

La Science Ouverte : la COVID-19 a-t'elle fait bouger les lignes ?

Bernard Rentier

Introduction

L'épidémie de COVID-19 demeurera dans les mémoires comme l'événement le plus perturbateur de notre société depuis la seconde guerre mondiale. Et, dans son genre, elle constitue un événement unique, il ne sera désormais plus nécessaire de rappeler pourquoi.

Dès le début de la pandémie, en janvier-février 2020, une activité scientifique a rapidement bouillonné pour essayer de comprendre en quoi ce nouveau coronavirus était différent de ses congénères que nous côtoyons fréquemment et qui se contentent de provoquer ci et là des rhumes. D'emblée, on s'est aperçu que celui-ci, qu'on a affublé du nom peu mémorable de SARS-CoV-2, recherche s'est immédiatement

a considérablement perturbé en 2020 l'activité humaine sur l'ensemble de notre planète, bien plus que toute autre épidémie ou pandémie dans l'histoire du dernier siècle. La pandémie d'influenza, appelée grippe espagnole de 1918-1920 avait sidéré l'humanité en y décimant un nombre probablement sous-estimé, vu les capacités de comptage de l'époque, d'une quarantaine de millions de décès, largement dûs à la malnutrition au sortir de la guerre et aux surinfections diverses, plus mortelles que le virus lui-même. Les gripes asiatique (1957-1958) et de Hong Kong (1968-1969), quoiqu'un peu plus meurtrières que la COVID-19 qui, à la mi-septembre 2020 est considérée comme responsable de la mort de plus de 900.000 personnes dans le monde, dépassaient largement chacune le million de décès et pourtant elles n'ont pas reçu la même attention et n'ont pas paralysé la vie économique, sociale, culturelle et éducative avec la même ampleur, loin s'en faut. Les temps changent et la perception du danger des pandémies change également.

Peu d'activité humaine n'ont pas subi l'impact négatif de la crise sanitaire. On pouvait s'attendre, dès le début de la pandémie, à un effet extrêmement stimulant sur la recherche scientifique et ce fut incontestablement le cas. Toutefois, un tel stimulus a surtout dynamisé les chercheurs impliqués dans les disciplines les plus directement concernées, parfois avec une résonance pluridisciplinaire. Au vu des communications scientifiques, l'explosion¹ se fit surtout sentir dans le domaine médical (virologie, infectiologie, immunologie, épidémiologie, rhumatologie, neurologie, pneumologie et santé publique en général) mais également en biologie moléculaire, psychologie, sociologie, politologie, droit, économie, sans compter les interventions des statisticiens, des modélisateurs et des bio-ingénieurs. Les historiens et les philosophes furent également mis à l'œuvre assez souvent sur le sujet.

COVID-19 et la publication des résultats de la recherche

On pourrait évoquer longuement les particularités exceptionnelles de l'impact de la COVID-19 sur la communication journalistique, mais on pense immédiatement à la communication scientifique, la seconde s'étant considérablement rapprochée de la première, avec des effets heureux et malheureux durant cette année particulière. Jamais le grand public n'aura entendu autant parler de la diffusion des recherches ni évoquer autant de noms de journaux, la palme revenant certainement à *The Lancet*, vénérable journal médical de grande réputation depuis 150 ans, peu connu d'un public profane mais, on y reviendra, victime, lui aussi, de la pandémie.

De très nombreuses questions se sont rapidement posées sur le virus, sa transmission, son diagnostic, ses effets secondaires, les mesures prophylactiques à prendre et, évidemment la faisabilité en un temps très court, de la production d'un vaccin inoffensif et efficace...

La science avance essentiellement au moyen du partage des informations entre chercheurs et elle progresse d'autant plus vite qu'elle diffuse rapidement. Les ingrédients nécessaires dans un état d'urgence comme celui d'une pandémie rapide et inconnue sont, d'une part, une mobilisation immédiate des compétences et d'autre part, une communication ouverte et rapide (or traditionnellement, la communication scientifique est très conservatrice, elle n'est ni rapide, ni ouverte). Ces qualités, par contre, sont celles de la Science Ouverte (*Open Science*) et on peut y ajouter le remplacement progressif de l'esprit de compétition pour faire place à une approche de coopération. Les progrès scientifiques rapides sur les questions les plus brûlantes sont attendus pour améliorer la prise en charge des patients, réduire la mortalité et prévenir de nouvelles infections. La communauté scientifique a réagi en conséquence, avec la publication de près d'une centaine de milliers de pré-publications (*preprints*) libres et d'articles évalués par des pairs qui ont contribué au développement d'un ensemble considérable de connaissances très utiles pour faire évoluer la représentation mentale que l'on a de ce phénomène.

Malheureusement, parmi ces études, beaucoup souffrent de faiblesses méthodologiques, rendant difficile et souvent impossible l'interprétation de leurs résultatsⁱⁱ ou conduisant à de fausses allégations dont l'impact sur la santé publique peut être très dangereux. Nombreuses sont celles qui ont dû être rétractées^{iii, iv} mais beaucoup d'autres, passées plus inaperçues, restent encore accessibles à la communauté des chercheurs et au public. Outre la menace directe que ces publications font peser sur les soins aux patients et les politiques de santé publique, ces études de mauvaise qualité sont responsables d'un gaspillage des ressources et menacent la connaissance réellement utilisable^v.

COVID-19 et Science Ouverte

Un des grands problèmes constatés au cours de cette épidémie est l'exposition du public à des informations scientifiques de mauvaise qualité, méthodologiquement critiquables, voire frauduleuses. Ces accidents malheureux contribuent à ternir l'image de la recherche et de la science en général aux yeux des citoyens^{vi}. La mise en œuvre — qui débute mais n'est pas encore très répandue — de la Science Ouverte qui doit garantir la rigueur et la reproductibilité des résultats scientifiques^{vii} - pourrait, si elle s'étend, améliorer les résultats en matière de santé ainsi que les coûts économiques liés à la COVID-19.

D'une manière générale, la Science Ouverte vise à optimiser la recherche et la communication scientifique en exposant immédiatement le processus scientifique et ses résultats à la communauté scientifique et au grand public. Cette idée est mise en œuvre concrètement par le biais d'un certain nombre de pratiques de base de la Science Ouverte^{viii} [ref] : *Open Access*, *Open Source*, *Open Data* et *Open Peer Review*. La plus connue et la plus approuvée de ces pratiques, l'*Open Access*, consiste à rendre toutes les communications scientifiques librement disponibles avec des droits de réutilisation complets. Elle englobe le principe de la diffusion précoce des manuscrits de recherche sous forme de *preprints* ou pré-publications (articles non encore publiés dans des revues scientifiques). Même si les pré-publications ne sont pas systématiquement examinées par des pairs et que, de ce fait, leur validité scientifique n'est pas garantie, elles contribuent à un système de diffusion plus transparent et plus ouvert, accélérant l'examen par l'ensemble de la communauté scientifique et non par quelques élus des éditeurs^{ix}. Le principe de l'*Open Access* devrait être adopté en même temps que les principes de l'*Open Source* (ou *Open Software*) et de l'*Open Data*. La pratique de ces dernières vise à garantir que les informations tels que les questionnaires, les formulaires, les procédures, les données collectées, les métadonnées et le code source soient partagés afin de favoriser la reproductibilité, d'augmenter la réutilisation des données et de faciliter le processus d'examen par les pairs^x. En effet, les examinateurs doivent pouvoir disposer du matériel nécessaire pour vérifier les résultats, pour détecter tout problème qui ne pourrait être identifié à partir du manuscrit lui-même et pour fournir des rapports d'examens complets. Ensuite, selon le principe de l'évaluation ouverte par les pairs, ces rapports, ainsi que la réponse des auteurs, doivent être partagés publiquement et de manière transparente. Les discussions scientifiques entre les auteurs et les évaluateurs sont inhérentes au processus de création de connaissances^{xi}. De plus, l'évaluation ouverte par les pairs contribue à maintenir la qualité de l'évaluation^{xii} et réduit le risque de conflits d'intérêts cachés. Par conséquent, l'adoption des principes de la Science Ouverte au cours de la dernière décennie a été particulièrement utile pour accroître la rigueur, la fiabilité et la reproductibilité des résultats scientifiques dans tous les domaines de recherche.

À mesure que le soutien au mouvement s'accroît, il pourrait s'accompagner d'une volonté politique accrue de mettre en œuvre des obligations plus strictes en matière de libre accès, destinés à accélérer la transition, comme le prévoit le Plan S^{xiii} par exemple. Il faut néanmoins toujours se souvenir que le patrimoine commun de l'humanité est une communauté de droits, composée de personnes et d'institutions dont les intérêts se renforcent mutuellement en faveur le bien public. Les plateformes non éthiques doivent être exclues des

biens communs et de leurs avantages^{xiv}. Dans le même temps, le développement d'infrastructures pour la collecte et la diffusion de méthodes, de procédures, de données et de résultats est susceptible de devenir un nouvel atout pour le mouvement de l'*Open Access* après la pandémie. Pour que cette transition soit réussie, il faudra davantage de collaboration entre les chercheurs, les bailleurs de fonds, les gouvernements, les institutions, les examinateurs et les éditeurs qu'il n'y en avait auparavant.

Cette collaboration devra se développer dans un environnement économique particulièrement difficile. Les effets induits par les restrictions vont avoir un impact sur les bailleurs de fonds de la recherche, sur les universités et leurs bibliothèques. Les éditeurs seront confrontés simultanément à la nécessité d'examiner davantage de soumissions comme on le constate déjà fortement, mais ils vont tenter de perdre le moins possible dans ce contexte très probable de dépression financière. Ce contexte pourrait amener les institutions et les organismes de financement de la recherche à repenser leurs politiques de financement et à accorder la priorité aux recherches qui font apparaître une pertinence et un impact sociétal, au risque d'entraîner une distorsion du financement et un déséquilibre supplémentaire entre les sujets orientés vers les sciences-techniques-médecine et les sujets de sciences humaines^{xv}.

Des éléments indiquent que la pandémie de COVID-19 a déjà servi de catalyseur à l'adoption de certains principes de science ouverte^{xvi, xvii}. Plusieurs grands éditeurs ont mis en libre accès au public tous leurs articles relatifs à la COVID-19^{xviii}. En outre, les auteurs, en particulier dans le domaine médical, ont partagé leurs pré-publications de manière plus systématique que lors des pandémies précédentes^{xix} et les comptes rendus ont été publiés sur des plateformes externes comme *Pubpeer*, par exemple^{xx}). Certains principes de la science ouverte ont été adoptés mais mal utilisés. Par exemple, des agences de presse ont rapporté des résultats peu fiables basés sur des pré-publications non révisées et certaines révisions, bien qu'ouvertes, ont eu lieu sur des plateformes séparées et n'ont donc pas été directement accessibles aux lecteurs.

Malheureusement donc, la crise de la COVID-19 a apporté son lot d'inquiétudes et de doutes quant aux bénéfices de la Science Ouverte, en multipliant les exemples de publication (au sens rendre public, peu importe comment, parfois même en paraissant d'emblée dans la grande presse générale) de résultats prématurés et non validés. En outre, le fait de n'adopter que certains de ces principes (par exemple, les *preprints*) et d'en exclure d'autres (par exemple, le partage ouvert des données expérimentales^{xxi} ou d'observation), peut s'avérer plus préjudiciable que de ne pas adopter des pratiques ouvertes.

L'impact de l'urgence

Les dérapages de la publication scientifique dans l'urgence d'une crise de l'ampleur de celle de la COVID-19 sont apparus à toutes les étapes de la publication scientifique^{xxii} et en amont, lors des investigations médicales elles-mêmes. Cela commence avec la collecte des données et leur interprétation par les chercheurs, avant même qu'ils n'entament la procédure de publication, souvent accélérée elle-même.

L'épisode le plus célèbre, fortement médiatisé par le Professeur Didier Raoult, s'est déroulé lors de la prépublication, par Gautret et al^{xxiii} de l'utilisation de l'hydroxychloroquine pour le traitement précoce des patients atteints de la COVID-19. Le « scoop » que constituait cette annonce de l'efficacité d'une substance bien connue, bon marché et, aux doses utilisées pour prévenir la malaria, sans effets secondaires majeurs a rapidement été tempéré par les énormes faiblesses méthodologiques de cette mini-étude expéditive. En outre, le plaidoyer de Raoult en faveur de sa conviction instinctive de l'efficacité du traitement, en opposition avec tous les principes de la publication scientifique, a contribué énormément à jeter le discrédit sur un concept qui, aujourd'hui encore, n'a pu être scientifiquement invalidé. Malheureusement, cet incident a eu des répercussions énormes et a jeté le discrédit sur l'idée même de l'utilisation de la molécule pour prévenir la COVID-19, peut-être à tort.

Il est vraiment intéressant d'étudier plus en profondeur ce phénomène, et tout particulièrement le clivage sociétal observé en France, dans le secteur médical mais aussi dans la population tout entière, l'interdiction de vendre et d'utiliser médicalement l'hydroxychloroquine, des rapports indiquant des effets secondaires extrêmement graves lors de sa consommation, alors qu'elle avait été utilisée comme médicament contre la polyarthrite chronique et le lupus érythémateux disséminé depuis de nombreuses années par des millions de gens. Les contresens et contradictions haineuses ont fusé de toutes parts et rendu tabou l'usage de ce produit, même dans son intention première éprouvée de longue date. L'impact de la sortie précipitée d'une prépublication en accès libre a donc été considérable au détriment de la médecine de qualité.

Ceci a également démontré les risques de l'accaparement par la presse généraliste de sujets de débats scientifiques parfois houleux et dûs à la qualité discutable du document original, qualité qui a indiscutablement pâti de la précipitation de ses auteurs pour publier.

Mais ce n'est pas tout car, dans cette histoire, tous les dérapages possibles et habituellement soigneusement évités, ont eu lieu. Un article, paru très (trop) rapidement dans le très sérieux journal médical *The Lancet*^{xxiv} a dénoncé l'inefficacité de l'hydroxychloroquine. Cet article a franchi les fourches caudines du *Lancet*, à savoir l'examen critique par les pairs (*peer review*) comme chez tous les éditeurs sérieux. Le problème dans ce cas précis, c'est que de toute évidence aux yeux des spécialistes, l'article n'a pas été examiné avec l'attention nécessaire et *Lancet* s'est livré, à cette occasion et dans l'urgence, à une pratique généralement attribuée à ce qu'on appelle les revues « prédatrices ». Ici, c'est en quelque sorte l'*Open Peer Reviewing* qui s'est spontanément mis en place, mais en post-publication, les lecteurs avisés ayant déjoué les diverses fraudes de cet article, rapidement rétracté par la suite par ses auteurs. Un incident similaire s'est produit avec le *New England Journal of Medicine*^{xxv}, pour ne parler que des journaux les plus « prestigieux », très jaloux de l'examen par des experts, garant de leur qualité.

Lors de cet épisode, relativement précoce dans l'épidémie, on a assisté à la dérive que les détracteurs de l'*Open Access* annonçaient, à ceci près que c'est au cœur même du système traditionnel que les incidents ont eu lieu. Précipitation et révision par les pairs bâclée, deux erreurs majeures généralement attribuées à l'*Open Access* venaient d'éclater au grand jour.

Ces erreurs vont cependant jouer un rôle majeur dans le discrédit qui va peser ensuite sur la recherche et les experts et dans la mise à l'index pharmaceutique de l'hydroxychloroquine, plusieurs mois ont été perdus pour l'étude de l'efficacité et de l'innocuité de cette molécule dont une étude belge^{xxvi} indique qu'elle n'est peut-être pas aussi inefficace que ce qu'on en dit.

En outre, lorsque des publications de mauvaise qualité passent plus inaperçues, elles ne sont pas rétractées et restent ainsi au vu et au su de tous, avec le risque d'être naïvement considérées comme apportant une contribution solide, ce qui, dans ces domaines, peut être une source d'égarement mais peut être dangereux, tout simplement^{xxvii}.

Toute crise révèle des failles inaperçues

D'autres principes de la science d'une part et de la science ouverte d'autre part ont été bafoués en 2020. En fait, la science, qu'elle soit ouverte ou non, cherche à s'approcher de la vérité, pour autant qu'elle existe et qu'elle soit à notre portée. Ce qui diffère entre ces deux approches, c'est la méthodologie, l'éthique et le degré de transparence à toutes les étapes de la recherche et de sa communication.

L'opacité du processus de recherche conduit à la duplication ou la multiplication des projets en raison de l'ignorance mutuelle des recherches en cours, un luxe bien inutile au regard des moyens disponibles. L'épidémie de COVID-19 va conduire à plusieurs centaines d'essais cliniques redondants, mais indépendants, non préalablement enregistrés et suffisamment différents dans leur protocole pour ne pouvoir être rassemblés^{xxviii}.

La publication accélérée, les conflits d'intérêts et le manque de partage des données sont des dangers connus. On observe, durant l'année 2020, un taux croissant de rétractation des pré-publications sur la COVID-19 mais également des articles évalués par les pairs^{xxix}. Il est important de combattre ces écueils et d'accélérer la mise en application des principes et des procédures garantissant une réduction des chances de dérapages.

Quoi qu'il en soit, le principe-même de la rétractation est extrêmement utile et démontre que l'auto-régulation de la science fonctionne^{xxx} et tout particulièrement lorsque l'accès est ouvert et que le lecteur peut jouer un rôle de lanceur d'alerte.

Un bon examen par des pairs demeure un atout essentiel. Il faut favoriser une large ouverture vers le monde des spécialistes réellement capables d'apporter un regard critique et constructif au travail, l'open review est une solution mais on doit veiller à ce qu'il ait lieu. Un certain degré de sollicitation est donc nécessaire si on ne souhaite pas que l'article échappe à l'examen. En période de pandémie, la gestion médicale des patients et les politiques de santé publique s'appuient fortement sur des conclusions scientifiques. Un label doit être apposé sur l'article lorsqu'on considère qu'il a été « approuvé » par les experts. Dans l'attente de ce label, il doit être clairement identifié comme étant en cours d'évaluation.

Un régime d'exception

Durant la crise de la COVID-19, on a assisté à une accélération du processus d'examen et de publication avec l'adoption de « *Fast Track Reviewing* » (chez PLOS notamment, certaines revues de Wiley^{xxxix} [ref], certaines revues d'Elsevier^{xxxix}, certaines revues de SAGE^{xxxix} et les revues de PeerJ^{xxxix}). En outre, un nouveau journal de recouvrement pour les examens rapides et indépendants des « *COVID-19 preprints* » a récemment été lancé par MIT Press et par l'Université de Californie à Berkeley^{xxxix}. Toutefois, si un examen accéléré par les pairs n'entraîne pas nécessairement une diminution de la qualité, il laisse planer un doute sur son professionnalisme et sur la gestion d'éventuels conflits d'intérêts.

La crise de la COVID-19 a également vu proliférer de façon spectaculaires les méta-analyses, ainsi qu'une foison d'articles consacré à l'examen et à la critique d'autres articles. S'ils ouvrent la voie à un débat parfois utile, ils demeurent par la suite dans le « circuit » de l'information scientifique quelle que soit leur qualité^{xxxix}. En effet, l'acte de rétractation est rare et jette l'opprobre sur ses auteurs. Il faut donc une pression énorme sur ceux-ci pour qu'ils se résolvent à la rétracter un article. Il est par ailleurs profondément dommage que la rétractation soit perçue comme l'aveu d'une méconduite. S'il s'agit, non pas d'une fraude, mais d'une erreur méthodologique ou d'une interprétation erronée, le geste devrait apparaître comme plus naturel qu'il n'est aujourd'hui. Une plus grande spontanéité de la rétractation permettrait de faire disparaître de l'Internet des publications qui ne doivent pas y figurer, de telle manière qu'elles n'induisent plus personne en erreur. Mieux encore, elles devraient y demeurer avec une mention claire de leur invalidité, afin d'éviter qu'une même erreur se reproduise. Une telle étude est susceptible d'être incluse dans toute revue systématique ultérieure sur le sujet et, même si elle peut être signalée comme une étude présentant un risque élevé de partialité, elle pourrait influencer les résultats d'une méta-analyse. Une pratique perverse que l'on constate de la part de certains éditeurs est de ne pas faire disparaître un article rétracté mais d'encourager un débat parfois inutilement prolongé et la publication de commentaires qui, a force de citations, vont contribuer à augmenter le facteur d'impact de la revue...

L'enjeu de la reproductibilité de la recherche

Un des problèmes bien connus de la recherche que vise à résoudre la science ouverte, est son manque fréquent de reproductibilité^{xxxix}, qui jette le discrédit sur bon nombre de travaux qui ne sont néanmoins jamais rétractés et encombrant le paysage. A l'époque du « tout papier », la rétraction devait prendre la forme d'un nouvel article dénonçant le précédent.

Actuellement, la publication électronique permet une meilleure identification des articles litigieux. Toutefois, la labélisation de l'irreproductibilité requiert, de la part de l'éditeur ou de la plateforme de publication, une gestion après parution assez contraignante ainsi qu'une méthode et des procédures claires. L'impossibilité de reproduire une recherche n'est pas uniquement due à des erreurs expérimentales ou des fraudes mais, le plus souvent, à l'impossibilité d'accéder aux données et/ou aux codes. Si les auteurs ne délivrent pas ces éléments essentiels pour la reproductibilité de leurs travaux, ceux-ci demeurent invérifiables

et un doute peut peser sur leur qualité, voire même leur véracité. La science ouverte repose que le principe de vérifiabilité et de reproductibilité, c'est pourquoi elle exige le partage des données et des codes.

La transparence: une responsabilité des éditeurs également

On comprend qu'il est essentiel d'améliorer la transparence du processus d'examen par les pairs. Pour y parvenir, il faudrait une diffusion ouverte et nominale des rapports des examinateurs et des réponses des auteurs aux remarques et critiques. Accompagnant les articles eux-mêmes, le débat entre auteurs et examinateurs (ou même avec des intervenants non-sollicités mais suffisamment spécialisés) devient presque aussi intéressant que l'article lui-même en ceci qu'il peut contribuer à moduler les points de vue exprimés dans l'article publié. On constate d'ailleurs que plus le « *reviewing* » est ouvert, meilleure est sa qualité [ref]. Leur accessibilité en accompagnement de l'article original (ce que l'édition électronique permet) aide le lecteur à évaluer le caractère approfondi de l'examen par les pairs. La confiance du public dans la recherche scientifique y gagne beaucoup.

L'examen par les pairs ne peut se contenter de l'avis de spécialistes du domaine. Il doit également faire appel à des spécialités connexes, en particulier, dans le cas des études cliniques ou épidémiologiques, à des statisticiens capables de vérifier le bien fondé des traitements statistiques des données. C'est encore trop peu le cas aujourd'hui. Beaucoup de travaux reposant sur des statistiques inadéquates ou fausses doivent être retirés de la circulation à ce motif. Plusieurs éditeurs scientifiques se sont dotés de statisticiens chargés de vérifier la validité des traitements de données^{xxxviii}.

Les revues scientifiques devraient fournir, pour chaque article, une indication claire sur la manière dont la révision par les experts a été menée, le nombre d'examineurs recrutés et la durée du processus ainsi que le nombre d'échanges entre les examinateurs et les auteurs. Elles devraient également rendre publics, en même temps que l'article, les rapports des examinateurs sur les articles acceptés et publiés. Enfin, les travaux comportant des traitements statistiques de données doivent faire l'objet d'un examen par un statisticien chevronné, en raison de l'importance essentielle de ce traitement pour que l'article puisse servir de référence.

Ces précautions indispensables constituent la différence entre un article examiné par des pairs sollicités par un éditeur et une prépublication déposée sur une plateforme ouverte, où l'examen est spontané et dépend de l'initiative des lecteurs. Il est évident que la garantie d'être en présence d'un article validé devient un atout majeur des éditeurs face aux plateformes de prépublication. Dans le cadre de l'épisode de COVID-19 et de ses suites, ce cadrage méthodologique, dans tous ses détails, doit être assuré si les éditeurs veulent apporter un réel avantage face aux plateformes ouvertes. Il n'en reste pas moins vrai que ces dernières peuvent permettre une détection précoce des failles dans les articles. Dans ce contexte, il convient d'encourager ces interventions spontanées et le meilleur moyen est de rendre éligibles les commentaires des examinateurs bénévoles pour une valorisation du travail que

cela représente dans leur curriculum vitae, via le dépôt de cette contribution dans l'archive électronique de leur institution.

Les données ouvertes

La crise de la COVID-19 a mis en lumière que, pour une bonne diffusion d'un nouveau savoir et avec un certain degré d'urgence, il est indispensable que les chercheurs partagent leurs données dans des archives ouvertes^{xxxix}, et qu'ils dévoilent les codes qu'ils ont utilisés pour traiter leurs données. Le partage des données, y compris des données cliniques brutes anonymisées, est crucial pendant une pandémie pour accélérer la compréhension des caractéristiques de l'agent infectieux et la recherche de traitements efficaces [ref]. L'utilisation de plateformes de partage de code source, telles que GitHub, devient courante aujourd'hui.

Une fois qu'un manuscrit est publié, il est disponible pour le reste de la communauté scientifique pour qu'elle le cite ou réalise des méta-études, mais aussi pour qu'il soit communiqué au grand public par les médias ou pour documenter les décideurs politiques. A ce propos, de grands problèmes sont apparus lors de la pandémie dans la transcription des résultats de recherches ou des données quotidiennes pour le grand public. La façon de présenter les résultats a souvent été biaisée par l'effort pour les rendre spectaculaires, impressionnants pour les profanes et souvent inutilement anxiogènes. Par ailleurs, le dépôt ouvert d'études cliniques de protocoles thérapeutiques ou de candidats-vaccins pose un problème s'il est prématuré et si un examen critique par des pairs n'a pas (encore) eu lieu. Une réflexion s'impose donc pour assurer une communication plus responsable des résultats scientifiques. Une labélisation claire doit renseigner le lecteur sur le statut exact de chaque article par rapport à sa validation par des experts.

Conclusion

La pandémie de COVID-19 a eu un impact très important sur la science et a révélé des failles dans l'organisation de la recherche, dès l'étape initiale de la conception des projets ou lors des différentes phases de l'analyse des résultats. Elle a également attiré l'attention sur la confusion qui peut régner quant au statut d'une publication concernant l'examen par des experts et sa validation scientifique.

La procédure accélérée d'examen par les pairs des manuscrits sur la COVID-19, nécessaire pour donner le plus rapidement possible aux autorités sanitaires des directives de essentielles de la gestion de crise, a entraîné des délais, souvent associés à des conflits d'intérêts éditoriaux et à un manque de transparence. Enfin, ces divers manquements ont amené des auteurs à la rétractation de plusieurs articles préalablement apparus comme importants et ont donc eu un impact sur la conduite d'essais internationaux. Ces errements ont provoqué de grandes pertes de temps et de moyens financiers pour la communauté scientifique et médicale.

La Science Ouverte promeut plus de transparence et d'équité dans l'accès à la communication scientifique, la production de connaissances, leur communication et leur évaluation. La crise de la COVID-19 a mis, comme jamais encore, l'accent sur les principes qui sous-tendent la Science Ouverte^{x1}. Toutefois, elle a mis ces principes au pied du mur et elle a révélé la nécessité de résoudre d'urgence des questions-clé telles que

- 1) la modernisation du vieux principe de l'évaluation par les pairs,
- 2) l'utilisation appropriée et contrôlée des pré-publications pour ce qu'elles sont et la conscience de leurs limitations,
- 3) la nécessité absolue du partage des données brutes et des codes-source,
- 4) l'utilisation rigoureuse des statistiques et leur vérification.

Toute cette évolution bien nécessaire appelle de façon évidente à une profonde réforme de l'évaluation de la recherche et des chercheurs qui, puisqu'elle détermine le comportement des chercheurs, doit impérativement les inciter à adopter les règles de la Science Ouverte.

Références

Toutes les références en ligne ont été consultées et confirmées actives le 11.09.2020.

- ⁱ Saitz, Richard ; Schwitzer, Gary . Communicating science in the time of a pandemic. *Journal of the American Medical Association*, vol. 324, n° 5, p. 443-444, 13 juillet 2020 [en ligne] <https://jamanetwork.com/journals/jama/fullarticle/2768397?utm_source=silverchair&utm_campaign=jama_network&utm_content=covid_weekly_highlights&utm_medium=email#editorial-comment-tab>
- ⁱⁱ Glasziou, Paul P. ; Sanders, Sharon ; Hoffmann, Tammy. Waste in covid-19 research. *British Medical Journal*, 12 mai 2020, 369 [en ligne] <<https://www.bmj.com/content/369/bmj.m1847.full.pdf>>
- ⁱⁱⁱ Retraction Watch. Retracted coronavirus (COVID-19) papers, 2020 [en ligne] <<https://retractionwatch.com/retracted-coronavirus-covid-19-papers/>>
- ^{iv} Yeo-Teh, Nicole Shu Ling; Tang, Bor Luen. An alarming retraction rate for scientific publications on coronavirus disease 2019 (COVID-19). *Accountability in Research*, 23 juin 2020, vol. 0, p. 1–7 [en ligne] <<https://doi.org/10.1080/08989621.2020.1782203>>.
- ^v Chalmers, Iain & Glasziou, Paul. Avoidable waste in the production and reporting of research evidence. *The Lancet* 2009, vol. 374, p. 86–89, (2009) [en ligne] <https://www.medicinfeminin.ch/wp-content/uploads/ChalmersI_2009_AvoidableWasteInResearch.pdf>
- ^{vi} Dubois, Michel. La crise a-t-elle changé notre regard sur la science? *Le Journal du CNRS*, 18 juin 2020, [en ligne] <<https://lejournal.cnrs.fr/billets/la-crise-a-t-elle-change-notre-regard-sur-la-science>>
- ^{vii} Cockburn, Andy ; Dragicevic, Pierre ; Besançon, Lonni ; Gutwin, Carl. Threats of a replication crisis in empirical computer science. *Communications of the ACM*, juillet 2020, vol. 63, n° 8, p. 70–79 [en ligne] <<https://dl.acm.org/doi/fullHtml/10.1145/3360311>>
- ^{viii} Munafò, Marcus R. ; Nosek, Brian A. ; Bishop, Dorothy V. M. ; Button, Katherine S. ; Chambers, Christopher D. ; Percie du Sert, Nathalie ; Simonsohn, Uri ; Wagenmakers, Eric-Jan ; Ware, Jennifer J. ; Ioannidis, John P. A. A manifesto for reproducible science. *Nature human behaviour*, 10 janvier 2017, vol. 1, p. 1–9 [en ligne] <<https://doi.org/10.1038/s41562-016-0021>>
- ^{ix} Sarabipour, Sarvenaz ; Debat, Humberto J. ; Emmott, Edward ; Burgess, Steven J. ; Schwessinger, Benjamin ; Hensel, Zach. On the value of preprints: An early career researcher perspective. *PLOS Biology*, 21 février 2019, vol. 17, p. 1–12 [en ligne] <<https://journals.plos.org/plosbiology/article?id=10.1371/journal.pbio.3000151>>
- ^x Miyakawa, Tsuyoshi. No raw data, no science: another possible source of the reproducibility crisis. *Molecular Brain*, 21 février 2020, vol. 13, p. 24 [en ligne] <<https://doi.org/10.1186/s13041-020-0552-2>>

- ^{xi} Ross-Hellauer, Tony. What is open peer review? a systematic review [version 2; peer review: 4 approved]. *F1000Research*, 31 août 2017, vol. 6, p. 588 (2017) [en ligne] <<https://f1000research.com/articles/6-588>>
- ^{xii} Besançon, Lonni ; Rönnerberg, Niklas ; Löwgren, Jonas ; Tennant, Jonathan P. ; Cooper, Matthew. Open up: a survey on open and non-anonymized peer reviewing. *Research Integrity and Peer Review*, 23 juin 2020, vol. 5, p. 1–11 [en ligne] <<https://www.nature.com/articles/s41562-020-0911-0>>
- ^{xiii} Plan S, making full and immediate Open Access a reality, 2018 [en ligne] <<https://www.coalition-s.org>>
- ^{xiv} Capps, Benjamin. Where does Open Science lead us during a pandemic? A public good argument to prioritise rights in the Open Commons. *Cambridge Quarterly of Healthcare Ethics*, Cambridge University Press, 2020 [en ligne] <<https://doi.org/10.1017/S0963180120000456>>
- ^{xv} London, Alex John ; Kimmelman, Jonathan. Against pandemic research exceptionalism. *Science*, 1er mai 2020, vol. 368, n° 6490, p. 476-477 [en ligne] <<https://science.sciencemag.org/content/368/6490/476>>
- ^{xvi} UNESCO - Open access to facilitate research and information on COVID-19, 2020 [en ligne] <<https://en.unesco.org/covid19/communicationinformationresponse/opensolutions>>
- ^{xvii} OECD Policy Responses to Coronavirus (COVID-19). Why open science is critical to combatting COVID-19, 2020 [en ligne] <http://www.oecd.org/coronavirus/policy-responses/why-open-science-is-critical-to-combatting-covid-19-cd6ab2f9/>>
- ^{xviii} Carr, David. Publishers make coronavirus (COVID-19) content freely available and reusable. *Wellcome* (2020) [en ligne] <<https://wellcome.ac.uk/press-release/publishers-make-coronavirus-covid-19-content-freely-available-and-reusable>>
- ^{xix} Fraser, Nicholas ; Brierley, Liam ; Dey, Gautam ; Polka, Jessica K. ; Pálffy, Máté ; Coates, Jonathon Alexis. Preprinting a pandemic: the role of preprints in the covid-19 pandemic. *bioRxiv*, 23 mai 2020 [en ligne] <<https://www.biorxiv.org/content/early/2020/05/23/2020.05.22.111294.full.pdf>>
- ^{xx} Pubpeer, the website, 2020 [en ligne] <<https://pubpeer.com/>>
- ^{xxi} Partage de données, échange d'expertise et outils de coordination pour développer une réponse efficace contre le COVID-19. *Cordis Update*, 21 juillet 2020 [en ligne] <<https://cordis.europa.eu/article/id/421598-sharing-data-exchanging-expertise-and-coordinating-tools-for-an-effective-covid-19-response/fr>>
- ^{xxii} Palayew, Adam ; Norgaard, Ole ; Safreed-Harmon, Kelly ; Andersen, Tue Helms ; Rasmussen, Lauge Neumann ; Lazarus, Jeffrey V. Pandemic publishing poses a new COVID-19 challenge. *Nature Human Behaviour*, 23 juin 2020, vol. 4, p. 666–669 [en ligne] <<https://www.nature.com/articles/s41562-020-0911-0>>

^{xxiii} Gautret, Philippe ; Lagiera, Jean-Christophe ; Parolaa, Philippe ; Hoang, Van Thuan ; Meddeb, Line ; Mailhe, Morgane ; Doudier, Barbara ; Courjon, Johan ; Giordanengo, Valérie ; Esteves Vieira, Vera ; Tissot Dupont, Hervé ; Honoré, Stéphane ; Colson, Philippe ; Chabrière, Eric ; La Scola, Bernard ; Rolain, Jean-Marc ; Brouqui, Philippe ; Raoult, Didier. Hydroxychloroquine and azithromycin as a treatment of covid-19: preliminary results of an open-label non-randomized clinical trial. *medRxiv*, 20 mars 2020 [en ligne] <<https://www.medrxiv.org/content/early/2020/03/20/2020.03.16.20037135.full.pdf>>

^{xxiv} Mehra, Mandel R. ; Desai Sapan S, Ruschitzka, Frank Patel, Amit N. RETRACTED: Hydroxychloroquine or chloroquine with or without a macrolide for treatment of COVID-19: a multinational registry analysis, *The Lancet*, 22 mai 2020 [en ligne] <[https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736\(20\)31180-6/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(20)31180-6/fulltext)>

^{xxv} Mehra, Mandel R. ; Desai, Sapan S. ; Kuy, SreyRam ; Henry, Timothy D. ; Patel, Amit N. Retraction: Cardiovascular disease, drug therapy, and mortality in covid-19. *New England Journal of Medicine*, vol. 382, p. 2582–2582, 2020 [en ligne] <<https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/nejmc2021225>> (Rétracté)

^{xxvi} Catteau, Lucy ; Dauby, Nicolas ; Montourey, Marion ; Bottieau, Emmanuel ; Hautekiet, Joris ; Goetghebeur, Els ; van Ierssel, Sabrina ; Duysburg, Els ; Van Oyenah, Herman ; Wyndham-Thomas, Chloé ; Van Beckhoven, Dominique. Low-dose hydroxychloroquine therapy and mortality in hospitalised patients with COVID-19: a nationwide observational study of 8075 participants. *International Journal of Antimicrobial Agents*, 24 août 2020, sous presse, épreuve corrigée [en ligne] <<https://doi.org/10.1016/j.ijantimicag.2020.106144>>

^{xxvii} Redden, Elizabeth. Rush to Publish Risks Undermining COVID-19 Research. *Inside Higher Ed*, 8 juin 2020 [en ligne] <<https://www.insidehighered.com/news/2020/06/08/fast-pace-scientific-publishing-covid-comes-problems>>

^{xxviii} DeVito Nicholas, A. J. ; Liu, Michael ; Aronson, Jeffrey K. Covid-19 clinical trials report card: chloroquine and hydroxychloroquine. *Center for Evidence-based Medicine*, 11 mai 2020 [en ligne] <<https://www.cebm.net/covid-19/covid-19-clinical-trials-report-card-chloroquine-and-hydroxychloroquine/>>

^{xxix} Retracted coronavirus (COVID-19) papers – *Retraction Watch* [en ligne] <<https://retractionwatch.com/retracted-coronavirus-covid-19-papers/>>

^{xxx} O'Brian, Mark R. Retractions and controversies over coronavirus research show that the process of science is working as it should. *The Conversation*, 6 juillet 2020 [en ligne] <<https://theconversation.com/retractions-and-controversies-over-coronavirus-research-show-that-the-process-of-science-is-working-as-it-should-140326>>

^{xxxi} Pederson, Thoru. Publishing coronavirology: Peering into peer(less?) review. *The FASEB Journal*, 23 juin 2020, vol. 34, p. 9825–9827 [en ligne] <<https://faseb.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1096/fj.202001592>>

xxxii COVID-19 update. Selected articles from this journal on Novel Coronavirus (2019-nCoV) are now available for free. *Journal of critical care*, 2020 [en ligne] <<https://www-journals.elsevier.com/journal-of-critical-care/covid-19>>

xxxiii Covid-19 articles accepted for fast-track publication in psychological science: *Psychological science*, 2020 [en ligne] <<https://journals.sagepub.com/page/pss/covid-19>>.

xxxiv Full fee waivers and fast-track peer review for covid-19-related manuscripts across all PeerJ journals. *PeerJ Blog*, 2020 [en ligne] <<https://peerj.com/blog/post/115284882180/covid-19-full-fee-waivers-fast-track-peer-review/>>.

xxxv The MIT Press and UC Berkeley launch Rapid Reviews: COVID-19. *MIT Press*, 29 juin 2020 [en ligne] <<https://rapidreviewscovid19.mitpress.mit.edu/pub/press-release>>

xxxvi Voss, Andreas ; Coombs, Geoffrey ; Unal, Serhat ; Saginur, Raphael ; Hsueh, Po-Ren. Publishing in face of the covid-19 pandemic. *International Journal of Antimicrobial Agents*, juillet 2020, vol. 56, p. 106081 [en ligne] <<https://doi.org/10.1016/j.ijantimicag.2020.106081>>

xxxvii Baker, Monya. 1,500 scientists lift the lid on reproducibility. *Nature*, 28 juillet 2016, vol. 533, p. 452–454 [en ligne] <<https://www.nature.com/news/1-500-scientists-lift-the-lid-on-reproducibility-1.19970>>

xxxviii The BMJ Editorial Board [en ligne] <<https://www.bmj.com/about-bmj/editorial-staff>>

xxxix Editorial. Journals unite for reproducibility. *Nature*, 6 novembre 2014, vol. 515, p.7 [en ligne] <<https://www.nature.com/news/journals-unite-for-reproducibility-1.16259>>

xl Lawrence, Rebecca. Could this be the start of a new era in scholarly communication? *F1000 Research Blog*, 9 juillet 2020 [en ligne] <<https://blog.f1000.com/2020/07/09/could-this-be-the-start-of-a-new-era-in-scholarly-communication/>>