



**HAL**  
open science

## Très grandes infrastructures de recherche et industrie pharmaceutique

Nuria Moratal

► **To cite this version:**

Nuria Moratal. Très grandes infrastructures de recherche et industrie pharmaceutique. Les capacités créatives des organisations ouvertes, ISTE Group, 2023, 9781784059644. hal-04576453

**HAL Id: hal-04576453**

**<https://hal.science/hal-04576453>**

Submitted on 15 May 2024

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Copyright

# Très grandes infrastructures de recherche et industrie pharmaceutique

## Introduction

L'objectif de ce chapitre est d'explorer, à travers d'une étude de cas, comment un partenariat entre une très grande infrastructure de recherche (TGIR) et plusieurs sociétés du secteur pharmaceutique et agroalimentaire, peut contribuer au développement des capacités créatives à la fois de l'infrastructure et des entreprises membres. Les TGIR sont définies comme des instruments, des équipements et des ressources scientifiques complexes qui nécessitent des investissements substantiels et des efforts de mise en réseau. Elles sont financées par des organismes nationaux ou supranationaux et partagées par des communautés de scientifiques (Qiao et al., 2016). Les exemples les plus emblématiques sont les grands instruments tels que les télescopes et les synchrotrons<sup>1</sup> mais les TGIR peuvent prendre aussi la forme de ressources distribuées tels que des réseaux d'instruments, des collections ou des archives. Plus récemment, certaines infrastructures ont été construites dans le but d'offrir de ressources numériques telles que des grandes bases de données. Dans ce chapitre nous étudions ce dernier cas. L'objectif des pouvoirs publics, avec le développement de tous les formes de TGIR, est de favoriser les découvertes scientifiques de rupture, en proposant aux chercheurs du secteur publique et privée l'accès à des instruments et ressources complexes et précieuses qui favorisent la production de connaissances pour faire face aux grands défis sociétaux (ESFRI, 2011).

Au-delà de l'accès à ces ressources pointues, les TGIR peuvent aussi offrir un lieu de rencontre et co-développement. En effet, le coût et la complexité de ces ressources fait qu'elles sont hors de portée de la plupart des organismes universitaires individuels qui n'ont accès ni aux ressources financières, ni à l'éventail de compétences nécessaire pour les développer et les gérer. Ces infrastructures sont, donc, ouvertes aux différentes communautés d'utilisateurs qui les partagent. Les TGIRs ne se limitent, cependant pas, à fournir des ressources rares à ses communautés d'utilisateurs. Les scientifiques responsables du fonctionnement des TGIRs collaborent constamment avec les utilisateurs pour les former, pour adapter les ressources et outils à leurs besoins et pour explorer ensemble des nouvelles questions de recherche (Hackett et al., 2004; Hallonsten, 2016). Si les TGIR restent sous-étudiés, quelques travaux ont exploré les différents types de collaborations qu'elles permettent. En effet, cette collaboration dépasse souvent la fourniture quasi unidirectionnelle d'un service spécialisé et devient une collaboration scientifique entre pairs (D'Ippolito and Rüling, 2019; Enger and Gulbrandsen, 2020). Celle-ci peut prendre des formes diverses, les plus habituels étant écrire un article de recherche, codiriger une thèse ou explorer des nouvelles idées de recherche. Parfois, les collaborations au sein des TGIRs suivent une logique d'innovation ouverte, à savoir : des partenariats avec un partage de connaissances récurrent visant au développement de nouvelles techniques et méthodes de recherche et à l'amélioration des instruments et outils proposés (Beck et al., 2022; Yang and Xu, 2020).

---

<sup>1</sup> Un synchrotron est un instrument électromagnétique de grande taille destiné à l'accélération de particules. Le plus grand et plus célèbre synchrotron est le Grand Collisionneur de Hadrons (LHC) de 27 kilomètres de circonférence, proche de Genève en Suisse, construit en 2008 par l'Organisation européenne pour la recherche nucléaire (CERN), mais il existe environ 70 synchrotrons de plus petite taille dans le monde avec des caractéristiques techniques et des usages divers.

Des nombreux travaux de recherche ont montré que les pratiques d'innovation ouverte des entreprises contribuent au développement de nouvelles capacités créatives ainsi que au renforcement des capacités créatives existantes (voir Gassmann et al., 2010; Mérindol and Versailles, 2017; Richter et al., 2018; West and Bogers, 2017). Ceci est possible car ces collaborations permettent d'accéder à des connaissances externes (Baycan et al., 2017; Durantou and Puga, 2004) et de développer des nouvelles compétences (Caloghirou et al., 2004). Dans ce chapitre nous nous intéressons à comment les pratiques d'innovation ouverte pourraient contribuer au développement des capacités créatives dans le cas de TGIRs et de ses utilisateurs. Contrairement à d'autres secteurs d'activité, dans la pratique scientifique, y inclus dans la très compétitive industrie pharmaceutique, les collaborations sont habituelles. Il est donc intéressant d'étudier comment des collaborations de long terme peuvent impacter la créativité, dans une activité où les échanges de connaissances récurrents sont déjà la norme. De plus, nous étudierons le cas particulier d'une très grande base de données. La science étant aujourd'hui de plus en plus gourmande en données, et les techniques pour exploiter ces données devenant de plus en plus complexes (Agarwal and Dhar, 2014), il est intéressant d'étudier comment une collaboration entre les fournisseurs et les utilisateurs d'une base de données peut avoir un impact sur les capacités créatives de tous les deux.

Plus concrètement, alors que la majorité de la recherche sur les TGIR s'intéresse aux utilisateurs venant d'universités publiques, nous étudions ici le cas d'organisations privées du secteur pharmaceutique. Ce dernier est particulièrement intéressant à étudier parce que l'industrie pharmaceutique souffre d'une longue crise de l'innovation (Laermann-Nguyen and Backfisch, 2021), avec des dépenses en recherche fondamentale qui ne cessent d'augmenter malgré une stagnation des publications scientifiques, des brevets et de la sortie de nouveaux médicaments (Lakdawalla, 2018). Ces entreprises cherchent à sortir de cette crise en développant de nouvelles capacités créatives, ce qui se fait, en partie, au travers de collaborations diverses, y inclus les collaborations au sein des TGIR (Munos, 2016). Dans la section suivante, nous donnons un aperçu de ce à quoi ressemblent les collaborations dans ce type d'infrastructure de recherche. Ensuite, nous étudions un cas particulier de partenariat de longue durée entre une infrastructure fournisseuse de bases de données et plusieurs entreprises pharmaceutiques. Enfin, nous prenons un peu de distance et discutons de la manière dont les entreprises peuvent mieux tirer profit de ces collaborations.

## Créativité et collaboration dans la pratique scientifique

La science a souvent été considérée, avec l'art, comme un secteur d'activité naturellement créatif. La production scientifique est un processus par lequel les scientifiques combinent différentes connaissances afin d'en créer de nouvelles (Romer, 1994; Simonton, 2004; Weitzman, 1998) et cette notion de combinaison est centrale dans l'étude de la créativité. Arthur Koestler (1964), l'un des premiers auteurs à théoriser la créativité et à développer une théorie générale qui l'explique, considère le concept de bisociation comme étant au centre de la créativité. La bisociation consiste à réunir plusieurs cadres de pensée qui n'avaient jusqu'alors jamais été combinés. Koestler inclut dans sa notion de « cadre de pensée » des habitudes, des compétences, des routines ou des codes de comportement et propose que tout acte de création suit cette logique, quel que soit le secteur d'activité. Dans la recherche scientifique, la prise de conscience que deux cadres précédemment déconnectés sont compatibles et permettent de mieux comprendre un phénomène ou résoudre un problème génère l'expérience d'« Eureka » (Cohendet, 2016). Pour avoir accès à divers cadres de pensée, les scientifiques ont toujours collaboré. Le rythme de ces collaborations a augmenté pendant les dernières décennies et la science est devenue une activité principalement collective (Bozeman and Youtie, 2017; Cummings and Kiesler, 2014) avec une fréquence de collaborations scientifiques qui ne cesse d'augmenter (Lovasz-Bukvova and Helena, 2010) et une disparition presque complète des

articles à auteur unique dans certaines disciplines (Bozeman et al., 2013). Plus les chercheurs collaborent, plus les résultats de leur recherche deviennent créatifs (Heinze et al., 2009).

Si traditionnellement ce sont les chercheurs qui ont créé leurs propres réseaux de collaboration pour répondre à leur spécialisation croissante, ainsi que par les exigences des programmes publics de financement de leurs projets de recherche (Sonnenwald, 2007), ces collaborations cherchent de plus en plus à établir des partenariats durables entre organisations (Barrett et al., 2014) pour faire face ensemble aux grands défis scientifiques (Beck et al., 2022; Enger and Gulbrandsen, 2020; Hall et al., 2018). Parce que les TGIRs offrent des ressources technologiques rares pour lesquels toutes leurs applications ne sont pas encore connues (Gambardella et al., 2021; Rådberg and Löfsten, 2022), ces partenariats de long terme sont nécessaires et offrent un grand potentiel créatif. Prenons l'exemple d'une infrastructure fournisseuse de données et des entreprises de l'industrie pharmaceutique utilisatrices de ces bases de données. L'échange entre utilisateurs et fournisseurs de données permet, comme nous l'illustrerons dans ce chapitre, aux utilisateurs de mieux comprendre les données et aux fournisseurs de mieux comprendre les besoins des utilisateurs. En outre, les partenariats permettent de faire face à des problèmes complexes (Pfothenauer et al., 2016) à travers l'échange de connaissances tacites, et la mise en commun des compétences pour avancer vers un objectif commun de long terme (Vick and Robertson, 2018). Par le biais de ces collaborations étroites, les organisations apprennent des façons de travailler, routines et habitudes de leurs partenaires ce qui contribue à créer de nouveaux cadres de pensée pour interpréter leur activité (Levitt and March, 1988), ce qui permet à l'organisation d'être créative.

Cependant, celles-ci, offrant des données complexes accessibles à distance, deviennent plus en plus importantes dans beaucoup de domaines de la science et sont considérées par beaucoup comme l'élément central sur lequel la science va se construire pendant les années à venir. En effet, si la science a toujours produit des données par l'observation et la prise des notes sur le monde environnant, avec les instruments de mesure récents (tels que les satellites ou les grands télescopes pour l'astronomie ou les séquenceurs pour la génétique), la quantité de données a cru de façon exponentielle et ces dernières ne peuvent plus être gérées à l'échelle d'une seule organisation (André, 2014). En outre, la croissance rapide des données remet en question la capacité technologique à stocker et à maintenir ces données ainsi qu'à les offrir à la communauté scientifique. Des compétences et technologies de pointe, ainsi que de grands investissements, sont nécessaires pour y arriver et de plus en plus de TGIR digitales vont se développer pour répondre à ce besoin.

## Le cas d'un partenariat autour d'une grande base de données

Pour mieux comprendre comment les collaborations au sein des TGIR peuvent contribuer au développement des capacités créatives des organisations, nous étudions le cas d'une collaboration autour des grandes bases des données proposées par l'EMBL-EBI, l'Institut Européen de Bioinformatique. Le Laboratoire européen de biologie moléculaire (EMBL), est une structure internationale de recherche créée en 1974 par dix pays<sup>2</sup> et rejointe par la suite par 14 autres pays<sup>3</sup>. Ayant pour vocation le développement de recherches en biologie structurale, les états membres contribuent financièrement aux programmes de recherche de l'EMBL et sont responsables de toutes

---

<sup>2</sup> L'Autriche, le Danemark, la France, l'Allemagne, Israël, l'Italie, les Pays-Bas, la Suède, la Suisse et le Royaume-Uni

<sup>3</sup> La Finlande (1984), la Grèce (1984), la Norvège (1985), l'Espagne (1986), la Belgique (1990), le Portugal (1998), l'Irlande (2003), l'Islande (2005), la Croatie (2006), le Luxembourg (2007), la République tchèque (2014), Malte (2016), la Hongrie (2017), la Slovaquie (2018), le Monténégro (2018), la Pologne (2019) et la Lituanie (2019).

les décisions importantes concernant l'organisation et ses activités prises au sein du Conseil de l'EMBL. EMBL, avec son siège à Heidelberg en Allemagne, comprend cinq autres sites en Europe. L'un de ces sites, situé à Hixton, près de Cambridge au, accueille le « European Bioinformatics Institute » (EBI), une sous-division d'EMBL qui propose plusieurs bases de données<sup>4</sup> biologiques complexes et qui effectue de la recherche en bio-informatique. La bio-informatique est un domaine scientifique interdisciplinaire<sup>5</sup> qui développe des méthodes et outils numériques pour comprendre des données biologiques volumineuses et complexes. Les ressources proposées par EBI sont ouvertes et les utilisateurs sont à la fois des chercheurs venant d'organismes publics et privés. EBI propose des formations en ligne et sur site gratuites aux utilisateurs qui cherchent à monter en compétences dans l'utilisation de leurs bases de données.

Par ailleurs, EBI propose aux utilisateurs industriels de participer au partenariat Industriel (« Industry Programme » en anglais), créé en 1996 avec deux grands objectifs : établir des collaborations scientifiques pré-concurrentielles avec des acteurs industriels et mieux comprendre leurs besoins. Il s'agit d'un partenariat payant destiné aux entreprises qui utilisent de manière régulière et significative les données et les ressources fournies par EMBL-EBI dans le cadre de leur recherche. Le programme offre des rencontres trimestrielles dans lesquels les managers des services de bioinformatique des entreprises adhérentes se rencontrent pendant une semaine. Ces rencontres visent à développer des projets collaboratifs et servent aussi à exprimer les besoins des utilisateurs, explorer les possibles développements futurs de la discipline et l'infrastructure, réaliser des ateliers, des séminaires et des formations sur des sujets prioritaires par les membres. Le nombre d'adhérents à ce programme change d'année en année, il est toujours compris entre 25 et 30 et regroupe la plupart des entreprises dites « big pharma »<sup>6</sup>, ainsi que certaines entreprises pharmaceutiques de taille plus petite et entreprises du secteur agroalimentaire. Pour étudier comment la participation à ce partenariat contribue à développer des capacités créatives nous avons réalisés 8 entretiens : 5 entreprises pharmaceutiques, une entreprise agroalimentaire, un chercheur de EBI et un manager de EBI. Ces entretiens ont été réalisés sur le site de EBI, au cours de l'un des rencontres de ce partenariat industriel Le tableau suivant donne un aperçu de ces entretiens.

Tableau 1: aperçu des entretiens

Pseudonyme	Type d'entreprise	Duration de l'entretien
Pharma1	big pharma	92 min
Pharma2	big pharma	95 min
Pharma3	big pharma	52 min
Pharma4	Petite pharma	60 min
Pharma5	Petite pharma	45 min
Agro	Agroalimentaire	95 min
EBI1	Chercheur à EBI	58 min
EBI2	Manager à EBI	60 min

<sup>4</sup> Ces bases de données contiennent des ressources essentielles pour la recherche médicale : par exemple, des séquences du génome, des séquences de protéines ou des structures de protéines.

<sup>5</sup> En tant que domaine scientifique interdisciplinaire, la bio-informatique combine la biologie, la chimie, la physique, l'informatique, l'ingénierie de l'information, les mathématiques et les statistiques pour analyser et interpréter les données biologiques.

<sup>6</sup> Ce terme désigne les très grandes entreprises pharmaceutiques qui sont présentes dans tous les continents, ont un chiffre d'affaires de plus de 10 milliards de dollars et comptent des dizaines de milliers d'employés.

## Un besoin de monter en compétences

Au cours des années 80 et pendant la première moitié des années 90 la taille et le prix des ordinateurs c'était fortement réduite et leur capacité de calcul avait fortement augmenté. En parallèle, l'utilisation de l'informatique pour la recherche en chimie et biologie était consolidée et les entreprises pharmaceutiques utilisaient des outils de bioinformatique pour traiter principalement des données générés internement. Malgré ce rôle central de l'informatique dans leur R&D, l'arrivée d'internet au milieu des années 90 et les avancés majeurs au niveau de la bioinformatique furent un bouleversement pour l'industrie. En effet ces évolutions entraînèrent une augmentation exponentielle des données disponibles et des nouvelles compétences furent nécessaires pour pouvoir les exploiter (Hogeweg, 2011). Les possibilités ouvertes par la nouvelle disponibilité des données n'étaient pas seulement quantitatives. Les nouvelles méthodes promettaient non seulement de pouvoir gérer de grandes quantités de données, mais aussi d'apporter une nouvelle compréhension de la biologie et de la génomique. Le besoin de mettre à jour leur éventail de compétences marque donc la deuxième moitié des années 90 pour les équipes de R&D de l'industrie pharmaceutique.

Si le Partenariat Industriel de EBI a toujours eu comme ambition de promouvoir le développement de projets collaboratifs concrets entre la recherche publique et privée, les débuts ont été marqués par ce fort besoin qu'avaient ses partenaires industriels de compréhension des méthodes et outils d'exploitation des très grandes bases de données en biologie. Pendant cette période, en participant au partenariat Industriel de EBI, les entreprises ont pu acquérir des nouvelles compétences, encore difficilement trouvables ailleurs puisqu'encore émergentes et non incluses dans la plupart de curriculums universitaires. Ces compétences étaient transmises à travers d'ateliers et conférences effectués par les scientifiques de EBI. EBI proposait également, en dehors du partenariat industriel, des programmes de formation gratuits, qui comprenaient un financement pour les chercheurs venant du secteur public. Des entreprises de l'industrie pharmaceutique y ont participé mais le Partenariat Industriel offrait l'opportunité d'aller encore plus loin dans la formation et d'accéder à des formations complémentaires, plus personnalisées et informelles. L'acquisition rapide des compétences encore rares est donc le premier et plus important gain pour les entreprises membres du partenariat comme le montrent les citations suivantes :

*« Nous avons atteint un très bon niveau en bioinformatique grâce aux formations de EBI et à notre participation au Partenariat Industriel. Au début, ce partenariat était axé sur la formation à l'utilisation des bases de données publiques disponibles, très peu de personnes possédaient ces compétences, nous ne nous ne possédions pas ces compétences. Mais chez EBI ils avaient des gens très compétents, les gens les plus compétents » Pharma1*

*« A l'époque, nous n'aurions pas trouvé [les compétences] ailleurs, pas le même niveau, cela ne faisait pas partie encore du programme académique des universités. » Pharma2*

Les personnes interrogées expliquent que la participation à ce partenariat leur a permis d'introduire de nouvelles méthodes et approches dans leur processus de recherche et de transmettre ces compétences à d'autres chercheurs de leur entreprise.

*« Cela nous a permis d'introduire des nouvelles méthodes de traitement de données complexes dans notre routine » Pharma2*

*« Ils nous ont accompagnés et ensuite nous avons pu accompagner les autres chercheurs et les autres équipes de notre entreprise » Pharma5*

Les scientifiques des entreprises ont également cherché, avec ce partenariat, à rencontrer leurs pairs d'autres entreprises, à partager leurs difficultés et les moyens de les résoudre. Les collaborations

formalisées étaient cependant rares durant cette phase, et se limitaient à convenir ensemble des demandes de formation et de conférence pour EBI, comme le montrent les citations suivantes :

*« Ce fut une période de changement passionnante mais aussi compliquée pour nous, scientifiques qui effectuons de la recherche fondamentale dans l'industrie. Nous avons apprécié partager cette expérience avec nos pairs. Nous n'avons pas encore de collaborations formalisées, mais nous pouvions discuter. » Pharma1*

*« Nous avons eu beaucoup de temps pour discuter et nous nous sommes rendu compte que nous avons des interrogations très similaires et que nous pouvions ensuite en faire partie à EBI » Pharma2*

### Des besoins de plus en plus pointus

Si les entreprises participant au partenariat Industriel ont rapidement intégré dans leurs compétences la capacité à utiliser et exploiter les bases de données publiques proposés par EBI, l'évolution rapide et constant de la bioinformatique a continué à exiger des efforts aux entreprises du secteur pharmaceutique en termes d'acquisition et mise à jour de leurs compétences au cours des années 2000. Dans la très compétitive industrie pharmaceutique, la première entreprise à breveter une nouvelle entité chimique (comme un nouveau candidat à médicament) pour un usage spécifique (un traitement médical) remporte tous les profits (Iskar et al. 2012). Les approches bioinformatiques développent des méthodes de prédiction et d'identification des entités chimiques à haut potentiel de devenir des médicaments (Whittaker 2003). Les entreprises ont rapidement compris que la maîtrise des bases de données publiques et la capacité à les exploiter était essentielle pour rester compétitives dans le secteur. Or, les techniques pour les exploiter étaient en constant et rapide évolution et il était encore un défi de suivre les avancées dans le domaine.

Tous les participants interrogés expriment que, une fois les compétences indispensables en bioinformatique maîtrisées, les ateliers proposés par le Partenariat Industriel ont continué et sont devenus de plus en plus spécialisés. Au-delà de la simple compréhension de l'utilisation des données, le partenariat a évolué et a commencé, au cours des années 2000, à couvrir un large éventail de sujets de recherche émergents qui avaient été ouverts par les nouvelles techniques disponibles. Pour les entreprises, le partenariat offre l'accès à des compétences pointues et difficilement accessibles car rares. En outre, il devient compliqué pour une seule organisation d'intégrer des chercheurs spécialisés dans toutes les thématiques émergents et pertinentes et le partenariat industriel permet aux entreprises d'accéder à certaines expertises qui sont rares et uniquement nécessaires de façon ponctuelle. Les citations suivantes illustrent cette nouvelle étape marquée par la recherche de compétences de plus en plus pointues et variées :

*« Puis [le partenariat] s'est déplacé vers des ateliers liés à la recherche en biologie systémique, en pharmacologie systémique et sur des sujets très pointus à chaque fois. [...] Tout va si vite, il y a toujours des sujets qui émergent et eux ils arrivent à suivre, ils ont les compétences. » Pharma1*

*« En tant qu'organisation et d'un point de vue stratégique, nous ne prévoyons pas d'avoir des centaines de bioinformaticiens spécialisés dans plusieurs méthodes, nous préférons travailler avec les meilleurs et les plus brillants en dehors de notre organisation [...] et le partenariat EBI nous permet cela. » Pharma2*

En outre, EBI propose la possibilité d'inviter des spécialistes ayant des compétences rares, il s'agit de ses propres chercheurs, mais aussi des chercheurs externes que EBI invite. Ces chercheurs offrent aux

partenaires d'EBI l'opportunité de discuter sur des sujets divers pendant les conférences et des ateliers qu'ils organisent, comme l'illustrent les citations suivantes :

*« Une autre incitation clé à participer [au partenariat] est la possibilité d'organiser des ateliers avec des experts mondialement connus sur des sujets très pointus et qui sont importants pour nous. Ces chercheurs travaillent dans des institutions de recherche publiques et ils ne viendraient pas nous parler dans notre entreprise, ils n'aideraient pas une entreprise pharmaceutique [...], mais ils viennent à EBI. EBI a une légitimité. Ils partagent des choses avec nous, nous pouvons leur poser des questions et ils peuvent nous aider à trouver des pistes pour des besoins émergents que nous ne pouvons pas résoudre seuls. » Pharma3*

Les personnes interrogées expliquent que l'introduction de nouvelles méthodes leur a permis de trouver plus de cibles, c'est-à-dire des composés prometteurs. S'il est difficile de quantifier dans quelle mesure la collaboration avec EBI a contribué à ces améliorations, les personnes interrogées s'accordent à dire que cela a eu un impact positif

*« Au fur et à mesure que nous utilisons de plus en plus de méthodes bioinformatiques, notre capacité à trouver des cibles augmentait, c'était le changement qui se produisait dans l'industrie. Maintenant tout le monde le fait, mais on espère, on croit que collaborer avec EBI nous a permis, peut-être, de le faire un peu mieux » Pharma3*

### La recherche de la longueur d'avance

Pendant les années 2010, les bases de données publiques, telles que celles de EBI, sont devenues essentielles pour l'activité de l'Industrie pharmaceutique et autres secteurs comme l'industrie agroalimentaire ou la chimie. La recherche en génétique, biologie et chimie dépend de la disponibilité des données, de la manière dont ces données sont présentées et des outils proposés par la plateforme pour les explorer. Comme nous l'avons vu, participer à ce partenariat avec EBI permet aux organisations de mieux maîtriser ces données. Avec le temps, les entreprises participant à ce partenariat ont monté en compétences et sont devenues des experts concernant les bases de données et les outils pour les exploiter. Parce que la discipline est toujours en pleine évolution et que l'éventail des approches pertinentes ne cesse de s'élargir, les conférences et débats sur des sujets d'avant-garde sont restés au centre du programme de partenariat. EBI a donc continué à offrir aux membres du partenariat des ateliers et des conférences sur des sujets pointus. En outre, les échanges récurrents au sein des rencontres de ce partenariat ont permis aux entreprises participantes d'anticiper quels sont les développements que EBI prévoit pour les bases de données, ce qui leur permet d'anticiper et savoir quels sont leurs projets prioriser. Les citations suivantes illustrent ceci :

*« C'est un domaine difficile et changeant, nos échanges avec EBI nous permettent d'avoir un peu d'avance et de se préparer » Pharma3*

*« On aime avoir la possibilité de savoir ce qui va venir, de pouvoir se préparer. [...] Si on sait que EBI va le développer, nous ne le faisons pas nous-mêmes, parce qu'ils le font mieux » Pharma5*

Le Partenariat Industriel permet aussi à ses participants de communiquer à EBI leurs besoins pour que EBI les prend en compte lors du développement de nouvelles bases outils et fonctionnalités de leurs bases de données :

*« Nous pouvons apporter des propositions, nous pouvons suggérer à EBI quels devraient être les prochains développements, ce n'est pas que nous ayons notre mot à dire sur ce qu'ils vont faire, mais nous utilisons ces ressources et ils écoutent nos besoins » Pharma1*



*« Nos bases de données sont ouvertes, elles sont un service public, nous ne les personnalisons pas pour nos partenaires industriels, mais nous tenons compte de leurs recommandations. » EBI1*

Finalement, EBI bénéficie aussi de cette possibilité de communiquer les développements en cours aux participants du Partenariat Industriel et d'écouter leurs besoins car cela permet d'avoir des avis des utilisateurs sur la pertinence de ces développements, et intégrer leurs recommandations, comme le montrent les citations suivantes :

*« Notre objectif est que nos bases de données soient utilisées et il est bénéfique pour nous d'échanger avec nos utilisateurs pour connaître leurs besoins. Le Partenariat Industriel nous permet cela parce que nous avons le temps, lors des rencontres trimestrielles nous prenons le temps. » EBI2*

*« En effet, on les écoute, mais ce sont des adaptations à la marge qu'ils nous demandent, parfois sur les fonctions dans le moteur de recherche, l'interface d'utilisation, si cela leur sert, cela sert probablement à d'autres utilisateurs aussi » EBI2*

### Des collaborations pré-concurrentielles

A l'origine de ce partenariat il y avait l'ambition de pouvoir collaborer sur des projets concrets, ce qui a commencé à se produire au début des années 2010 et qui a de plus en plus lieu. Ces projets de collaboration prennent diverses formes. La plus courante est celle d'un partenariat bilatéral entre EBI et l'un des membres du partenariat. Souvent, les entreprises membre, mènent des projets complexes et EBI offre de l'aide personnalisée pour les développer. Cette aide peut passer par un suivi personnalisé et un accompagnement de la part des scientifiques d'EBI, ou par des projets conjoints avec les chercheurs d'EBI. Il s'agit toujours de projets liés à la phase de recherche fondamentale des entreprises. Les citations suivantes illustrent ce phénomène :

*« Notre relation avec EBI nous a permis non seulement d'apprendre à utiliser les outils bioinformatiques mais aussi à développer, en suivant des conseils précis, des projets autour de sujets à chaque fois importants pour nous. » Pharma1*

*« Au fil des années, nous avons développé des projets réussis avec EBI, c'est loin du marché, c'est préconcurrentiel, mais c'est concret et très précieux pour nous » Pharma4*

*« Nous avons aussi co-développée avec l'EMBL-EBI deux ou trois projets d'une durée d'entre six et douze mois avec de petits budgets, en milliers d'euros » Agro*

Parfois, ces projets de collaboration pré-concurrentiel se font entre entreprises. Si ces partenariats concernent des sujets encore éloignés du marché et sont souvent liés au développement d'outils et de techniques pour stocker et analyser les données, les personnes interrogées reconnaissent qu'il y a quelques années, ce genre de collaborations n'aurait pas été possible.

*« Nous avons développé de petites collaborations préconcurrentielles en chimie avec d'autres sociétés pharmaceutiques pour échanger des informations sur les tests. C'est quelque chose que nous ne partagerions pas il y a 10 ans, nous n'aurions pas considéré cela comme pré-concurrentiel, vous voyez, mais maintenant nous pensons qu'il est utile de combiner nos données » Pharma1*

*« Une partie importante de ce programme était la possibilité de réaliser des projets pré-concurrentiels. Un exemple est [un projet] que nous avons réalisé avec EBI et [d'autres entreprises pharmaceutiques] pour construire un outil pour l'étude de maladies rares. » Pharma2*

Nous observons, cependant, que ces collaborations entre entreprises sont réduites en termes de durée, de budget et de pertinence stratégique :

*« Ces collaborations sont toujours petites, elles ne sont pas stratégiques pour notre entreprise, mais pour nous, qui faisons de la recherche fondamentale, elles sont précieuses, j'aimerais pouvoir en faire plus, mais c'est déjà bien » Pharma2*

*« Ce ne sont pas des sujets stratégiques, les collaborations pour des sujets stratégiques sont complexes, juridiquement parlant, et ne pourraient pas émerger ici de manière informelle » Pharma3*

De plus, toutes les entreprises participant au Partenariat industriel ne s'engagent pas dans des collaborations pré concurrentielles et se conforment souvent des interactions informelles qui peuvent avoir lieu pendant les ateliers et les formations proposés par EBI :

*« Non, [nous ne collaborons pas], nous parlons, c'est tout, c'est trop compliqué de démarrer une collaboration, il faut une analyse stratégique, il faut parler avec les avocats, jusqu'ici nous en avons pas eu besoin, nous contents du networking mais nous n'avons toujours pas trouvé de raison pour une collaboration plus formelle » Pharma5*

*« Nous collaborons avec d'autres entreprises en dehors de ce partenariat, mais cela ne s'improvise pas, ce sont des collaborations stratégiques, nous ne pouvons pas improviser une collaboration parce que nous avons échangé avec un collègue et que nous avons des questionnements similaires » Pharma5*

Finalement, si toutes les entreprises ne réalisent pas des collaborations, le partenariat permet aux chercheurs de toutes les entreprises que y participent de discuter de manière informelle avec des pairs d'entreprises concurrentes : de la bio-informatique en tant que discipline, des outils qu'ils utilisent ou des défis communs. Cette possibilité apparaît comme l'une des raisons principales de participer au Partenariat Industriel. Les citations suivantes illustrent l'importance pour les personnes interviewées de ces échanges.

*« Ce partenariat est une très bonne source de « networking » pour l'entreprise. Nous apprécions de pouvoir rencontrer des gens d'autres entreprises et de discuter avec eux. C'est une opportunité pour des entreprises qui sont par définition concurrentes de trouver un espace de communication car nous avons les mêmes problématiques, les mêmes enjeux. Mais les conversations ne concernent que des sujets neutres. Nous parlons de sujets généraux sans nécessité de stricte confidentialité. [...] Il n'y a pas d'autre endroit où nous pouvons faire ça. » Pharma1*

*« Nous avons l'occasion de parler à d'autres entreprises et nous discutons très profondément des problèmes et défis scientifiques. Le dîner est important, une bonne occasion de se parler librement et de communiquer librement, c'est une bonne occasion de le faire. » Pharma5*

Le partenariat avec EBI facilite le développement des capacités créatives principalement par la possibilité d'élargir la base de connaissances et le panel de compétences auquel ont accès ses utilisateurs. Nous observons qu'au travers de ce partenariat avec EBI, les organisations peuvent accéder à des connaissances externes par quatre processus différents. Les deux premières : transmission directe des compétences et anticipations des développements techniques, permettent aux organisations d'accéder aux connaissances de l'infrastructure, EBI, et de mieux maîtriser ses bases

de données. Les deux autres : interactions informelles avec d'autres membres du partenariat et collaborations précompétitives, offrent un accès aux connaissances provenant d'autres organisations utilisatrices, plus concrètement d'autres entreprises pharmaceutiques.

## Discussion : impact sur les capacités créatives

Nous commençons ce chapitre en présentant l'impact positif que les collaborations peuvent avoir sur la créativité, y compris la créativité scientifique. La littérature montre que non seulement le travail collaboratif est plus susceptible de produire des résultats créatifs, mais qu'il améliore également la capacité créative des organisations qui collaborent. Puis nous présentons un type spécifique de collaboration, un partenariat au sein d'un TGIR et nous étudions, en prenant le cas du partenariat « Industry Programme » de EBI, les moyens par lesquels un tel partenariat peut influencer la créativité des organisations qui y participent. Ceci est important car la quantité de collaborations et partenariats divers a augmenté dans les secteurs public et privé (Lee et al., 2015). Cela est dû à l'importance de la recherche interdisciplinaire (Stephan, 2012), à la spécialisation croissante et le besoin conséquent de division du travail (Katz and Martin, 1997) et à la nécessité de développer et d'accéder à de grands équipements partagés et à de grandes bases de données (Price, 1963). Dans ce contexte, les TGIR représentent de plus en plus des lieux importants où ces collaborations émergent et se développent au fil du temps. Les TGIR offrant des données complexes devraient devenir particulièrement importantes pour de nombreux secteurs et comprendre leur potentiel pour améliorer les capacités créatives des organisations est crucial. D'autant plus que la science, y compris celle qui se fait au sein de l'industrie pharmaceutique, a eu du mal pendant les dernières décennies à être créative et à répondre aux enjeux organisationnels et sociétaux (Lee et al., 2015).

Dans ce chapitre nous découvrons l'évolution temporelle suivant de ce partenariat :

### Des collaborations plus étroites pour mieux ancrer le transfert de connaissances

La première chose que nous a montré cette enquête qualitative est que l'« Industry Programme » permet aux organisations utilisant une infrastructure en ligne, et qui utiliseraient normalement ces ressources de manière isolée, de communiquer directement avec les scientifiques de l'infrastructure et d'accéder à leurs connaissances. Ceci est fait tout d'abord grâce aux formations proposés par l'infrastructure qui proposent d'apprendre à utiliser les bases de données et leurs fonctionnalités. Dans le cas que nous étudions, il y a que les managers du service bioinformatique qui y participent. Il serait positif pour les organisations de permettre à un plus grand nombre de leurs chercheurs de participer à ces programmes de formation pour mieux assurer et ancrer le transfert de connaissances et compétences. Des partenariats bilatéraux supplémentaires, entre l'infrastructure et les organisations, pourraient envisager de développer ce type de formations. L'« Industry Programme » aide également les organisations à développer de petits projets dans lesquels les scientifiques d'EBI aident les aident, avec leurs compétences, à trouver des solutions spécifiques liés à l'exploitation des données. De plus, quelques petits projets communs prennent place au sein de ce partenariat et permettent aux organisations de développer des projets qu'elles n'auraient pas développés par elles-mêmes en absence de toutes les compétences nécessaires. Afin de contribuer davantage au développement de leur capacité créative, les organisations pourraient faire avancer ces collaborations et les laisser inclure, également, des projets plus stratégiques et de plus grande envergure.

La deuxième chose que nous observons est que ces partenariats permettent d'anticiper les développements technologiques de l'infrastructure. La science des données est une discipline en évolution rapide, tout comme ses applications aux domaines de la biologie et de la chimie. L'informatique et la science des données étant considérées comme des technologies habilitantes, les voies et les possibilités qu'elles peuvent emprunter sont variées. Les organisations privées et les

grandes infrastructures publiques de recherche comme EBI travaillent séparément sur le développement de ces technologies. Les interactions avec EBI permettent dans un premier temps aux organisations d'anticiper les futurs développements d'outils et de fonctionnalités complémentaires aux bases de données. Ces informations peuvent les aider à mieux planifier leurs projets en anticipant les ressources qui seront disponibles. Ensuite, les organisations utilisent le partenariat « Industry Programme » pour transmettre leurs besoins et les défis auxquels ils font face à EBI pour que EBI développe des outils en tenant en compte ces besoins. Dans les deux cas on observe que le but est d'externaliser une partie du développement technologique. Si cela est nécessaire, en raison de la complexité de la technologie, la littérature montre que le transfert de connaissances est plus important lorsque les organisations développent conjointement de nouveaux processus et techniques. Les organisations participant au partenariat EBI « Industry Programme » pourraient décider de laisser EBI développer certaines fonctionnalités, mais aussi de s'engager dans le développement conjoint de certaines autres.

Le principal obstacle qui empêche les organisations de développer des projets de collaboration plus intenses semble être la nécessité d'investir de sommes d'argent importantes. Participer au partenariat nécessite déjà d'engager d'importantes ressources financières en frais de participation et coûts de transport et d'hébergement pour les scientifiques qui voyagent. Cela implique aussi de permettre aux scientifiques de passer trois semaines par an dans ce partenariat à réaliser principalement des activités de formation et d'exploration. Les organisations pourraient être réticentes à investir de l'argent supplémentaire.

### Une tendance émergente et lente vers la collaboration précompétitive

Une troisième façon pour les organisations participant au partenariat « Industry Programme » de favoriser le développement de leurs capacités créatives sont les interactions avec d'autres participants à l'« Industry Programme », qui sont d'autres industriels du même secteur (pharmaceutique, biotechnologie et chimie). Ces discussions peuvent avoir différents niveaux de formalité. Ils peuvent prendre la forme de tables rondes formelles dans lesquelles les participants essaient de rassembler les défis en lien avec les données auxquels ils sont confrontés afin de demander à EBI des éclaircissements, un accompagnement ou un certain type de formation. Cependant, certaines interactions plus informelles ont lieu pendant les pauses pour déjeuner ou dîner, au cours desquelles des chercheurs de différentes organisations peuvent s'engager dans des discussions plus génériques concernant non seulement les bases de données, mais l'utilisation qu'ils en font, les sujets que les bases de données leur permettent d'explorer, etc. Ces discussions leur permettent de comprendre ce que font les autres entreprises, ce qui élargit leurs perspectives et leur permet de savoir où ils se situent par rapport à leurs concurrents. La profondeur des informations que les organisations peuvent recueillir grâce à ces interactions n'est cependant pas très grande. La littérature montre que les interactions informelles avec d'autres scientifiques, y compris ceux des entreprises concurrentes, sont positives pour tout le monde et présentent plus d'avantages que de risques, les entreprises pourraient, donc, être plus ouvertes et avoir moins peur de divulguer des informations précieuses.

La quatrième et dernière façon pour les organisations participant au partenariat « Industry Programme » de favoriser le développement de leurs capacités créatives consiste à développer des projets conjoints préconcurrentiels. Ces projets communs sont généralement courts et éloignés du marché. Quelques exemples vus dans notre étude sont des projets visant à développer des outils pour exploiter conjointement des données internes et des données publiques, des projets visant à développer des outils qui scannent les grandes bases de données et en extraient une partie ou des projets visant à développer des outils pour explorer les données. Parfois, les projets font un pas en

avant et partagent des données concernant une maladie spécifique. Dans tous les cas, cependant, ces projets ne sont pas stratégiques, sont envisagés à court terme avec des objectifs très précis et n'ont pas l'ambition de monter en puissance en termes d'engagement mutuel et de pertinence de la collaboration. Companies could go one step forwards and try to develop some formal collaborations aimed at developing more strategic skills and resources.

Le principal obstacle qui empêche les organisations de d'interagir plus fortement avec leurs concurrents est une forte culture du secret et des brevets, ainsi que la difficulté d'identifier les connaissances qui devraient être stratégiques car elles ont le potentiel d'avancer envers un médicament. Cependant, les organisations sont de plus en plus ouvertes à collaborer avec leurs concurrents et la quantité de projets collaboratifs, ainsi que l'ouverture à en développer de nouveaux, augmente.

## Remarques finales

Si ce chapitre se concentre sur un type spécifique de partenariat avec une grande infrastructure de recherche contenant des données biologiques et chimiques, les enseignements sont particulièrement utiles car les infrastructures de données deviennent de plus en plus importantes dans tous les secteurs. En outre, d'autres TGIR qui ne concernent pas des données développent de plus en plus des partenariats similaires et il est important pour les entreprises de comprendre comment ces partenariats peuvent contribuer à élargir leur bases de connaissances, acquérir des nouvelles compétences et en conséquence développer leur capacités créatives. Ce chapitre révèle aussi une question importante auxquelles les organisations font face : dans un monde changeant, la veille technologique centralisée par certains organismes publics comme les TGIR peut être utile, mais ensuite les organisations doivent décider si elles forment des partenariats étroits avec les organismes qui arrivent à suivre les développements technologiques, afin d'assurer un transfert de connaissances, ou si elles engagent ses organismes comme prosateurs de service, afin de se concentrer sur d'autres activités qu'elles peuvent réaliser mieux. Si la première option semble plus favorable au développement de capacités créatives, elle peut s'avérer aussi coûteuse et complexe.

## Bibliographie

- Agarwal, R., Dhar, V., 2014. Editorial—Big Data, Data Science, and Analytics: The Opportunity and Challenge for IS Research. *Inf. Syst. Res.* 25, 443–448. <https://doi.org/10.1287/isre.2014.0546>
- André, F., 2014. Chapitre 5. Déluge des données de la recherche ? *Inf. Strateg.* 77–95.
- Barrett, J.D., Vessey, W.B., Griffith, J.A., Mracek, D., Mumford, M.D., 2014. Predicting Scientific Creativity: The Role of Adversity, Collaborations, and Work Strategies. *Creat. Res. J.* 26, 39–52. <https://doi.org/10.1080/10400419.2014.873660>
- Baycan, T., Nijkamp, P., Stough, R., 2017. Spatial Spillovers Revisited: Innovation, Human Capital and Local Dynamics. *Int. J. Urban Reg. Res.* 41, 962–975. <https://doi.org/10.1111/1468-2427.12557>
- Beck, S., Bergholtz, C., Bogers, M., Brasseur, T.-M., Conradsen, M.L., Di Marco, D., Distel, A.P., Dobusch, L., Dörler, D., Effert, A., Fecher, B., Filiou, D., Frederiksen, L., Gillier, T., Grimpe, C., Gruber, M., Haeussler, C., Heigl, F., Hoisl, K., Hyslop, K., Kokshagina, O., LaFlamme, M., Lawson, C., Lifshitz-Assaf, H., Lukas, W., Nordberg, M., Norn, M.T., Poetz, M., Ponti, M., Pruschak, G., Pujol Priego, L., Radziwon, A., Rafner, J., Romanova, G., Ruser, A., Sauermann, H., Shah, S.K., Sherson, J.F., Suess-Reyes, J., Tucci, C.L., Tuertscher, P., Vedel, J.B., Velden, T., Verganti, R., Wareham, J., Wiggins, A., Xu, S.M., 2022. The Open Innovation in Science

- research field: a collaborative conceptualisation approach. *Ind. Innov.* 29, 136–185. <https://doi.org/10.1080/13662716.2020.1792274>
- Bozeman, B., Fay, D., Slade, C.P., 2013. Research collaboration in universities and academic entrepreneurship: the-state-of-the-art. *J. Technol. Transf.* 38, 1–67. <https://doi.org/10.1007/s10961-012-9281-8>
- Bozeman, B., Youtie, J., 2017. *The Strength in Numbers: The New Science of Team Science*. <https://doi.org/10.2307/j.ctvc77bn7>
- Caloghirou, Y., Kastelli, I., Tsakanikas, A., 2004. Internal capabilities and external knowledge sources: complements or substitutes for innovative performance? *Technovation* 24, 29–39. [https://doi.org/10.1016/S0166-4972\(02\)00051-2](https://doi.org/10.1016/S0166-4972(02)00051-2)
- Cohendet, P., 2016. XXXI. Arthur Koestler. Aux origines de l'acte créatif : la bisociation. EMS Editions.
- Cummings, J.N., Kiesler, S., 2014. Organization Theory and the Changing Nature of Science. *J. Organ. Des.* 3, 1–16. <https://doi.org/10.7146/jod.18596>
- D'Ippolito, B., Rüling, C.-C., 2019. Research collaboration in Large Scale Research Infrastructures: Collaboration types and policy implications. *Res. Policy* 48, 1282–1296. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2019.01.011>
- Duranton, G., Puga, D., 2004. Micro-foundations of urban agglomeration economies, in: *Handbook of Regional and Urban Economics*. Elsevier, pp. 2063–2117.
- Enger, S.G., Gulbrandsen, M., 2020. Orchestrating collaborative projects: Inside ICT networks in Horizon 2020. *Sci. Public Policy* 47, 396–409. <https://doi.org/10.1093/scipol/scaa021>
- ESFRI, 2011. Strategy report on research infrastructures, roadmap 2010. European Commission.
- Gambardella, A., Heaton, S., Novelli, E., Teece, D.J., 2021. Profiting from Enabling Technologies? *Strategy Sci.* 6, 75–90. <https://doi.org/10.1287/stsc.2020.0119>
- Gassmann, O., Enkel, E., Chesbrough, H., 2010. The future of open innovation. *RD Manag.* 40, 213–221. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9310.2010.00605.x>
- Hackett, E.J., Conz, D., Parker, J., Bashford, J., DeLay, S., 2004. Tokamaks and turbulence: Research ensembles, policy and technoscientific work. *Res. Policy* 33, 747–767. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2003.12.002>
- Hall, K.L., Vogel, A.L., Huang, G.C., Serrano, K.J., Rice, E.L., Tsakraklides, S.P., Fiore, S.M., 2018. The science of team science: A review of the empirical evidence and research gaps on collaboration in science. *Am. Psychol.* 73, 532–548. <https://doi.org/10.1037/amp0000319>
- Hallonsten, O., 2016. Use and productivity of contemporary, multidisciplinary Big Science. *Res. Eval.* 25, 486–495. <https://doi.org/10.1093/reseval/rvw019>
- Heinze, T., Shapira, P., Rogers, J.D., Senker, J.M., 2009. Organizational and institutional influences on creativity in scientific research. *Res. Policy, Special Issue: Emerging Challenges for Science, Technology and Innovation Policy Research: A Reflexive Overview* 38, 610–623. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2009.01.014>
- Hogeweg, P., 2011. The Roots of Bioinformatics in Theoretical Biology. *PLOS Comput. Biol.* 7, e1002021. <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1002021>
- Katz, J., Martin, B., 1997. What is Research Collaboration? *Res. Policy* 26, 1–18. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(96\)00917-1](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(96)00917-1)
- Koestler, A., 1964. *The Act of Creation*. Arkana.
- Laermann-Nguyen, U., Backfisch, M., 2021. Innovation crisis in the pharmaceutical industry? A survey. *SN Bus. Econ.* 1, 164. <https://doi.org/10.1007/s43546-021-00163-5>
- Lakdawalla, D.N., 2018. Economics of the Pharmaceutical Industry. *J. Econ. Lit.* 56, 397–449. <https://doi.org/10.1257/jel.20161327>
- Lee, Y.-N., Walsh, J.P., Wang, J., 2015. Creativity in scientific teams: Unpacking novelty and impact. *Res. Policy* 44, 684–697. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2014.10.007>
- Levitt, B., March, J.G., 1988. Organizational Learning. *Annu. Rev. Sociol.* 14, 319–338. <https://doi.org/10.1146/annurev.so.14.080188.001535>

- Lovasz-Bukvova, H., Helena, 2010. Studying Research Collaboration: A Literature Review. *Sprouts Work. Pap. Inf. Syst.* 10.
- Mérindol, V., Versailles, D., 2017. Développer des capacités hautement créatives dans les entreprises : le cas des laboratoires d'innovation ouverte. *Manag. Int. Int. Manag. Gestìon Int.* 22, 58–72. <https://doi.org/10.7202/1053688ar>
- Munos, B.H., 2016. Biomedical Innovation: Lessons From the Past and Perspectives for the Future. *Clin. Pharmacol. Ther.* 100, 588–590. <https://doi.org/10.1002/cpt.456>
- Pfotenhauer, S.M., Wood, D., Roos, D., Newman, D., 2016. Architecting complex international science, technology and innovation partnerships (CISTIPs): A study of four global MIT collaborations. *Technol. Forecast. Soc. Change* 104, 38–56. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2015.12.006>
- Price, D.J.D.S., 1963. *Little Science, Big Science*. Columbia University Press.
- Qiao, L., Mu, R., Chen, K., 2016. Scientific effects of large research infrastructures in China. *Technol. Forecast. Soc. Change* 112, 102–112. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.07.029>
- Rådberg, K.K., Löfsten, H., 2022. Developing a knowledge ecosystem for large-scale research infrastructure. *J. Technol. Transf.* <https://doi.org/10.1007/s10961-022-09945-x>
- Richter, N., Jackson, P., Schildhauer, T., 2018. Outsourcing creativity: An abductive study of open innovation using corporate accelerators. *Creat. Innov. Manag.* 27, 69–78. <https://doi.org/10.1111/caim.12252>
- Romer, P.M., 1994. The Origins of Endogenous Growth. *J. Econ. Perspect.* 8, 3–22. <https://doi.org/10.1257/jep.8.1.3>
- Simonton, D.K., 2004. *Creativity in science: Chance, logic, genius, and Zeitgeist*, *Creativity in science: Chance, logic, genius, and Zeitgeist*. Cambridge University Press, New York, NY, US. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139165358>
- Sonnenwald, D.H., 2007. Scientific collaboration. *Annu. Rev. Inf. Sci. Technol.* 41, 643–681. <https://doi.org/10.1002/aris.2007.1440410121>
- Stephan, P., 2012. *How Economics Shapes Science*, *How Economics Shapes Science*. Harvard University Press. <https://doi.org/10.4159/harvard.9780674062757>
- Vick, T.E., Robertson, M., 2018. A systematic literature review of UK university–industry collaboration for knowledge transfer: A future research agenda. *Sci. Public Policy* 45, 579–590. <https://doi.org/10.1093/scipol/scx086>
- Weitzman, M.L., 1998. Recombinant Growth\*. *Q. J. Econ.* 113, 331–360. <https://doi.org/10.1162/003355398555595>
- West, J., Bogers, M., 2017. Open innovation: current status and research opportunities. *Innovation* 19, 43–50. <https://doi.org/10.1080/14479338.2016.1258995>
- Yang, Z., Xu, Y., 2020. The Effect of Research Infrastructure on the Scientific Benefits of Collaboration: An Empirical Investigation of Shanghai Synchrotron Radiation Facility (SSRF). *South Asian J. Manag.* 27, 7–29.