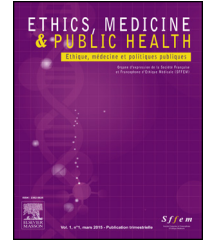




Available online at  
**ScienceDirect**  
www.sciencedirect.com

Elsevier Masson France  
**EM|consulte**  
www.em-consulte.com



## MÉTHODOLOGIE

# La bibliométrie et l'innovation : l'étude de l'impact de la propriété intellectuelle sur le progrès scientifique



*Bibliometrics and innovation: Assessment of the impact of intellectual property on scientific progress*

**M. Hetu**

*HEC Paris, 1, rue De La Libération, 78350 Jouy-en-Josas, France*

Reçu le 20 novembre 2017 ; accepté le 5 janvier 2018  
Disponible sur Internet le 16 mars 2018

### MOTS CLÉS

Bibliométrie ;  
Innovation ;  
Méthodologie ;  
Propriété  
intellectuelle ;  
Science

**Résumé** La bibliométrie est couramment utilisée afin de mesurer différentes facettes de la croissance, de la performance et de la trajectoire de la recherche scientifique. Les récents travaux de recherche sur l'impact des droits de propriété intellectuelle sur l'innovation sont d'ailleurs fondés sur l'utilisation de méthodes d'analyse bibliométrique. Bien que ces travaux aient apporté un éclairage nouveau sur cette problématique, de nombreuses questions n'ont pas encore été abordées.

© 2018 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

### KEYWORDS

Bibliometrics;  
Innovation;  
Methodology;  
Intellectual property;  
Science

**Summary** Bibliometrics is commonly used in order to measure different aspects of the growth, performance and path of scientific research. Recent studies on the impact of intellectual property rights on innovation are accordingly based on the use of bibliometric analysis methods. Although these studies have shed new light on this topic, numerous issues have yet to be addressed.

© 2018 Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

Adresse e-mail : [martin.hetu@hec.edu](mailto:martin.hetu@hec.edu)

<https://doi.org/10.1016/j.jemep.2018.01.001>

2352-5525/© 2018 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

## Introduction

La science, la technologie et l'innovation constituent les principales bases des progrès réalisés au cours du dernier siècle dans le domaine de la santé [1]. Les avancées scientifiques surviennent bien souvent suite au développement de nouveaux outils de recherche permettant de faire progresser l'état des connaissances dans un domaine particulier [2]. Afin de faciliter et encourager l'innovation, les gouvernements et institutions de recherche prennent désormais généralement part aux efforts de recherche et développement (R&D) par l'entremise de politiques d'innovation, d'investissements et de programmes collaboratifs établis aux niveaux national et international [3–5]. Les politiques d'innovation gouvernementales lancées suite à la deuxième guerre mondiale ont d'ailleurs eu un impact important sur l'évolution du système d'innovation. Elles ont notamment eu pour effet d'accélérer l'innovation dans les secteurs public et privé, ainsi que le développement de nouvelles applications technologiques [3].

Le désir d'optimiser les retours sur les investissements et politiques des institutions publiques et privées ayant trait à la R&D donna naissance à une nouvelle discipline de recherche visant à mesurer la performance en matière d'innovation. Cette nouvelle discipline a notamment pour objectif d'évaluer les résultats passés et d'anticiper les résultats futurs de projets de recherche ou de politiques en matière d'innovation [6]. La commercialisation de la recherche par l'entremise de l'obtention de droits de propriété intellectuelle (PI) sur les nouvelles découvertes s'étant établie comme un paradigme dominant, notamment dans le domaine biomédical, l'impact de la PI sur l'innovation constitue ainsi un important champ d'analyse de cette nouvelle discipline [7]. La mesure de la performance, ainsi que de l'impact de la PI en matière d'innovation nécessite bien souvent le recours aux outils bibliométriques permettant de se pencher sur les déterminants du progrès scientifique à l'aide de méthodes quantitatives ayant principalement pour objet les publications scientifiques [8].

Nous présenterons donc dans cet article un bref aperçu de récentes applications de l'analyse bibliométrique visant à mesurer différentes facettes de l'innovation par l'entremise de la littérature scientifique. Nous porterons ensuite une attention toute particulière aux méthodes bibliométriques ayant permis de mesurer l'impact de la PI sur l'innovation. Finalement, nous proposerons de nouvelles pistes d'analyse ayant recours à l'étude bibliométrique afin de faire avancer les connaissances sur l'impact de la PI sur l'innovation dans le domaine biomédical.

## La bibliométrie et la mesure de l'innovation

La génération, l'exploitation et la diffusion des connaissances sont des prérequis cruciaux pour le progrès scientifique, la croissance économique et le développement social. La compréhension des mécanismes qu'elles impliquent nécessitent toutefois de mesurer l'innovation de manière précise et adéquate afin de planifier des politiques, stratégies et

investissements efficaces en matière d'innovation [9]. La bibliométrie, définie comme la mesure des textes et de l'information, s'avère particulièrement utile à cet égard, alors qu'elle permet d'explorer, organiser et analyser de grandes quantités de données historiques dans le but d'identifier des tendances cachées au sein de la littérature scientifique [10,11]. Les variables et outils couramment utilisés comprennent notamment les auteurs, leur affiliation institutionnelle, les cartes conceptuelles, les analyses typologiques, les analyses factorielles ainsi que les analyses de citations et co-citations. Ces variables et outils facilitent par exemple l'identification d'auteurs et institutions particulièrement prolifiques, de publications importantes au sein d'un domaine de recherche et des mots clés délimitant un domaine de recherche [11]. Les bases de données Scopus et Web of Science, qui offrent un aperçu compréhensif de l'ensemble des publications issues des journaux scientifiques au niveau mondial, constituent par ailleurs d'importantes sources d'informations requises aux fins de l'analyse bibliométrique.

De nombreux chercheurs ont recours à l'analyse bibliométrique afin d'étudier différentes facettes de l'innovation et de mesurer la performance de programmes de R&D. Bornmann et Mutz se sont par exemple récemment penchés sur la croissance de la science moderne [12]. Utilisant des données sur les publications de l'ensemble des disciplines de recherche répertoriées dans Web of Science, ces auteurs ont mesuré la croissance de ces diverses disciplines en observant le nombre de publications par disciplines ainsi que le nombre de références citées par ces publications entre 1650 et 2012. Ces analyses leur ont permis d'identifier trois grandes phases de développement scientifique impliquant une croissance de 1 % de 1650 à la moitié du 18<sup>e</sup> siècle, une croissance de 2–3 % durant la période allant jusqu'aux deux grandes guerres et une croissance de 8–9 % durant les années suivantes. Cette étude démontre que le taux de croissance de la connaissance scientifique a grimpé de manière radicale au cours des derniers siècles. De telles analyses peuvent également être exécutées au niveau régional. D'autres chercheurs ont ainsi récemment mesuré la croissance scientifique sur le continent africain, démontrant que le nombre de publications scientifiques provenant de chercheurs africains a grimpé plus rapidement que le nombre de publications scientifiques au niveau international depuis 2004 [13]. La composition des équipes de recherche s'avère un autre aspect intéressant de l'innovation pouvant être évalué à l'aide d'outils bibliométriques. Wuchty et al. ont analysé 19 millions de publications scientifiques afin d'illustrer que les équipes de recherche dominant désormais les auteurs solo dans la production de connaissance au sein de presque tous les domaines de recherche [14]. Ils ont par ailleurs prouvé que les publications comptant plus d'un auteur ont généralement un plus grand impact et sont citées davantage.

Les méthodes bibliométriques ont également été utilisées afin de mesurer l'innovation dans le domaine biomédical. Des chercheurs ont par exemple évalué la trajectoire de certaines disciplines de recherche en observant la localisation des mots clés associés aux publications au sein du thésaurus de thèmes de la recherche médicale « Medical Subject Headings (MeSH) », développé par les instituts nationaux de santé américains, afin d'indexer les publications scientifiques [15]. Ces analyses leur ont permis

d'identifier les trajectoires distinctes de la recherche fondamentale et de la recherche appliquée dans une branche spécifique de la R&D en génétique. D'autres chercheurs ont pour leur part identifié les tendances prédominantes dans le domaine spécifique de la recherche sur les cellules souches de 1991 à 2006 [16]. En ayant recours aux titres des publications, ainsi qu'aux mots clés associés aux publications, leurs analyses leur ont notamment permis d'estimer l'importante croissance future des connaissances dans le domaine de la recherche sur les cellules souches ainsi que d'identifier les thèmes de recherche spécifiques susceptibles de soutenir l'intérêt des chercheurs dans les années à venir. Agarwal et Searls ont également pu identifier les thèmes de recherche les plus prometteurs sur le plan thérapeutique dans le domaine de la recherche pharmaceutique en soumettant les résumés des publications répertoriées dans la base de données de littérature biomédicale PubMed et les citations des publications par les pairs à une nouvelle méthode d'analyse bibliométrique [17].

Les études présentées préalablement avaient principalement pour objectif de dresser un portrait de la connaissance scientifique aux niveaux international, régional, ainsi que dans le domaine de la recherche biomédicale dans le but de prédire ou d'orienter la trajectoire future de l'innovation. Certains chercheurs ont toutefois tourné leur attention vers le rôle joué par des composantes spécifiques du système d'innovation, dont la PI, dans le progrès scientifique.

## La mesure de l'impact de la propriété intellectuelle sur l'innovation

La croissance de l'économie du savoir au cours du dernier siècle a mené à l'importance accrue accordée aux mécanismes de protection de la PI sur des connaissances scientifiques intangibles. Le brevet, défini comme étant le droit légal d'un inventeur d'exclure les tiers de fabriquer ou d'utiliser une invention, est le principal outil de protection de la PI [18]. Ce droit est généralement limité dans le temps, la limite étant fixée à 20 ans à partir de la date du dépôt de la demande de brevet dans bien des pays [19]. Ce droit accordé à l'inventeur d'empêcher temporairement les tiers d'imiter son invention a pour but de récompenser et d'encourager l'innovation. En contrepartie, l'inventeur doit rendre public les détails de son invention afin de permettre aux tiers de tirer parti des nouvelles connaissances qui la sous-tendent [20].

Le droit des brevets a une longue histoire et l'on retrace certaines des premières formes de brevets en Italie des années 1420. La forme contemporaine du brevet, nécessitant un modèle de fonctionnement ou une description écrite de l'invention, remonte pour sa part au début du 18<sup>e</sup> siècle, ayant premièrement fait son apparition au Royaume-Uni dans le cadre de la révolution industrielle [18]. L'économie de la connaissance n'a toutefois pris son envol que dans les années 1980, alors que les secteurs industriels basés sur l'innovation technologique ayant recours aux nouvelles connaissances, tels que le secteur biomédical, se sont établis comme les moteurs de l'économie. Cette transformation de l'économie a mené à la réalisation que les nouvelles connaissances sont évasives puisqu'elles sont difficiles à

définir, à échanger et à contrôler et qu'il est difficile d'en déterminer la valeur [21]. L'incertitude causée par la difficulté à cerner la valeur commerciale des connaissances intangibles entraîna éventuellement l'adoption de lois accordant des droits de propriété sur les nouvelles connaissances. La PI devint ainsi le mécanisme de choix afin de protéger la valeur des connaissances intangibles et d'ainsi permettre aux compagnies de se munir d'une protection juridique contre leurs compétiteurs afin de bonifier leur avantage stratégique basé sur l'innovation technologique [21].

L'impact de la PI sur l'innovation est un important thème de recherche dans la littérature sur l'innovation et la croissance. Il n'existe toutefois toujours pas de consensus sur la question, alors que certains auteurs avancent que la PI nuirait à l'innovation en freinant le transfert et l'accumulation des connaissances [22–26], tandis que d'autres ont démontré qu'elle faciliterait en fait le partage des connaissances et l'accès aux investissements nécessaires au développement d'applications technologiques [27,28]. Bien que l'innovation soit cruciale au développement économique et social, l'impact de la PI sur l'innovation demeure ainsi assez mal compris. Une meilleure compréhension des obstacles posés par la PI à l'innovation en fonction du domaine de recherche et du type de propriétaire de PI s'avère cependant nécessaire afin de déterminer la force et la portée optimales des droits de PI en fonction des circonstances et d'ainsi établir des politiques d'innovation efficaces afin d'encourager la R&D dans les secteurs public et privé [29].

Les études ayant pour but de mesurer l'impact de la PI sur l'innovation sont principalement basées sur des méthodes d'analyse bibliométrique et ont été réalisées dans le domaine biomédical. Murray et Stern ont par exemple développé une méthodologie prenant avantage du fait que certaines publications scientifiques du domaine biomédical sont associées à un brevet spécifique, qui est cependant octroyé suite à un délai pouvant aller jusqu'à plusieurs années après la publication [23]. Le délai avant l'octroi du brevet leur permit de constater l'effet négatif des brevets sur le taux d'innovation en observant les citations des publications associées aux brevets avant et après leur octroi. Cette méthode fut par la suite reprise par Huang et Murray afin d'évaluer l'effet de la PI couvrant les gènes sur l'innovation dans le domaine de la génétique [24]. Cependant, en plus de confirmer les résultats précédents sur l'impact négatif de l'octroi du brevet sur le taux d'innovation, les auteurs se sont également attardés à l'impact de la force et de la portée du brevet, ainsi que de la force de ses liens avec d'autres brevets sur l'innovation subséquente, découvrant que ceux-ci avaient un impact négatif significatif. Les auteurs ont par ailleurs mesuré les impacts négatifs de l'affiliation du chercheur ayant obtenu le brevet à une institution privée et de l'utilité accrue de l'invention brevetée sur le taux d'innovation.

Williams poursuivit par la suite ces travaux en évaluant l'impact des brevets sur les gènes obtenus par la compagnie Celera dans le cadre du séquençage du premier génome humain [25]. Celera dut rapidement placer sa PI sur les gènes dans le domaine public en raison de pressions politiques et d'une entente avec la communauté internationale de chercheurs en génomique participant au projet. Ce contexte empirique permit à Williams de comparer le nombre de

publications portant sur les gènes protégés par la PI de Celera au nombre de publications portant sur les gènes placés dans le domaine public par les chercheurs financés par des fonds publics afin de mesurer l'impact de la PI sur le taux d'innovation dans le domaine de la génomique. Ses résultats démontrant l'impact considérablement négatif de la PI sur le taux d'innovation furent également confirmés par la comparaison du nombre de publications sur les gènes appartenant à Celera avant et après que ceux-ci soient placés dans le domaine public. À contrario, de récentes recherches effectuées par Sampat et Williams mesurant de manière similaire l'innovation par l'entremise des publications sur les gènes, mais portant sur l'ensemble des gènes pour lesquels une demande de brevet a été présentée à l'office des brevets et des marques des États-Unis, n'ont pas démontré que la PI avait un impact négatif sur le taux d'innovation subséquente [30].

Enfin, un important article publié en 2016 par Murray et al. tourna l'attention des chercheurs vers les effets de la PI sur la composition de l'innovation [26]. Ces auteurs se penchèrent sur l'effet au sein du domaine de la recherche en oncologie d'un accord entre les Instituts de santé nationaux américains et la compagnie DuPont, afin de placer dans le domaine public les brevets qu'elle détenait sur certains oncosouris, un type de souris génétiquement modifiée utilisée à grande échelle comme outil pour la recherche sur le cancer. Les chercheurs ont comparé les citations des publications associées aux oncosouris dont les droits étaient détenus par DuPont à celles des publications associées aux oncosouris n'ayant jamais été brevetés, tout en observant les distinctions entre ces deux types de publications en ce qui a trait aux mots clés, aux journaux scientifiques et à la nature fondamentale ou appliquée de ces journaux. Ils ont ainsi pu identifier une augmentation significative du nombre de chercheurs entrant dans ce domaine de recherche, une augmentation significative des thèmes de recherche abordés, une augmentation significative de la diversité des journaux scientifiques au sein desquels paraissaient les publications ainsi qu'une augmentation significative de publications tout autant de nature fondamentale que de nature appliquée dus au retrait de l'exercice des droits de PI sur les oncosouris.

Préalablement à ces travaux de recherche, le débat scientifique sur le rôle joué par la PI dans le système d'innovation demeurait largement théorique [30]. Les méthodes empiriques basées sur la bibliométrie utilisées dans ces travaux ont toutefois permis de mettre à jour l'effet généralement négatif des brevets sur le taux d'innovation subséquente, tout particulièrement dans le secteur biomédical. Il n'en demeure pas moins qu'il reste fort à faire afin de mettre à jour les effets de la PI sur les caractéristiques de l'innovation subséquente.

## Nouvelles pistes de recherche

Les recherches présentées dans les pages précédentes portaient principalement sur l'impact spécifique de la PI sur le taux d'innovation subséquente mesurée par l'entremise de citations de publications. Murray et al. ont pour leur part le mérite d'avoir fait avancé la réflexion sur l'impact de la PI en se tournant vers l'analyse de la composition des

innovations subséquentes [26]. La généralisabilité des résultats de leur analyse à cet égard est toutefois limitée en raison du type de technologie observé dans leur étude. En effet, les oncosouris étant un outil de recherche sur le cancer ayant pour vocation d'être utilisé à grande échelle, il semble aller de soi que l'absence de droits de PI laisse place à l'entrée accrue de nouveaux chercheurs dans le domaine et à leur utilisation de manière davantage diversifiée, couvrant de nouveaux thèmes de recherche sur le cancer. L'absence de PI aurait toutefois probablement un effet moindre dans le cadre de l'utilisation d'une technologie n'ayant pas spécifiquement pour vocation de faciliter l'exécution de projets de recherche couvrant différents thèmes. Ainsi, il apparaît que les droits de PI sur différents types de technologie sont susceptibles d'entraîner des conséquences distinctes en ce qui a trait à l'innovation subséquente. Par exemple, alors que la recherche fondamentale est plus éloignée du stade de la commercialisation de la recherche, il est possible que la PI sur les connaissances fondamentales ait un effet différent sur l'innovation subséquente que la PI sur des connaissances issues de la recherche appliquée. De futurs travaux de recherche pourraient donc notamment porter sur les effets distincts des barrières au partage des connaissances selon qu'elles portent sur des connaissances fondamentales ou appliquées.

De plus, l'impact de la PI sur la qualité ou le caractère disruptif des innovations subséquentes n'a pas été étudié. Cela s'avère néanmoins une problématique cruciale, alors que l'objectif des politiques d'innovation est d'encourager l'exécution de recherches susceptible de contribuer de manière significative au progrès économique et social. En effet, bien que la PI semble freiner l'innovation, il demeure possible qu'elle force en fait les chercheurs à consacrer leurs efforts aux domaines et thèmes de recherche les plus susceptibles de mener à des découvertes significatives et disruptives. Alternativement, puisque la PI semble empêcher l'entrée de nouveaux chercheurs dans un domaine de recherche, il est possible qu'elle retarde la réalisation d'importantes innovations potentiellement disruptives en réduisant le nombre de chercheurs pouvant y contribuer. Le fait que des hypothèses opposées puissent être proposées témoigne d'ailleurs du manque à combler en ce qui concerne notre compréhension des effets des droits de PI à cet égard.

Par ailleurs, plusieurs questions restent toujours sans réponses en ce qui concerne l'influence de la PI sur les caractéristiques des innovateurs. Murray et al. démontrent que l'absence de PI mène à une plus grande diversité au sein des chercheurs du domaine de l'oncologie génétique, puisqu'ils observent l'entrée de nouveaux chercheurs dans ce domaine et que ces chercheurs sont généralement affiliés à des institutions de recherche également nouvelles dans le domaine. Nous en savons toutefois très peu sur ces nouveaux innovateurs attirés au sein d'un domaine de recherche par l'absence de PI ainsi que sur les institutions auxquelles ils sont rattachés. Il est par exemple possible que la PI ait un impact différent en fonction du statut de l'innovateur et de celui de son institution d'appartenance. Les sociologues de la science Cole et Cole expliquaient déjà en 1973 que la capacité d'un chercheur d'accéder aux ressources nécessaires à la production scientifique est liée à son statut au sein de la communauté scientifique [31]. Il a d'ailleurs été

démontré que la perception par la communauté scientifique de la qualité des travaux d'un chercheur est influencée par son statut [32–34]. La recherche étant généralement de nature incrémentale, elle nécessite bien souvent l'accès à des ressources intellectuelles protégées par la PI [35]. Les chercheurs ayant un statut élevé devraient donc avoir une plus grande facilité à exécuter leurs recherches au sein d'un système d'innovation dont l'accès aux connaissances est restreint par la PI. L'absence de PI devrait ainsi bénéficier davantage aux chercheurs ayant un statut inférieur. Alternativement, il est possible que la PI joue un rôle mineur à cet égard alors qu'une production moindre des chercheurs ayant un faible statut pourrait être expliquée par leur plus grande difficulté à accéder aux ressources financières nécessaires à la production scientifique. Des recherches futures sur ces questions aideraient à clarifier le rôle joué par le statut des chercheurs dans la relation entre la PI et l'innovation.

Finalement, le caractère public ou privé des innovateurs ainsi que des propriétaires initiaux de la PI a reçu peu d'attention jusqu'à maintenant. Il serait par exemple intéressant d'observer si la PI pousse davantage les chercheurs rattachés à des institutions publiques et privées à collaborer. De récentes recherches ont par ailleurs démontré que les chercheurs du domaine biomédical affiliés à des institutions publiques ne considéreraient pas être réellement limités dans leurs recherches par la PI [36]. Tester ces hypothèses de manière empirique permettrait d'éclaircir l'impact distinct que peut avoir la PI pour les chercheurs œuvrant dans des institutions publiques ou privées. D'autre part, il est possible que le caractère public ou privé de l'innovateur ou institution innovatrice propriétaire de la PI entraîne des conséquences distinctes concernant l'innovation subséquente. Il serait notamment possible que le caractère public du détenteur d'un brevet pousse les chercheurs à moins se soucier du respect du brevet en raison du risque plus faible de se faire poursuivre pour violation de brevet tandis qu'un brevet détenu par une compagnie privée serait davantage susceptible d'être respecté au regard de la plus grande motivation de celle-ci à revendiquer ses droits en cours pour le faire respecter. D'autre part, les petites compagnies privées, telles que les *startups*, pourraient également être perçues comme n'ayant pas la capacité financière de défendre leurs brevets devant les tribunaux, ce qui pourrait possiblement pousser les chercheurs à passer outre les droits de PI nécessaires à leurs recherches. Ces quelques pistes de recherche devraient désormais être approfondies afin d'affiner et nuancer notre compréhension de l'impact de la PI sur différents aspects de l'innovation et du progrès scientifique.

## Conclusion

Dans cet aperçu de l'utilisation des méthodes bibliométriques dans la recherche sur l'innovation, nous avons premièrement dressé un bref portrait de la bibliométrie et présenté des exemples d'applications clés de cette discipline ayant permis de mesurer la croissance scientifique et d'établir la trajectoire de différents domaines de recherche. Nous avons ensuite discuté des limites posées par la PI à l'innovation et fait état des récents travaux de recherche empirique sur la question, principalement

basés sur l'utilisation d'outils bibliométriques. Finalement, nous avons souligné les limites de ces études et présenté des pistes de recherche visant à affiner et nuancer notre compréhension de l'impact de la PI sur différents aspects de l'innovation et du progrès scientifique. Les recherches futures dans ce domaine seront notamment susceptibles d'éclairer les décideurs publics dans le cadre de l'établissement des politiques nationales et internationales en matière d'innovation et de PI.

## Déclaration de liens d'intérêts

L'auteur déclare ne pas avoir de liens d'intérêts.

## Références

- [1] United Nations Millenium Project – Science Technology Task Force – Genomics Working Group. *Genomics and Global Health*. Toronto: University of Toronto Joint Centre for Bioethics; 2004.
- [2] Seung S. *Connectome*. Houghton Mifflin Harcourt: Boston; 2012.
- [3] Chesbrough He. *Open innovation: the new imperative for creating and profiting from technology*. Cambridge: Harvard Business School Publishing Corporation; 2006.
- [4] Lundvall B-A, Borrás S. Science, technology, and innovation policy. In: Fagerberg J, Mowery DC, Nelson RR, editors. *The Oxford Handbook of Innovation*. Oxford: Oxford University Press; 2006.
- [5] Mowery DC, Bhaven NS. Universities in national innovation systems. In: Fagerberg J, Mowery DC, Nelson RR, editors. *The Oxford handbook of innovation*. Oxford: Oxford University Press; 2006.
- [6] Meissner D, Sokolov A. Foresight and science, technology and innovation indicators. In: Gault F, editor. *Handbook of innovation indicators and measurement*. Cheltenham: Edward Elgar Publishing; 2013.
- [7] Lerner J. The Empirical impact of intellectual property rights on innovation: puzzles and clues. *Am Econ Rev* 2009;99:343–8.
- [8] De Bellis N. *Bibliometric and citation analysis: from the science citation index to cybermetrics*. Toronto: The Scarecrow Press; 2009.
- [9] Organisation de coopération et développement économiques. *Manuel d'Oslo : principes directeurs pour le recueil et l'interprétation des données sur l'innovation*. 3<sup>e</sup> ed Paris: Organisation de coopération et développement économiques; 2005.
- [10] Norton MJ. *Introductory concepts in information science*. New Jersey: American Society for Information Science; 2000.
- [11] Daim TU, Rueda G, Martin H, Gerdts P. Forecasting emerging technologies: use of bibliometrics and patent analysis. *Technol Forecast Soc Change* 2006;73:981–1012.
- [12] Bornmann L, Mutz R. Growth rates of modern science: a bibliometric analysis based on the number of publications and cited references. *J Am Assoc Informa Sci Technol* 2015;66:2215–22.
- [13] Confraria H, Goldinho MM. The impact of African science: a bibliometric analysis. *Scientometrics* 2015;102:1241–68.
- [14] Wuchty S, Jones BF, Uzzi B. The increasing dominance of teams in production of knowledge. *Science* 2007;316:1036–9.
- [15] Leydesdorff L, Rotolo D, Rafols I. Bibliometric perspectives on medical innovation using the medical subject headings of PubMed. *J Am Assoc Inform Sci Technol* 2012;63:2239–53.
- [16] Ling-Li L, Ding G, Feng N, Wang MH, Hoc YS. Global stem cell research trend: bibliometric analysis as a tool for mapping of trends from 1991 to 2006. *Scientometrics* 2009;80:39–58.

- [17] Agarwal P, Searls DB. Can literature analysis identify innovation drivers in drug discovery? *Nat Rev Drug Discov* 2009;8:865–78.
- [18] Hall BH. Patents and patent policy. *Oxford Rev Econ Policy* 2007;23:568–87.
- [19] Organisation mondiale du commerce. Accord sur les aspects de droit de propriété intellectuelle qui touchent au commerce. Genève: Organisation mondiale du commerce; 1994.
- [20] Arrow KJ. Economic welfare and the allocation of resources for invention. In: Nelson RR, editor. *The rate and direction of inventive activity*. Princeton: Princeton University Press; 1962.
- [21] The Innovation Partnership – International Expert Group on Biotechnology, Innovation, Intellectual Property. *Toward a new era of intellectual property: from confrontation to negotiation*. Montréal: The Innovation Partnership; 2008.
- [22] Heller MA, Eisenberg RS. Can patents deter innovation? The anticommons in biomedical research. *Science* 1998;280:698–701.
- [23] Murray F, Stern S. Do formal intellectual property rights hinder the free flow of scientific knowledge? An Empirical test of the anti-commons hypothesis. *J Econ Behav Orga* 2007;63:648–87.
- [24] Huang KG, Murray FE. Does Patent strategy shape the long-run supply of public knowledge? Evidence from human genetics. *Acad Manag J* 2009;52:1193–221.
- [25] Williams HL. Intellectual property rights and innovation: evidence from the human genome. *J Political Eco* 2013;121:1–27.
- [26] Murray F, Aghion P, Dewatripont M, Kolev J, Stern S. Of mice and academics: examining the effect of openness on innovation. *Am Eco J* 2016;8:212–52 [Economic Policy].
- [27] Gans JS, Hsu DH, Stern S. The impact of uncertain intellectual property rights on the market for ideas: evidence from patent grant delays. *Manag Sci* 2008;54:982–97.
- [28] Farre-Mensa J, Hedge D, Ljungqvist A. The bright side of patents; 2016 [USPTO Working Paper No. 2015-5].
- [29] Galasso A, Schankerman M. Patents and cumulative innovation: causal evidence from the courts. *Q J Econ* 2015;130:317–69.
- [30] Sampat B, Williams HL. How do patents affect follow-on innovation? Evidence from the human genome. *Natl Bur Econ Res* 2015 [Working Paper No. 21666].
- [31] Cole JR, Cole S. *Social stratification in science*. Chicago: University of Chicago Press; 1973.
- [32] Merton RK. The Matthew effect in science. *Science* 1968;159:56–63.
- [33] Azoulay P, Stuart T, Wang Y. Matthew: effect or fable? *Manag Sci* 2014;60:92–109.
- [34] Azoulay P, Fons-Rozen C, Graff Zivin JS. Does science advance one funeral at a time? *Natl Bur Econ Res* 2015 [Working Paper No. 21788].
- [35] Scotchmer S. Standing on the shoulders of giants: cumulative research and the patent law. *J Econ Perspect* 1991;5:29–41.
- [36] Walsh JP, Cohen WM, Cho C. Where excludability matters: material versus intellectual property in academic biomedical research. *Research Policy* 2007;36:1184–203.