Forecasting and Social Change* 76 (1), pp. 118-127.

- Rahko J, (2017), 'Knowledge spillovers through inventor mobility: the effect on firm-level patenting - The Journal of Technology Transfer, 42, pages 585–614.
- Rota, M., Schettino, F., & Spinesi, L. (2017). Key inventors, teams and firm performance: The Italian case. *Structural Change and Economic Dynamics*, 42, 13-25
- Rothaermel F.T. et Hess A.M., (2007), 'Building Dynamic Capabilities', *Organization Science* 18(6), pp. 898–921.
- Roud, V., & Vlasova, V. (2017). Cooperating with Universities and R&D Organizations: Mainstream Practice or Peculiarity?. Higher School of Economics Research Paper No. WP BRP, 75
- Saviotti P.P. (2010), 'Knowledge, complexity and networks' in C. Antonelli (Ed) *Handbook on the economic complexity of technological change (2010)*.
- Singh, J., (2005), "Collaborative networks as determinants of knowledge diffusion patterns", *Management Science* 51, p. 756–770.
- Teece D.J., (2003), 'Expert talent and the design of (professional services) firms', *Industrial and Corporate Change*, V. 12, Issue 4.
- Teece, D.J., Rumelt, R., Dosi, G., Winter, S.G. (1994), 'Understanding corporate coherence: theory and evidence'. *Journal of Economic Behaviour Organisation* 23, 1–30.
- Teece, D. J., G. Pisano, A. Shuen, (1997), 'Dynamic capabilities and strategic management', *Strategic Management J.*, V18: 509–533.
- Trajtenberg, M. (2006): 'The mobility of inventors and the productivity of research' power-point presentation.
- Trajtenberg, M., Shiff, G., Melamed, R. (2006), 'The Names Game: Harnessing Inventors, Patent Data for Economic Research', NBER WP, n°12479, Cambridge MA.
- Turner L. et J. Mairesse (2002) : '*Individual Productivity Differences in Public Research : How important are non-individual determinants? An Econometric Study of French Physicists*' (1986-1997), W P. <http://www.jourdan.ens.fr/piketty/fichiers/semina/lunch/Turner2005.pdf>.
- Uzzi, B., Mukherjee, S., Stringer, M., & Jones, B. (2013). Atypical combinations and scientific impact. *Science*, 342(6157), 468-47
- Weitzman M. L. (1998), 'Recombinant Growth', *The Quarterly Journal of Economics* Vol. CXIII May Issue 2.
- Wista R (2018), Patterns of technological accumulation in European Union countries, *Managerial Economics*, Issue No:2, p 251-269.
- Zucker L. G. et M. R. Darby, (2007), '*Star Scientists, Innovation and Regional and National Immigration*' Working Paper 13547, NBER Oct 2007.