

CRISES SANITAIRES ET CONTRIBUTIONS

INDUSTRIELLES A LA RECHERCHE ACADEMIQUE :

LE CAS DES CORONAVIRUS

Quentin **PLANTEC**^{1,2}, Clément **STERNBERGER**^{2,3}, Pascal **LE MASSON**¹ & Benoît **WEIL**¹

1. **Mines Paristech – PSL**, Centre de Gestion Scientifique (CGS), i3 UMR CNRS 9217, Chaire Théorie & Méthodes de la Conception Innovante

2. **Institut National de la Propriété Industrielle (INPI)**

3. **Université Paris-Saclay**, Laboratoire Réseaux, Innovation, Territoires & Mondialisation (RITM), EA 7360

Papier en cours de révision – ne pas citer sans accord préalable des auteurs

Si l'arrivée des premiers vaccins contre la covid-19 fin décembre 2020, dans un temps record par rapport aux standards de l'industrie, permet d'entrevoir la fin de la crise sanitaire, c'est aussi le résultat d'efforts colossaux de la recherche scientifique pour comprendre et lutter contre cette maladie nouvelle. Dès le début de la crise, les Organismes Publics de Recherche (OPR) — c'est-à-dire les laboratoires de recherche financés par les Etats, ou en lien avec des universités ou des écoles — se sont mobilisés avec une rapidité jusqu'alors inégalée. Un accent particulier a été mis à ce titre sur une science académique plus ouverte, facilitant la circulation rapide des connaissances. A titre d'exemple, la séquence complète du virus a été partagée par des scientifiques chinois de Wuhan dès le 11 janvier après avoir été isolée le 07 janvier¹, les revues scientifiques de référence comme *Nature* ou *Science* ont ouvert l'accès à leurs articles et données sur la covid-19, et l'usage des pré-imprimés s'est fortement développé.

¹ <https://www.pasteur.fr/espace-presse/documents-presse/institut-pasteur-sequence-genome-complet-du-coronavirus-sars-cov-2>

Bien sûr, les OPR ne sont pas seuls à mener des activités de recherche scientifique : les entreprises privées s’y investissent également largement². Sans surprises, de nombreux industriels se sont mobilisés très tôt pour produire les connaissances scientifiques nécessaires au développement et à la production d’un vaccin ou d’un médicament contre la Covid-19³. Leurs profils et leurs modes d’action sont cependant étonnamment variés : *Moderna* la start-up américaine qui développe de nouvelles méthodes de vaccination avec ARN messagers et qui travaille pour la première fois sur les coronavirus, *British American Tobacco*⁴ l’industriel éloigné de la pharmacie qui mobilise ses ressources sur les molécules de tabac comme solution de lutte contre le virus, ou encore *Merck*⁵ un *Big Pharma* déjà impliqués dans la lutte contre le SARS-Cov1 et le MERS-Cov et qui s’associe à l’Institut Pasteur pour son projet de vaccin.

Si les activités de recherche des OPR mettent l’accent sur une science ouverte (par la publication académique et la revue par les pairs) et la circulation rapide des connaissances, la recherche industrielle est souvent vue comme adepte du secret, des barrières à la publication (Blumenthal *et al.*, 1996), voire accusée de pratiquer une « fuite des cerveaux » des chercheurs des OPR vers leurs centres de R&D, avec des résultats néfastes à long terme sur la production de connaissances (Toole et Czarnitzki, 2010). L’éthique de la recherche des industriels est parfois même mise en doute, ce qui fut malheureusement effectivement le cas dans le scandale de *Surgisphere* (entreprise impliquée dans une publication fallacieuse dans *The Lancet* sur la Covid-19⁶). Toutefois, les industriels publient également des articles de

² En France en 2018, les dépenses intérieures françaises de Recherche et Développement (R&D) des industriels étaient +32% plus élevées que celles des OPR (source MESRI). S’il peut être argué que ce chiffre s’explique par des activités de développement plus coûteuses, les chiffres américains (qui autorisent une classification plus fine) montrent que 20% des dépenses totales des entreprises en R&D en 2017 étaient dédiées aux activités de recherche pures (source NSF).

³ En compte plus d’une cinquantaine d’industriels différents s’impliquant dans la production de vaccins, chiffres à décembre 2020, <https://www.raps.org/news-and-articles/news-articles/2020/3/covid-19-vaccine-tracker>

⁴ « Coronavirus : vers un vaccin grâce à des feuilles de tabac », *Les Echos*, ed. 01/04/2020

⁵ « L’Institut Pasteur s’allie au géant pharmaceutique américain MSD pour développer un vaccin contre le Covid-19 », *L’Usine Nouvelle*, ed. 26/05/2020

⁶ « Covid-19 : les dessous de Surgisphere, l’entreprise de données dans la tourmente avec l’affaire du Lancet », *Sciences & Avenir*, ed. 11/06/2020

recherche, dans des revues académiques classées, et contribuent ainsi à accroître la base des connaissances scientifiques mondiales. Disposant parfois de moyens financiers, techniques et matériels supérieurs à leurs pairs des laboratoires publics, les industriels peuvent être en mesure de faire des découvertes scientifiques d'importance (Gulbrandsen et Smeby, 2005), notamment lorsqu'ils travaillent en collaboration avec des OPR (Bikard, Vakili et Teodoridis, 2019).

La violence et la rapidité de crises comme celle de la Covid-19 imposent de générer dans l'urgence des savoirs scientifiques nouveaux pour concevoir les outils de sorties de crise. A ce titre, bien que le projecteur soit généralement braqué sur les chercheurs OPR, il est crucial d'étudier l'implication dans la recherche scientifique ouverte (ie. recherche académique) des industriels pendant les crises. Nous pouvons ainsi chercher à déterminer si les crises conduisent ou non les acteurs industriels à participer davantage à la recherche académique, à contribuer à des percées scientifiques majeures. Et si oui, il serait intéressant d'observer comment ces acteurs industriels peuvent obtenir de telles contributions. Est-ce des acteurs nouveaux ? Ou bien des acteurs déjà insérés dans les réseaux académiques ? Est-ce par le biais de nouvelles collaborations de recherche avec des OPR, voir des hôpitaux ?

Ces questionnements ont d'abord un intérêt théorique pour les sciences de gestion. Si l'apport de connaissances scientifiques des OPR à l'industrie est systématiquement plébiscité⁷, à minima, la contraposée pose toujours question. D'une part, l'effet positif des collaborations entre industriels et OPR sur la génération de découvertes scientifiques n'est pas démontré empiriquement et conduit à des oppositions théoriques fortes⁸. La littérature est par ailleurs muette sur le rôle de l'hôpital dans ces collaborations – malgré un accès privilégié à la donnée empirique par le patient –, un sujet pourtant crucial pour la recherche médicale.

⁷ Voir les théoriciens de la croissance endogène par exemple comme les travaux de P. Aghion.

⁸ Pour une synthèse, voir la revue de littérature dans Bikard & al. (2019)

D'autre part, la capacité de l'industrie à prendre part à la recherche académique sans recourir à la collaboration est discutable, compte tenu d'un désengagement massif dans ces activités depuis les années 1980. Les contributions restent donc anecdotiques, mais les régimes d'actions qui permettent des avancées scientifiques méritent d'être creusés. Ici, nous contribuerons à cette littérature en apportant une perspective nouvelle et d'actualité à ces questionnements : celle de l'effet des crises sur les contributions des industriels à la recherche académique. Les crises appelant nécessairement les acteurs à engager un renouveau stratégique (Tannery, 2009), nous étudions ici la manière dont elles affectent les stratégies de recherche académique des industriels. Nous analyserons notamment quels régimes d'actions permettent de favoriser les percées scientifiques des industriels et tenterons de comprendre si les crises tendent à modifier ces régimes.

Cette démarche, par nature exploratoire, est également d'intérêt pour les praticiens et les décideurs publics. D'une part, la question de l'efficacité des industriels pour favoriser des découvertes scientifiques pose la question de la répartition des fonds publics entre industriels et OPR. Pendant la crise du Covid-19, alors que certains scientifiques ont relayé des difficultés de financement⁹, certains industriels se sont vus accorder des aides étatiques massives pour financer leurs travaux de recherche pourtant encore à des stades très amont¹⁰. D'autre part, évaluer les contributions des industriels à la science ouverte permet de concevoir des outils de gestion adéquats pour soutenir les régimes d'actions les plus propices aux découvertes scientifiques, avant et pendant les crises.

Ainsi, pour tenter de répondre à ces questions, nous étudierons la façon dont des industriels contribuent à la recherche académique, en prenant comme cas empirique, la

⁹ « Face aux coronavirus, énormément de temps a été perdu pour trouver des médicaments », *Le Monde*, ed. 29/02/2020

¹⁰ Voir le cas Johnson & Johnson qui a obtenu 546 millions de dollars par le gouvernement américain pour supporter ses recherches sur un hypothétique vaccin. « Vaccin contre le Covid-19 : qui sont les laboratoires engagés dans la course avec Sanofi ? », *Cellule investigation de Radio France*, ed. 14/05/2020

recherche sur les coronavirus sur longue période. Nous mettrons notamment en exergue les effets des crises du SARS-Cov1, du MERS-Cov et de la Covid-19. Nous commencerons par définir des hypothèses à partir de la littérature en sciences de gestion, puis nous utiliserons des méthodes issues de la bibliométrie pour étudier la dynamique des contributions industrielles en analysant sur 20 ans, près de 20,000 publications scientifiques sur les coronavirus. Enfin, nous discuterons ces résultats au regard des sciences de gestion et tenterons de définir des outils pour favoriser les découvertes scientifiques des industriels, en crise et en amont des crises.

1. RECHERCHE ACCEDEMIQUE ET PANDEMIE : QUELLE PLACE POUR L'INDUSTRIE ?

Cette section vise, en s'appuyant sur la littérature en sciences de gestion, à déterminer le régime nominal à l'œuvre hors crise (1.1) et le potentiel d'une intervention accrue de l'industrie en période de crise (1.2).

1.1. Hors crise : la prévalence du modèle linéaire

À partir des années 1980, l'industrie s'est massivement désengagée de la science pour se focaliser sur les activités de développement (Arora et al., 2018). Dans la pharmacie, l'apparition à cette période des biotechnologies et de médicaments adaptés aux spécificités génétiques de chaque patient a conduit à une augmentation des taux d'échecs et un accroissement des coûts de R&D (Deroy, 2008). L'industrie pharmaceutique s'est alors davantage tournée vers le développement de médicaments, plutôt que la recherche amont. Les OPR, aux côtés des hôpitaux, ont donc une place tout à fait hégémonique dans les activités scientifiques, par nature plus incertaines et donc plus coûteuses (Bonhomme et al., 2005 ; Hamdouch et Perrochon, 2000).

Les OPR et l'industrie pharmaceutique s'inscrivent ainsi dans une division séquentielle de la recherche sur les pathogènes (Hamdouch et Perrochon, 2000). D'abord (1) des activités de création de nouvelles connaissances scientifiques (études épidémiologiques, séquençage ADN, etc.) qui donnent lieu à des publications académiques et qui sont menées principalement par les OPR ; puis (2) des activités de développement de nouveaux produits (vaccins, médicaments) qui donnent lieu à des brevets et qui sont menées principalement par les industriels. Nous qualifierons ici ce système de *régime du modèle linéaire* en écho au rapport de V. Bush de 1945¹¹. Il faut souligner que dans un tel système, c'est bien le cloisonnement des activités qui favorise les percées scientifiques qui alimenteront ensuite les activités de développement. En effet, cette division du travail permet de préserver la recherche amont de l'urgence et des besoins industriels à court terme qui s'avèreraient sclérosants pour la recherche. De plus, comme les OPR contribuent à la science ouverte, les industriels peuvent avoir accès facilement aux connaissances nouvelles. Ainsi, « *La science ne peut fonctionner qu'en élaborant elle-même ses propres questions, à l'abri de l'urgence et de la déformation inhérente aux contingences économiques et sociales* » (Rapport des états généraux de la recherche, 2004, p. 14). Mais qu'en est-il justement lorsqu'il y a urgence, face à une crise nouvelle ?

1.2. En crise : une contribution renforcée de l'industrie à la recherche académique ?

Nous pouvons trouver, dans la littérature, différents arguments qui justifient de l'intérêt des contributions industrielles pour la recherche académique. Premièrement, l'industrie peut être une source d'équipements, de ressources, de matériel, d'idées et de questions de recherches inédites (Gulbrandsen et Smeby, 2005). Deuxièmement, l'approche des

¹¹ Bush V. (1945). « *Science, the endless frontier; a report to the President on a program for postwar scientific research* ».

problématiques de recherche par les industriels diffère de celle des OPR ce qui favorise l'exploration de concepts scientifiques nouveaux, intégrables rapidement dans le processus de développement de produits (Evans, 2010). Troisièmement, Stokes (1997) suggère que la poursuite de questions de recherches fondamentales tout en s'intéressant à l'usage des résultats peut favoriser les percées scientifiques. En recourant aux théories de la conception, Plantec et al. (2019) ont également montré que les interactions entre activités de développement et activités scientifiques peuvent conduire à l'identification d'anomalies scientifiques originales permettant de dépasser les fixations cognitives d'une discipline scientifique donnée, dans le contexte des biotechnologies. Quatrièmement, dans le cas de collaborations entre OPR et industriels, une division du travail féconde entre les acteurs peut favoriser les productions scientifiques à fort impact (Bikard, Vakili et Teodoridis, 2019).

Il faut toutefois noter que l'implication de l'industrie dans la recherche académique, qui reste anecdotique (Tijssen, 2004), est controversée. En effet, l'industrie adopte généralement des normes différentes de celles de la recherche académique. Les restrictions de publications, les délais additionnels en raison du besoin de breveter, voire le secret total (Blumenthal *et al.*, 1996) semblent incompatibles avec l'éthos de la science et le communalisme mertonien. L'industrie peut également conduire les chercheurs à passer un temps considérable sur des tâches non directement productives scientifiquement (logique de « fuite des cerveaux »), voire entraîner une réorientation de travaux fondamentaux vers des objectifs appliqués à court terme et réputés moins féconds pour la réalisation de percées scientifiques (Toole et Czarnitzki, 2010). Enfin, compte tenu du désengagement de l'industrie dans la recherche fondamentale, il est possible que les industriels ne disposent plus des ressources nécessaires pour accroître leur contribution à la recherche académique (Arora et al., 2018).

Une crise pandémique, telle que celle de la Covid-19, nécessite de créer de nouvelles connaissances scientifiques rapidement pour faire face à un virus inconnu. Ainsi, mieux

comprendre l'implication de l'industrie dans les activités de recherche académique en période de crise et les régimes d'actions les plus propices pour générer des percées scientifiques constitue une question exploratoire pour les sciences de gestion et un enjeu clé pour les praticiens. Nous cherchons donc à répondre aux questions de recherche (QR) suivantes, en prenant l'exemple de la recherche académique sur les coronavirus :

- QR1 : Les crises conduisent-elles à une **plus grande implication** (quantitative et qualitative) de l'industrie dans les activités de recherche académique ?
- QR2 : Quels sont les **régimes d'actions de l'industrie** dans les activités de recherche académique en période de pandémie qui **favorisent les percées scientifiques** permettant de répondre aux crises ?

2. RECHERCHE ACADEMIQUE ET CORONAVIRUS : ORGANISATION NOMINALE ET CRISES REPETEES

La découverte du premier coronavirus humain est ancienne et date de 1965. Les chercheurs anglais Tyrrell et Bynoe travaillent alors à l'identification des causes du rhume et réussissent à isoler une nouvelle souche virale : le premier coronavirus humain. Le champ de recherche académique va alors peu à peu se structurer et les travaux de recherche vont s'intensifier : plus d'une centaine de coronavirus ont aujourd'hui été découverts, dont sept affectant l'humain. En plus des besoins en production de remèdes pour l'homme, certains coronavirus affectent les élevages et les animaux domestiques : autant de marchés qui assurent une présence importante d'industriels.

Par ailleurs, les acteurs de la recherche sur les coronavirus ont dû faire face à plusieurs épidémies humaines notables : SARS-Cov-1 entre 2003 et 2005 (env. 8,000 cas et 800 morts),

MERS-Cov entre 2013 et 2015 (env. 1,200 cas et 450 morts) et Covid-19 en 2019-2020 (env. 73 millions de cas et 1,6 million de morts au 16 décembre 2020). Mais il faut toutefois souligner ici qu'il existe bel et bien un champ de recherche académique structuré sur les coronavirus qui investit ces pathogènes dans divers contextes et situations en dehors des crises précédemment citées.

Notre objectif est d'étudier la dynamique des contributions industrielles à la recherche académique sur les coronavirus. Pour cela, nous avons extrait l'ensemble des publications scientifiques dans des revues à comité de lecture qui traitent de ce sujet de recherche sur la période 2000-2020. Ce choix méthodologique se justifie par la volonté d'obtenir une vision globale et mondiale de la dynamique des acteurs dans ce domaine de recherche. Les publications scientifiques parues pendant les années de crises sont dites en *période de crise*, tandis que les autres sont dites en *période hors crise*, et leur évolution par année est présentée dans la **figure 1** ci-dessous. Nous pouvons observer que comme attendu, en période de crise, compte tenu de l'urgence liée à l'émergence d'un nouveau pathogène, le nombre de publications académiques publiées chaque année augmente, avec un effet plus ou moins marqué selon l'intensité des crises.

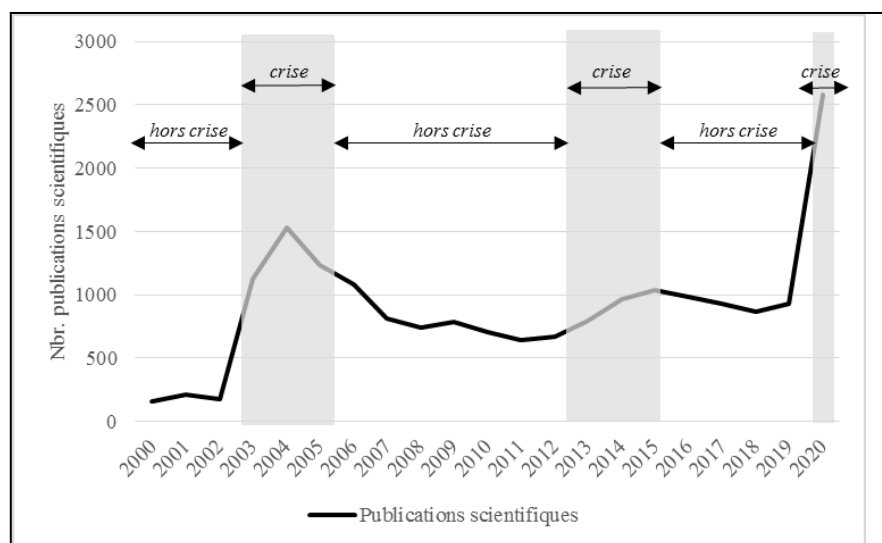


Figure 1 – Publications par année sur les coronavirus en période de crise et hors crise

Pour comprendre les régimes d’actions et le positionnement de l’industrie dans ce champ de recherche académique, il nous faut désormais identifier les publications scientifiques d’origines industrielles. Dans notre corpus, il est possible d’extraire les affiliations de chacun des auteurs ou co-auteurs des manuscrits publiés. Nous avons donc classifié ces affiliations selon qu’il s’agit d’un OPR (par exemple, *l’Institut Pasteur*), d’un industriel (par exemple, *Moderna*), ou d’un hôpital (par exemple, *l’Hôpital George-Pompidou*). Il est également possible de classifier les contributions selon qu’elles soient publiées par un type d’acteur uniquement (ie. *contributions mono-institutionnelles*) ou dans le cadre de collaborations. Dans ce dernier cas, un co-auteur serait affilié à un type d’institution (par exemple, à un industriel comme *Moderna*) tandis qu’un autre co-auteur serait affilié à un autre type d’acteur (par exemple, à un OPR comme l’Institut Pasteur, ie. *contributions multi-institutionnelles*). Ainsi, nous pouvons recourir à cette classification des publications académiques pour étudier la dynamique de l’industrie en période de crise et hors crise.

ENCADRE METHODOLOGIQUE

Nous utilisons ici un corpus de publications scientifiques portant sur les coronavirus composé de 18 954 articles publiés dans des revues scientifiques entre le 01/01/2000 et le 15/05/2020¹².

Nous avons développé un algorithme, basé sur des mots clés, pour classifier l’origine des publications : (1) *OPR* s’il s’agit d’universités ou d’instituts de recherche publics¹³; (2)

¹² Extraites sur Lens.org

¹³ Les fondations, académies des sciences, instituts de recherche relevant d’associations ou d’ONG sont assimilés ici à des OPR. Les fondations d’industriels sont classifiées comme relevant de l’industrie.

Industrie pour les entreprises commerciales privées; (3) *Hôpital* pour les hôpitaux, centres hospitaliers universitaires (CHU) ou cliniques. Il est ensuite possible de qualifier les collaborations (par exemple Industrie – OPR). Cette méthode pour évaluer l'implication de l'industrie dans la recherche est usuelle en bibliométrie (cf. Arora et al., 2018).

Pour estimer le potentiel des percées scientifiques, nous utilisons le nombre de citations reçues par une publication 3 ans après sa parution. Cet indicateur, bien qu'imparfait et soumis à certains biais (réputations, géographiques, etc.), est le plus utilisé en bibliométrie (voir pour une revue de littérature et l'exposition des biais : Tahamtan et Bornmann, 2019). Dans nos analyses, nous traitons à part la crise du Covid-19 car celle-ci n'est pas terminée et les données sont donc incomplètes (en particulier la revue des citations est peu pertinente à ce stade).

3. L'INDUSTRIE DANS LA RECHERCHE ACADEMIQUE SUR LES CORONAVIRUS

La section suivante présente l'analyse empirique du rôle de l'industrie dans la recherche académique en crise et hors crise (3.1), et explore les régimes d'actions favorisant les percées scientifiques des industriels (3.2).

3.1. *Le rôle en demi-teinte de l'industrie dans les crises liées aux coronavirus :*

Tout d'abord, nous étudions le nombre de publications académiques sur les coronavirus en période de crise et hors crise. Pour cela, nous avons classifié les contributions par acteurs selon qu'elles soient mono-institutionnelles ou multi-institutionnelles (ie. collaborations), et précisons pour chaque modalité le nombre moyen de publications annuelles. Les résultats sont présentés dans la **Figure 2** ci-dessous. A titre d'illustration, les industriels co-publient, hors crise et en moyenne par année, environ 22 papiers de recherche avec des co-auteurs issus d'un

OPR. A l'inverse, pendant les crises du SARS-Cov1 et du MERS-Cov, ils en ont publié environ 28, correspondant à une augmentation notable de +28%.

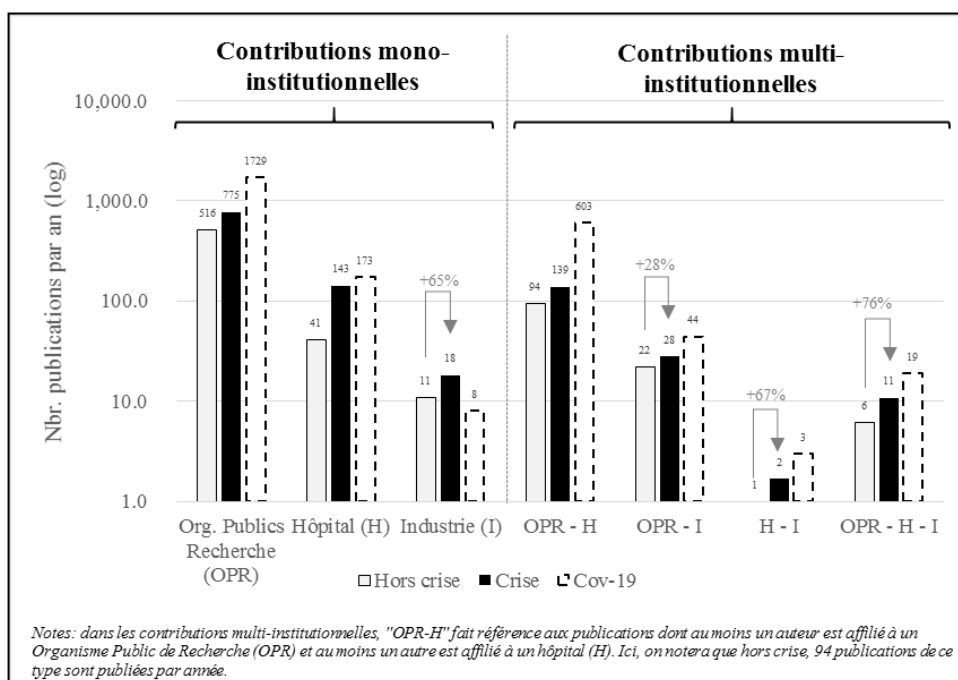


Figure 2 – Nombre d'articles publiés en moyenne par an en période de crise et hors crise selon le type d'acteurs ou de collaborations

Ainsi, nous constatons que les industriels sont **capables d'accroître leur contribution à la recherche académique en période de crise**, principalement par le biais de collaborations avec des OPR et/ou des hôpitaux. Néanmoins, **leur contribution au champ de recherche sur les coronavirus reste faible**. Que ce soit hors crise ou pendant les crises du SARS-Cov1 et du MERS-Cov, seules 5% des publications incluent au moins un industriel. Ce chiffre chute à 2% seulement durant la crise du Covid-19 (janvier – mai 2020). Dans cette dernière crise, nous observons quelques changements notables : les industriels se sont plus rarement engagés seuls et ont privilégié davantage les collaborations avec les hôpitaux, par rapport aux précédentes crises.

Malgré une contribution faible de la recherche industrielle à la science ouverte sur les coronavirus, nous pouvons nous questionner sur la capacité de l'industrie à générer des découvertes scientifiques majeures pour faire face aux crises. Pour étudier ce point, nous utilisons un indicateur classique (voir encadré méthodologique) : les citations reçues. Nous supposons ainsi qu'une découverte scientifique d'importance publiée dans une revue académique enregistrera un nombre de citations important dans des publications ultérieures. Nous présentons dans la **Figure 3** les résultats de notre analyse, où nous avons comme précédemment, séparé les contributions mono- et multi-institutionnelles. Par exemple, nous montrons que les articles publiés par des industriels dans les périodes de SARS-Cov1 et MERS-Cov et co-écrits en collaboration avec des OPR, ont reçu en moyenne 12,7 citations dans les trois ans qui ont suivi leur publication.

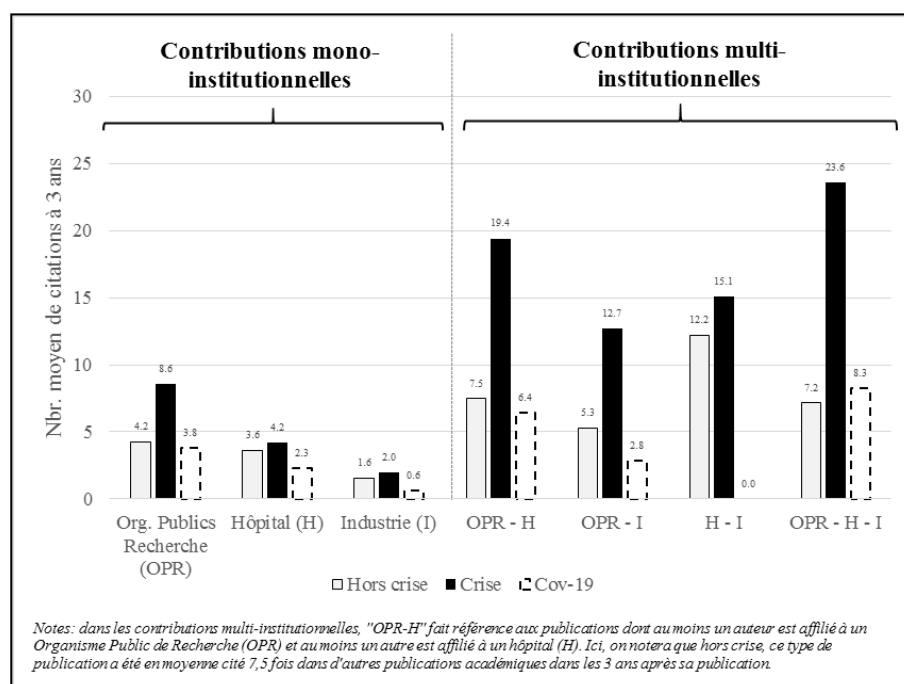


Figure 3 – Nombre moyen de citations reçues en 3 ans en période de crise et hors crise selon le type d'acteurs ou de collaborations

On soulignera ici que toutes les parties enregistrent une augmentation du nombre de citations pendant les périodes de crise, effet symptomatique de l'effervescence scientifique

liée aux pandémies. Lorsque les industriels publient sans recourir à une collaboration, l'effet sur la recherche académique est négligeable : ils n'obtiennent que 2 citations en moyenne en période de crise. Au global, on notera que **les publications industrielles restent systématiquement moins influentes que celles des OPR ou des hôpitaux**, quels que soient la période (crise ou hors crise) et le mode d'action (avec ou sans collaboration).

Ainsi, nous pouvons conclure sur des résultats en demi-teinte quant aux capacités des industriels à accroître leur contribution à la recherche académique en période de crise. Certes, l'industrie est capable de publier davantage. Cependant, ces efforts supplémentaires restent faibles comparés à ceux consentis par les autres acteurs, tandis que la diffusion dans la recherche académique de ces travaux reste limitée. Mais existe-t-il des modalités d'actions particulières qui permettraient à certains industriels d'avoir davantage d'impact académique ?

3.2. Des modalités d'actions de l'industrie qui peuvent renforcer leur impact scientifique :

En gardant le même instrument de mesure, notre corpus nous permet d'explorer trois modalités pouvant favoriser l'impact académique de l'industrie : (1) le recours à la collaboration, (2) l'antériorité de ces collaborations et (3) l'expertise préalable.

Premièrement, toujours dans la *figure 3* ci-dessus, on constate que le recours à des collaborations avec des OPR ou des hôpitaux permet aux industriels de publier des travaux scientifiquement plus impactant. En période de crise par exemple, **l'impact moyen d'un article scientifique publié par un industriel qui ne recourt pas à la collaboration, est six fois plus faible que s'il avait collaboré avec un OPR** (2 citations en moyenne, contre 12). On notera que le recours à des collaborations tripartites avec des OPR et des Hôpitaux, bien que rare, est le mécanisme qui renforce le plus l'impact de l'industrie. Mais comme évoqué précédemment, les acteurs industriels ont des profils variés : certains avec une expertise

préalable sur les coronavirus, ou certains qui réactivent d'anciennes collaborations. Nous explorons ici plus en détail ces caractéristiques.

Ainsi, deuxièmement, nos données nous permettent de distinguer les collaborations nouvelles : c'est-à-dire des cas où un acteur industriel et par exemple un OPR, coécrivent ensemble pour la première fois¹⁴. Ainsi, dans le **Tableau 1**, nous présentons le nombre moyen de collaborations nouvelles créées¹⁵ par année et le nombre moyen de citations reçues par article publié selon cette caractéristique. Nous pouvons ainsi montrer que **les acteurs qui ont déjà collaboré ensemble par le passé (ie. dans les périodes d'avant-crise), obtiennent des résultats scientifiques en moyenne deux fois plus impactant, que les articles co-écrits au travers de collaborations initiées pendant les crises** (20,3 citations en moyenne vs. 9,9). Pourtant, la crise est davantage génératrice de nouvelles collaborations de recherche : environ 7 collaborations sur 10 en moyenne sont nouvellement créées.

		Anciennes collaborations	Nouvelles collaborations	Significativité statistique
Hors crise	Nbr. collaborations par an	32,4	47,6	NA
	Nbr. citations	6,9	3,6	***
Crise	Nbr. collaborations par an	33,0	71,8	NA
	Nbr. citations	20,3	9,9	***
Cov-19 (à date)	Nbr. collaborations par an	104,0	116,0	NA
	Nbr. citations	4,8	3,3	Non sign.

*Légende : en période de crise, 71,8 collaborations nouvelles par an en moyenne se sont formées. Leurs publications ont reçues en moyennes 9,9 citations dans les 3 années suivant la publication. Le test de Wilcoxon permet de tester la significativité de cette différence aux seuils suivants: *** : $p > 0,01$; ** : $p > 0,05$; * : $p > 0,1$; NA : Non Applicable ; Non sign : différence non significative.*

Tableau 1 – Part des collaborations nouvelles et anciennes des industriels et impact en termes de citations dans la recherche scientifique

Troisièmement, qu'en est-il de l'expertise préalable ? Nos données nous permettent de classifier les acteurs industriels en fonction de leurs contributions antérieures au champ de

¹⁴ L'analyse inclut les cas où les acteurs ont collaboré ensemble par le passé sur d'autres sujets que les coronavirus.

¹⁵ Ici, pour comptabiliser les collaborations nouvelles, nous prenons en compte les paires d'organisations. Par exemple, si un papier était co-écrit par Moderna, Pfizer et l'Institut Pasteur et qu'aucun d'entre eux n'a travaillé ensemble auparavant, 3 collaborations nouvelles seraient comptabilisées (Moderna – Pfizer, Institut Pasteur – Pfizer, Institut Pasteur – Moderna).

recherche sur les coronavirus. Ainsi, un industriel qui a publié pendant la crise du MERS-Cov, alors qu'il a déjà publié un précédent papier sur les coronavirus pendant la crise du SARS-Cov-1, est considéré comme ayant une *expertise préalable coronavirus*, à l'inverse il sera considéré comme *sans expertise coronavirus*. Ainsi, dans le **Tableau 2**, nous montrons que hors période de crise, avoir ou non une expérience préalable dans les activités scientifiques sur les coronavirus n'entraîne pas de différence significative sur l'impact des publications des industriels¹⁶. A l'inverse, **pendant les crises, seuls les industriels qui ont déjà contribué à la recherche académique sur les coronavirus avant-crise sont susceptibles d'obtenir des publications à fort impact**. Pourtant, que ce soit en crise ou hors crise, trois quarts des industriels qui publient des articles scientifiques n'ont aucune expérience académique préalable dans ce champ de recherche.

		Expertise préalable coronavirus	Sans expertise coronavirus	Significativité statistique
Hors crise	Nbr. acteurs industriels par an	7,6	20,9	NA
	Nbr. citations	6,5	5,3	Non sign.
Crise	Nbr. acteurs industriels par an	8,3	33,2	NA
	Nbr. citations	15,0	9,6	***
Cov-19 (à date)	Nbr. acteurs industriels par an	22,0	39,0	NA
	Nbr. citations	5,6	2,5	Non sign.

Légende : en période de crise, 33,2 industriels ont publié au moins un article scientifique sur les coronavirus pour la première fois de leur histoire. Durant les trois années suivant la publication, ces articles ont été cités en moyenne 6,5 fois comme référence dans d'autres articles scientifiques. Le test de Wilcoxon est similaire à celui du tableau 1.

Tableau 2 - Part des industriels ayant ou non une expérience de recherche académique sur les coronavirus et impact en termes de citations

4. PERSPECTIVES POUR L'IMPACT SCIENTIFIQUE INDUSTRIEL DANS LE CONTEXTE PANDEMIQUE

Cette section vise à discuter les résultats empiriques (4.1) et à en tirer des conclusions managériales pour constituer des outils de gestion (4.2).

¹⁶ Test statistique de la différence de la moyenne non significatif (Wilcoxon).

4.1. *La difficulté de dépasser le modèle linéaire en période de crise :*

En période de crise, nous espérons voir les industriels, les hôpitaux et les OPR dépasser le régime du modèle linéaire à l'œuvre hors crise pour favoriser la co-conception de connaissances scientifiques originales. La crise seule n'est pas le catalyseur d'un tel basculement vers un modèle qui favoriserait un développement conjoint de connaissances académiques et d'applications par les industriels. Certes, l'industrie augmente sa contribution nette à la recherche académique pendant les crises, mais ces efforts supplémentaires ne modifient pas la dynamique globale : l'industrie conserve un rôle minime et ses contributions sont relativement peu fécondes scientifiquement.

Si de nombreux industriels sont capables de se mobiliser dans le contexte d'une crise nouvelle, les difficultés de ceux qui n'avaient pas d'expertise sur la thématique de recherche hors crise semblent difficiles à surmonter face à l'urgence de l'épidémie. Le choix de recourir à une collaboration avec un OPR ou un hôpital peut s'avérer déterminant pour capitaliser sur les dernières avancées scientifiques. Cet élément semble corroborer les nombreux appels à pratiquer l'innovation ouverte dans le cadre de la crise du covid-19¹⁷. Toutefois, ces collaborations sont rarement payantes si elles s'initient en période de crise. Pour que la collaboration soit féconde, les acteurs doivent dépasser leurs barrières culturelles, développer un climat de confiance pour établir des relations stables permettant d'instaurer des « *plateformes cognitives* » propices à l'innovation (Créplet et al., 2007) : en somme, apprendre à se connaître et travailler ensemble. Ces difficultés paraissent démultipliées et quasi-insurmontables durant des crises comme celle que nous traversons, qui impactent fortement les capacités de travail (confinement, télétravail, etc.).

¹⁷ « Why Now is the time for open innovation », *Harvard Business Review*, ed. 05/06/2020

4.2. *Des outils de gestion pour la crise du covid-19 et les crises futures :*

Cette sous-section vise à détailler les outils de gestion à concevoir pour favoriser une plus large contribution de l'industrie à la science ouverte, qui serait davantage porteuse de découvertes scientifiques majeures pour faire face aux crises.

Nous avons montré que les industriels sans expertise préalable sur la thématique de recherche rencontraient des difficultés pour faire des percées scientifiques. Pendant la crise, des outils de gestion pourraient permettre de les faire monter en compétences plus rapidement et favoriser les collaborations inter-institutions. Premièrement, on peut saluer les efforts visant à favoriser l'accès libre et gratuit aux connaissances scientifiques sur la covid-19 (voir les engagements de certaines revues¹⁸ ou l'essor des *préprints*). Deuxièmement, des approches plus structurées et mutualisées des explorations devraient être envisagées. L'exemple de la fondation Gates qui a cherché à fédérer OPR et industriels est à ce titre particulièrement éloquent¹⁹. Les pratiques d'exploration collective de l'inconnu comme les « ateliers KCP » constituent des moyens mobilisables à moindre coût pour faciliter à la fois les collaborations, le partage des connaissances entre les parties et la production originale de connaissances (Le Masson, Weil et Hatchuel, 2014). Troisièmement, des incitations institutionnelles par le biais des financements publics pourraient être mises en place pour favoriser les collaborations inter-institutions. Alors que l'Agence Nationale de la Recherche française a lancé un « appel flash covid-19 » pour financer en urgence des projets scientifiques des OPR, quid d'un « appel flash OPR-Industrie ». On pourrait envisager de privilégier dans ce cadre, des collaborations préétablies et favoriser le partage d'information entre toutes les parties prenantes au dispositif (par exemple, par la création d'une plateforme collaborative des participants au programme de financement). De même, l'hôpital constitue un lieu propice à la

¹⁸ Voir en ce sens l'appel de l'UNESCO (<https://en.unesco.org/covid19/communicationinformationresponse/opensolutions>)

¹⁹ « Coronavirus : la Fondation Gates accroît son soutien pour accélérer l'arrivée d'un vaccin », *Les Echos*, ed. 6/04/2020

collaboration inter-institutions, un levier pourtant rarement sollicité. Par exemple, le concept de *patient centrality* pourrait devenir un outil fédérateur pour favoriser des collaborations scientifiques entre industriels, OPR et hôpitaux. Ces actions pourraient par exemple permettre, par une approche plus partenariale, d'accélérer le processus de publications scientifiques associées aux développements de vaccin. Ce dernier point constitue un enjeu clé alors que des vaccins sont aujourd'hui prêts à être mis sur le marché sans que des publications scientifiques soumises au processus de revues par les pairs ne viennent étayer leurs résultats²⁰.

En amont des crises, l'anticipation semble être un facteur déterminant pour faciliter un plus large engagement de l'industrie dans la recherche académique. En effet, nous avons montré que les collaborations créées avant crise conduisent à des résultats de recherche en moyenne deux fois plus impactant. Permettre la création de réseaux incluant hôpitaux, OPR et industriels et qui contribueraient à la recherche académique hors crise devrait constituer une étape clé. Utiliser à ce titre la liste des virus jugés dangereux par l'Organisation Mondiale de la Santé pour fédérer les acteurs peut s'avérer un levier efficace. Cela permettrait, en cas de survenance d'une crise, que les liens interinstitutionnels soient mobilisables de manière plus immédiate. De plus, il est nécessaire d'assurer la continuité du financement public sur les initiatives inter-institutions associées à des pathogènes à risque. Des programmes ad hoc peuvent être envisagés sur ces virus : par exemple, programmes de mobilité intersectorielle par pathogène à risque, programme thèses « CIFRE pathogènes ».

Enfin, si ces éléments portent sur une période de crise épidémique, nos résultats invitent à discuter plus largement le rôle de l'industrie dans la recherche scientifique pendant les crises, qu'elles soient financières, écologiques ou sociétales.

²⁰ « Vaccins à ARN messenger anti-Covid-19 : "On manque de recul, on n'a toujours pas les publications scientifiques", déplore le professeur Caumes », France Informations, ed. 08/12/2020

BIBLIOGRAPHIE :

- Arora A., Belenzon S., Pataconi A. (2018). « The decline of science in corporate R&D », *Strategic Management Journal*, 39, n° 1, p. 3-32.
- Bikard M., Vakili K., Teodoridis F. (2019). « When Collaboration Bridges Institutions : The Impact of University – Industry Collaboration on Academic Productivity », *Organization Science*, 30, n° 2, p. 426-445.
- Blumenthal D., Causino N., Campbell E., Louis K.S. (1996). « Relationships between Academic Institutions and Industry in the Life Sciences — An Industry Survey », *New England Journal of Medicine*, 334, n° 6, p. 368-374.
- Bonhomme Y., Corbel P., Sebai J. (2005). « Différences entre “big pharmas” et “biotechs” : qu’en disent leurs brevets », *Revue française de gestion*, 155, p. 117-133.
- Bush V. (1945). *Science, the endless frontier; a report to the President on a program for postwar scientific research*, NSF Archive.
- Créplet F., Kern F., Schaeffer V. (2007). « Approche cognitive des collaborations universités-entreprises », *Revue Française de Gestion*, 173, n° 4, p. 47-68.
- Deroy X. (2008). « Le secteur pharmaceutique et l’histoire du contrôle de l’innovation », *Revue française de gestion*, 34, n° 188-189, p. 175-183.
- Evans J. (2010). « Industry Induces Academic Science to Know Less about More », *The American Journal of Sociology*, 116, n° 2, p. 389-452.
- Gulbrandsen M., Smeby J.C. (2005). « Industry funding and university professors’ research performance », *Research Policy*, 34, n° 6, p. 932-950.
- Hamdouch A., Perrochon D. (2000). « Formes d’engagement en R&D, processus d’innovation et modalités d’interaction entre firmes dans l’industrie pharmaceutique », *Revue d’économie industrielle*, 93, n° 1, p. 29-50.
- Masson P. Le, Weil B., Hatchuel A. (2014). *Theorie, méthodes et organisations de la conception*, Presse des Mines.
- Plantec Q., Masson P. Le, Weil B. (2019). « Inventions and scientific discoveries: impact of designers’ collaborations on creative outputs. An analysis towards fixation effects. », *Proceedings of the 22nd International Conference on Engineering Design*, p. 159-168.
- Stokes D. (1997). *Pasteur’s Quadrant. Basic science and technological innovation*, Brookings Institution.
- Tahamtan I., Bornmann L. (2019). « What do citation counts measure? An updated review of studies on citations in scientific documents published between 2006 and 2018 », *Scientometrics*, 121, n° 3, p. 1635-1684.
- Tijssen R. (2004). « Is the commercialisation of scientific research affecting the production of public knowledge? Global trends in the output of corporate research articles », *Research Policy*, 33, n° 5, p. 709-733.
- Toole A.A., Czarnitzki D. (2010). « Commercializing science: Is there a university “brain drain” from academic entrepreneurship? », *Management Science*, 56, n° 9, p. 1599-1614.