



HAL
open science

Diffusion et promotion de la méthode scientifique et des sciences

Denis Bourguet, Thomas C. Durand, Thomas Guillemaud, Marc-André Selosse, Fanny Arnaud, Daniel Berveiller, Irène Carpentier, Julie Dabkowski, Françoise Immel, Joël Meunier, et al.

► To cite this version:

Denis Bourguet, Thomas C. Durand, Thomas Guillemaud, Marc-André Selosse, Fanny Arnaud, et al.. Diffusion et promotion de la méthode scientifique et des sciences. *Prospectives CNRS Écologie & Environnement 2023, Sciences et société : du savoir à l'action*, CNRS, pp.221-231, 2023. hal-04694642

HAL Id: hal-04694642

<https://hal.science/hal-04694642v1>

Submitted on 11 Sep 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.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

Diffusion & promotion

de la méthode scientifique et des sciences

Auteurs : Denis Bourguet (CBGP), Thomas C. Durand (ASTEC), Thomas Guillemaud (ISA), Marc André Seloisse (ISYEB)

Contributeurs : Fanny Arnaud (EVS), Daniel Berveiller (ESE), Irène Carpentier (SELMET), Julie Dabkowski (LGP), Françoise Immel (Chrono environnement), Joël Meunier (IRBI), Benoît Pujol (CRIOBE), deux auteurs anonymes

3 PRIORITÉS SCIENTIFIQUES À ABORDER D'ICI 2030

- ▶ Former à la vulgarisation et inciter à communiquer sur la méthode scientifique, la valoriser
- ▶ Se focaliser sur la qualité de la science plutôt que la valeur supposée des revues scientifiques
- ▶ Promouvoir les revues en accès ouvert diamant ou avec de faibles frais et aider les sociétés savantes à se diriger vers ces modèles

Vulgarisation et diffusion scientifique

Si la science ouverte assure à tous, dans un monde idéal, l'accès aux résultats de la recherche scientifique, il serait faux de croire que la science est pour autant restituée à la société. Elle ne l'est alors qu'aux pairs et aux spécialistes. La difficulté de lecture des écrits publiés, hyperspécialisés et en langue anglaise pour la plupart, limite fortement leur diffusion auprès des non-spécialistes. La médiation scientifique est donc le maillon nécessaire entre le monde de la recherche et la société. Or, de nos jours, les découvertes et les innovations de nos domaines de recherche se traduisent par des conséquences dans la vie quotidienne de chacun. Tous les citoyens sont amenés à faire des choix, à commencer par ceux de consommation, qui demandent une information minimale. La recherche est de plus en plus sollicitée dans le débat public afin de répondre à des interrogations de la société dans un contexte de crises sociale, économique, environnementale et sanitaire. Toutefois, l'actualité montre que la

désinformation (fausse information donnée délibérément) ou la mésinformation (fausse information donnée par erreur) peuvent être diffusées largement et prises pour des faits établis.

Dans ce contexte, il est fondamental qu'un maximum de citoyens dispose des connaissances permettant d'apprécier les situations où ils se trouvent, en particulier en lien avec l'évolution biologique, la place de l'humanité dans le vivant, le fonctionnement des écosystèmes – tout en ayant une bonne notion de la manière dont ces connaissances ont été produites (méthodes et histoire des sciences).

Les discussions ont relevé que la vulgarisation s'étendait de la communication (pouvant être définie comme la transmission unidirectionnelle d'éléments, dans un but promotionnel) à la médiation (transmission plus interactionnelle, dans un but éducatif). Ces aspects ont fait l'objet de réflexions, en amont et durant les prospectives, qui peuvent être résumées autour de sept aspects.

Désacraliser positivement les scientifiques

Des échanges avec le grand public et/ou des scolaires permettent bien souvent de désacraliser les chercheurs et, pour ces derniers, de prendre le temps d'expliquer leur métier et ce que l'on peut attendre de leur recherche (ex. Fête de la science). En vulgarisation, l'impact le plus important que nous puissions avoir est probablement atteint en ciblant le public scolaire (élèves, enseignants) qui apparaît comme une clé. Les élèves sont en phase d'apprentissage et peuvent, par le biais des moyens de médiation scientifique, découvrir la culture scientifique ainsi que les nombreux métiers associés à la recherche. Le lien aux chercheurs permet également de développer le sens critique, outil démocratique indispensable dans une société d'information de masse.

Nous devons en particulier nous méfier de l'image d'une science « à la solde de... » alimentée par et alimentant les croyances conspirationnistes. Qu'avons-nous raté dans notre manière de communiquer sur la science pour en arriver là, et que devons-nous faire pour redonner le goût

des sciences ? La question est aussi ouverte qu'incontournable. L'information systématique sur les sources de financement de la recherche vulgarisée (ou des équipes auxquelles appartient celui qui vulgarise) pourrait contribuer à contrecarrer les croyances conspirationnistes sur le pilotage systématique de la science par des groupes d'intérêt.

Des méthodes d'apprentissage par la recherche, via des projets de sciences citoyennes par exemple, participent également au mouvement de démocratisation de la recherche et de l'accès aux connaissances. Des projets comme le projet DECODER (www.journal.decoder.fr) ou « Retour à l'école » mobilisent classes et chercheurs sur la rédaction d'articles de vulgarisation, d'articles originaux ou de la mise en place de petites expériences : ces projets peuvent captiver les plus jeunes dans un exercice où le chercheur a son plein rôle. Ils doivent être encouragés institutionnellement et il faut envisager plus clairement la valorisation et la diffusion de ces projets et des productions associées.

Évaluer et valoriser la vulgarisation

Les chercheurs, producteurs des connaissances, sont de plus en plus nombreux à s'engager dans des actions à destination du grand public, en vulgarisant leurs résultats. Ils sont aussi de plus en plus soutenus dans leurs actions par leurs institutions et laboratoires ; tant mieux car comme le faisait remarquer un participant : « *cela fait partie des missions des chercheurs, mais il y en a beaucoup au total* ». Les grandes institutions de recherche proposent à la lecture de nombreux communiqués de presse sur leurs sites internet, et multiplient les actions et publications de médiation destinées au grand public (ex. le CNRS avec son journal <https://lejournal.cnrs.fr/grand-public>, l'INRAE <https://www.inrae.fr/apprendre-comprendre>, ou encore le magazine de l'INSERM <https://www.inserm.fr/information-en-sante/magazine-science-et-sante>). La médiation scientifique est ainsi devenue une activité incontournable de la recherche

et de l'enseignement supérieur.

Vus comme des formes de productions scientifiques, les produits et l'activité de vulgarisation doivent être pris en compte dans les carrières des chercheurs et les évaluations des équipes, au même titre que les activités de recherche ou d'enseignement. Les commissions d'évaluation apprécient de plus en plus l'existence d'un volet médiation scientifique dans les activités scientifiques mais il reste à s'assurer que ce soit toujours le cas et qu'une activité de vulgarisation puisse être vue comme remplaçant une partie du reste de l'activité scientifique. De plus, cela pose la question de ce qu'on évalue : une action, un texte, une conférence ne suffit pas car la question de la qualité et de l'impact public se pose. Il faut réfléchir institutionnellement aux évaluateurs ou aux critères, et les utiliser de façon homogène dans tous les domaines d'évaluation.

Aider les chercheurs à vulgariser

Vulgariser demande de cerner l'audience et ses besoins, de partir des repères qui lui sont propres. Il faut distraire mais sans risquer de ne passer que des informations éparses : un message structurant et une méthode (voir plus bas) doivent aussi être transmis. Enfin, simplifier et prendre des métaphores peut être utile, mais cette pratique doit s'arrêter là où commence la dénaturation du fond du message dans l'esprit de celui à qui est destinée la vulgarisation. Ces impératifs sont peu aisés et doivent aussi être gérés institutionnellement, au regard de la charge de travail des chercheurs et aussi de la nécessité de les préparer à une tâche nouvelle pour eux. Au-delà des *media training* que l'institution offre à certains de ses chercheurs, des kits et recommandations simples, à manier/pratiquer en autonomie, doivent être disponibles pour tous et à tout instant, en particulier pour ceux qui sont sollicités de façon inattendue par l'actualité. En effet, on est souvent en réponse, parfois imprévue, et on n'organise ni le thème, ni le tempo des aspects traités par l'actualité.

Un débat a pris forme, au cours des prospectives, sur l'intérêt pour le CNRS de désigner ou

d'accréditer ceux qui peuvent s'exprimer, dans tel ou tel domaine, sous le label de leurs fonctions, par exemple à la suite de formations *ad hoc* (chacun restant bien sûr libre de s'exprimer comme citoyen). Il ne s'est pas fait de consensus car le risque existe de limiter la liberté de parole et d'imposer une forme de contrôle désagréable. Une fois encore, former ceux qui souhaitent vulgariser paraît être une meilleure option gérant en amont le risque de communications maladroitement. Une autre possibilité, quand cela est réalisable, est un système de relecture par des pairs expérimentés en vulgarisation (pour les articles au moins). Puisque la recherche garantit la qualité de ses résultats via un système d'évaluation par les pairs, pourquoi ne pourrait-il pas en être de même pour la médiation et la communication scientifique ? Un tel dispositif ciblerait exclusivement les contenus (pas la forme de la médiation) et pourrait même prendre la forme d'un label de qualité qui importerait vis-à-vis du public ; il pourrait aussi servir en évaluation de la recherche, puisque les évaluateurs sont dès à présent amenés à donner plus de place aux actions de médiation qu'auparavant.

Les actions de *media training* qui préparent en particulier aux formats et aux attentes journalistiques ou des réseaux sociaux doivent être soutenues. Il faut, enfin, amplifier l'action et le

recensement des agents potentiellement mobilisables autour de la vulgarisation par les services de presse afin de disposer de bonnes listes de ressources au niveau de l'institution.

Recenser l'existant

L'offre de vulgarisation, sous toutes ses formes, est souvent dispersée : il en résulte une difficulté d'accès pour le public mais aussi un risque de dupliquer les interventions. Cette offre est souvent de qualité mais parfois mêlée de contenus plus pernecieux, où des acteurs prennent les allures de la communication scientifique pour étayer une opinion, voire propager des contre-vérités. Une offre croissante existe en science participative, pas toujours aisée à déterminer – et souvent il conviendrait, en ce domaine comme en d'autres de la vulgarisation, de faire synergie plutôt que compétition ou de duplication involontaire.

Dans ce contexte, recenser les initiatives, d'abord internes puis aussi externes (par exemple, recueillies sur un portail déclaratif), peut à la fois clarifier l'offre et aussi éviter les acteurs indésirables. Cela peut prendre la forme d'un site web listant les initiatives, voire les labellisant : il serait illusoire de penser que seules les actions référencées seront utiles ou bonnes, mais du moins cette liste ne contiendrait que des initiatives acceptables. Elle aiderait les demandeurs (écoles, associations, citoyens mais aussi journalistes) à trouver des sources fiables.

Quels médias ?

De très nombreuses nouvelles initiatives de médiation et diffusion de la culture scientifique fleurissent ces dernières années (chaînes YouTube, blogs scientifiques, ouvrages et articles de vulgarisation, journaux scientifiques vulgarisés...). Les pratiques modernes de diffusion de l'information constituent un outil positif évident mais portent également des travers potentiels. Par exemple, parce que nous sommes limités dans nos capacités à absorber l'information au quotidien, les opérateurs de données (dont les réseaux sociaux) offrent des contenus en fonction de nos centres d'intérêts et cloisonnent ainsi notre espace d'information. Dans beaucoup de médias, l'information scientifique se retrouve diluée et traitée sur un pied d'égalité avec des opinions ou des croyances. De plus, l'information fautive ou non vérifiée diffuse beaucoup plus vite que l'information scientifique : il est alors illusoire de

démentir ou de rectifier. Il faut s'interroger sur la façon d'utiliser les nouveaux médias, notamment pour éviter d'alimenter seulement un public déjà conquis et informé.

D'un côté, il faut maximiser l'utilisation des moyens classiques, dont les formes les plus simples à préparer comme des accueils du public ou des cafés scientifiques, ou une vigilance sur Wikipédia. D'un autre côté, il faut innover. Le CNRS tente déjà de développer de nouveaux types d'actions, comme par exemple les Échappées inattendues. Il faut sans doute mieux utiliser les vulgarisateurs de qualité extérieurs au CNRS et interagir avec eux, aller au-devant de leurs réalisations (blogs, podcasts), les promouvoir voire les aider financièrement. Il faut en effet savoir viser le plus jeune public, par des formes alternatives qui sont les siennes.

Communiquer sur la méthode

On doit parler de la méthode, et ne pas dissenter que de résultats, c'est-à-dire du produit fini, et bien insister sur les incertitudes (sans pour autant vider de sens le message). L'information

autour de la Covid l'a montré : les controverses et les débats, qui sont pourtant au cœur de l'activité scientifique et fondent le sérieux de ses conclusions, ont décontenancé le public. Le statut de

la connaissance scientifique et sa construction doivent plus être mis en évidence, en un mot démythifiés. En effet, la défiance de certains citoyens envers la science réside souvent dans le caractère non immuable de celle-ci. La notion d'hypothèse scientifique, qui n'est jamais complètement validée par la communauté scientifique et qui pourra être remplacée par une nouvelle hypothèse, apparaît comme une absence de fiabilité de la science plutôt que comme une approche raisonnée et raisonnable. Il paraît important de nourrir de manière équilibrée la médiation scientifique de trois éléments indissociables : les connaissances, les méthodes de production de ces connaissances (démarches scientifiques), et l'histoire des sciences et des idées.

Anticiper le sentiment que la science peut débattre et changer d'avis, cela passe aussi par la

formation des plus jeunes : CNRS Écologie & Environnement ne peut s'exonérer d'émettre un avis circonstancié ou des recommandations (n'empiétant pas sur la pédagogie elle-même) sur la place et les méthodes d'enseignement des sciences qu'elles représente dans le tronc commun de l'Éducation Nationale, du primaire au secondaire. Il ne sert à rien d'imaginer une vulgarisation s'il n'existe pas pour elle un public réceptif ; de plus, les crises sanitaires et environnementales récentes montrent que nos disciplines ont un lien étroit à la compréhension de l'actualité et à la décision citoyenne (elles ont d'ailleurs poussé à la publication par le Conseil scientifique de CNRS Écologie & Environnement de *Regards croisés sur la pandémie* sous la direction de P. Gibert, CNRS Éditions, 2021). La formation initiale de tous doit comprendre une approche élémentaire d'épistémologie et d'histoire des sciences.

Les messages de la médiation

La médiation devrait couvrir un spectre le plus large possible, et ne pas se concentrer sur ce qui plaira le plus au public et aux financeurs (les dinosaures et les hominidés dans le cas de la paléontologie, par exemple). Ceci est souvent en contradiction avec les impératifs économiques qui contraignent l'action des professionnels de la médiation, qui visent à toucher le plus grand nombre au sein du public tout en travaillant trop souvent avec un nombre restreint de scientifiques « sources ». C'est également symptomatique d'une science dirigée, qui vise à privilégier des aspects particuliers de la recherche perçus comme les plus innovants ou les plus disruptifs. Ces sujets, plus à la mode, vont de fait prendre une place prépondérante en matière de communication et de médiation, et cacher le plus utile aux citoyens.

La mise en avant systématique des moments « *eurêka* », des grandes découvertes, des génies providentiels et des bons communicants ne représentent qu'une fraction réduite de l'activité scientifique et éclipsent la réalité collective de la recherche. Pourtant la vulgarisation à l'occasion de la sortie d'articles va en ce sens. Il faut faire comprendre que la recherche n'est pas une succession d'actes isolés, mais un processus collectif, réticulé et continu. Cela rejoint aussi le point précédemment évoqué de l'existence d'un débat

scientifique normal qui doit être distingué des polémiques médiatiques.

De tous les citoyens, les chercheurs et chercheuses sont les plus à même d'anticiper quelles thématiques souffrent d'un déficit de lisibilité dans le public et lesquelles risquent de devenir des sujets d'actualité. Ils peuvent contribuer à anticiper les crises en évitant des situations trop souvent rencontrées dans lesquelles l'ignorance générale se focalise sur quelques pseudo-experts télégraphiques capables d'affirmer des faussetés avec aplomb, ou de vendre une solution illusoire. En anticipant, nous pouvons éviter les scénarios où, cantonnée dans la réponse et peu audible, la communauté scientifique pâtit d'une baisse de confiance d'un public qui constate que les postures d'autorité associées à l'exercice de la science peuvent être trompeuses. Ce rôle anticipatif ne peut être pleinement joué que s'il existe des structures de promotion des sciences sensibles et réactives à ces « alertes épistémiques ».

Enjeux liés à la science ouverte

Pourquoi et comment tendre vers une véritable science ouverte ?

La science ouverte est ici comprise comme la mise à disposition libre et gratuite des échantillons, données, méthodes, scripts, logiciels, codes, publications, évaluations et processus éditoriaux (Wikipedia), si possible dans un cadre FAIR (trouvable, accessible, interopérable et réutilisable).

Durant les cinq dernières années, la volonté du monde scientifique « d'ouvrir la science » est à l'ordre du jour de nombreuses institutions de recherche (MESRI, 2021 ; UNESCO, 2021), d'agences de financement de projets de recherche (<https://anr.fr/fr/lanr/engagements/la-science-ouverte/>) et de la commission européenne (<https://erc.europa.eu/manage-your-project/open-science>).

Dernièrement, la crise sanitaire mondiale de la Covid-19 a définitivement démontré l'importance d'une science ouverte, permettant une diffusion rapide et sans entrave des résultats des recherches, et offrant à tous les acteurs les informations nécessaires pour mieux comprendre et appréhender la situation (OECD, 2020).

Pourquoi la science ouverte ?

Les études scientifiques financées sur fonds publics et les productions qui en découlent (méthodes, données, publications, logiciels) sont des biens communs et doivent donc être accessibles. Cette idée force est en cohérence avec le contexte politique et législatif français (MESRI, 2021) et le contexte politique international (UNESCO, 2021) qui portent la science ouverte comme une priorité.

La science ouverte est également un outil permettant une meilleure traçabilité et reproductibilité de la science. Les sciences expérimentales et la biologie en particulier connaissent une crise de reproductibilité : entre 20 et 60 % des études ne sont pas reproductibles (Prinz *et al.*, 2011, Begley *et al.*, 2012, Errington *et al.*, 2021, Ioannidis *et al.*, 2009). C'est problématique car les développements scientifiques en écologie et environnement ne peuvent se réaliser que sur de solides fondations, vérifiables et réutilisables. Il est donc primordial que les chercheurs produisent des recherches les plus

transparentes et documentées possibles.

Les raisons de ce manque de reproductibilité sont multiples, mais elles sont toutes liées à la pression d'obtenir de « beaux résultats » le plus rapidement possible : le regard des pairs, la sur-implication individuelle, la compétition, le fameux « *publish or perish* » (évaluation, avancement des carrières, capacités à obtenir des financements, primes...) (*The Academy of Medical Sciences*, 2015).

Ce problème de non reproductibilité des sciences expérimentales recouvre des réalités assez différentes (*The Academy of Medical Sciences*, 2015) :

- manque de détails dans la section « Matériel et Méthodes » des articles, rendant impossible les reproductions d'études (ce problème est estimé comme probablement très fréquent) ;
- absence de partage des données, rendant impossible les reproductions d'analyse statistique (moyennement fréquent) ;
- biais de résultats positifs : 1) non publication de résultats négatifs par les revues (fréquent) et 2) les scientifiques ne soumettent pas pour publication leurs résultats négatifs et ils répètent leurs expériences (négatives) jusqu'à obtenir le résultat positif escompté (fréquent) ;
- baisse de la proportion de vrais positifs due à des puissances des tests statistiques insuffisantes et à des dimensionnements d'expérience insuffisants (fréquent). La proportion de vrais positifs est une fonction croissante de la puissance statistique ;
- analyses (et ré-analyses) trop gourmandes en temps de calculs pour être aisément répliquées dans le temps imparti à l'évaluation par les pairs des articles ;
- analyses statistiques inappropriées (fréquent) ;
- HARKing (*Hypothesis After the Results are Known*) : hypothèses formulées après avoir obtenu les résultats (fréquent) ;
- *p-hacking* : de nombreux tests statistiques sont réalisés sur les données et seuls les tests significatifs sont présentés (fréquent) ;
- données modifiées ou inventées (peu fréquent).

Les tentatives de reproduction systématique d'études en biologie (Prinz *et al.*, 2011, Begley *et al.*, 2012, Ioannidis *et al.*, 2009, Errington, 2021) montrent toutes des problèmes saillants de reproductibilité et un taux de reproductibilité inférieur à 30 %. Les chercheurs disent être victimes de cette crise de la reproductibilité et reconnaissent avoir des pratiques scientifiques discutables (sondage basé sur 1500 chercheurs, essentiellement en sciences naturelles, Baker, 2016). Le plus inquiétant est certainement le sondage du *National Survey on Research Integrity* aux Pays-Bas : parmi 6800 chercheurs, 4 % ont fabriqué des données, 4 % ont falsifié des résultats ou des analyses, 50 % ont eu des pratiques de recherche discutables (« *questionable research practices* ») (Gopalakrishna, 2022). La crise de la reproductibilité est donc factuelle

et peut avoir des conséquences dramatiques en sciences.

Afin de rendre accessible les biens communs de la recherche publique et de promouvoir une plus grande reproductibilité de la science, nous préconisons :

- un changement de modèle de publication pour assurer un accès libre aux publications et à moindre frais pour les institutions ;
- un partage systématique des données, méthodes, scripts et codes ;
- l'utilisation des *Registered Reports* ;
- une réforme de l'évaluation des scientifiques.

Ces quatre points sont détaillés dans les parties suivantes, chacun étant assorti de propositions concrètes de mise en œuvre.

Changer de modèle de publication

Actuellement, cinq éditeurs commerciaux forment un oligopole publiant plus de 50 % des articles scientifiques (Larivière *et al.*, 2015), totalisant près de 40 % de part de marché au niveau mondial et affichant des marges bénéficiaires proches de 40 % (BRCP, 2022). Or, la majeure partie des articles publiés par ces éditeurs ne sont pas en accès libre : leur consultation nécessite un abonnement institutionnel ou un paiement en ligne. Pour une publication en accès libre, les auteurs doivent payer, via leurs institutions, des frais de publication de l'ordre de 1000 à 3000 euros par article (Morrison, 2019). Ces frais peuvent être prohibitifs en particulier pour des équipes disposant de ressources financières limitées. Cette situation n'est clairement pas tenable ; des changements majeurs sont amorcés, d'autres sont encore nécessaires.

Dans ce contexte, il faut rappeler l'existence de nombreuses revues à comité de lecture sans but lucratif ni commercial (68 % des revues indexées dans le DOAJ*). Sans coût pour les auteurs, souvent internationales, elles sont en accès libre immédiat ou à court terme via des plateformes comme *OpenEdition* (605 revues, 13616 livres) ou le *Centre Mersenne* (23 revues).

Le processus éditorial de ces revues est assuré pour tout ou partie par des chercheurs, enseignants-chercheurs, ingénieurs, techniciens. La parution d'une revue scientifique reste toutefois coûteuse - elle s'élève par exemple à 2000 ou 3000 euros en moyenne pour un seul fascicule d'une centaine de pages contenant 4-5 articles (par exemple pour les revues *Quaternaire* et *Géomorphologie*). Ces frais sont couverts par les abonnements, par des frais de publication (même modestes, c'est-à-dire de moins de 500 euros par article) ou encore par des aides directes accordées par les institutions de recherche ou les sociétés savantes qui détiennent ces revues.

Le passage en accès ouvert implique mécaniquement, pour une revue, la diminution du nombre d'abonnés et donc des recettes permettant de financer la publication de la revue. Cette situation est de plus en plus intenable pour les revues scientifiques nationales indépendantes qui voient ainsi leur avenir compromis. L'ouverture a un coût qui, s'il n'est assuré ni par les auteurs, ni par les lecteurs, ne peut pas non plus être porté par les associations ou les laboratoires éditeurs à eux seuls. Le dévelop-

pement de la science ouverte nécessite donc un engagement institutionnel fort et la mise en place de soutiens financiers et/ou logistiques et techniques conséquents pour les revues indépendantes sans but lucratif.

Ces dernières années, plusieurs établissements de recherche et d'enseignement supérieur, en France et à l'étranger, ont décidé de ne plus souscrire d'abonnement auprès de certains éditeurs commerciaux (<https://bigdeal.sparcopen.org/cancellations>). Les économies ainsi dégagées pourraient notamment permettre de financer plus largement les revues indépendantes et la mise en place du « Plan de soutien à l'édition scientifique française » recommandé par le Comité ministériel pour la science ouverte (MESRI, 2021). Ce plan pourrait également renforcer la mise à disposition par les institutions publiques de personnels qualifiés qui assureraient par exemple les étapes techniques de mise en page (PAO) et de mise en ligne des articles ; un tel support logistique pouvant aisément être mutualisé et ainsi bénéficier à plusieurs revues indépendantes.

Propositions

- faire connaître et s'inspirer de la *Fair Open Access Alliance* (<https://www.fairopenaccess.org/>), un groupe d'universitaires et de bibliothécaires dont l'objectif est de rendre le contrôle

du processus de publication à la communauté scientifique. Cette alliance comprend *LingOA*, *MathOA*, *PsyOA*, ou encore le *Free Journal Network* ;

- promouvoir les structures de propriété transparente des revues scientifiques, contrôlées par la communauté scientifique ;
- promouvoir les revues en accès ouvert diamant (sans APC*) ou avec des APC couvrant simplement les frais incompressibles de fonctionnement des revues ; des membres de l'atelier proposent que le CNRS ne considère dans les bilans de ses chercheurs et chercheuses que les publications dans ce type de revue ;
- aider les sociétés savantes à se détourner des éditeurs commerciaux, en les conseillant et subventionnant ;
- passer la revue *Ecology Letters* en *open access* Diamant, opération aisée puisque 2 agents CNRS s'occupent déjà de la revue ;
- promouvoir la soumission, le *reviewing* et le travail éditorial dans les revues diamant.

Vers un partage systématique des données, méthodes, scripts...

Une manière de contrer la crise de reproductibilité présentée plus haut est de rendre possible la reproduction des résultats scientifiques. Il s'agit de rendre disponibles les éléments permettant de reproduire et de partager les résultats bruts pour pouvoir reproduire leurs transformations et leurs analyses. L'idée est donc de tendre vers – voire de rendre obligatoire – le partage des échantillons, des données, des scripts, des codes d'analyse et des logiciels de traitement, quand c'est possible. « Quand c'est possible » signifie que, pour des raisons juridiques et/ou éthiques, la non publication des données est permise (données à caractère personnel, données politiquement sensibles, espèces en danger, protocole de Nagoya sur l'accès aux ressources génétiques...). On note ici que les collaborations avec

le secteur privé devraient se conformer à cette obligation d'ouverture puisqu'elles impliquent également des fonds publics.

Ce partage systématique des produits de la recherche aura pour conséquence d'aider à disséminer des idées, de motiver et faciliter de nouvelles analyses. En particulier, il sera plus simple de réaliser des études consistant en des reproductions de résultats, point fondamental dans le cadre de la recherche incrémentale. De plus, le partage motivera de nouvelles études (hors reproduction), car les méthodes, scripts, codes ne sont jamais complètement spécifiques à une étude et sont en partie génériques et les données, méthodologies, scripts, codes constituent des données primaires pour le champ disciplinaire de la *meta-research*.

Propositions

- Améliorer la traçabilité des résultats scientifiques et les méthodes de travail : mise à plat, *versioning*, amélioration incrémentale des travaux ;
- promouvoir ou obliger le partage des échantillons, données, méthodes, scripts, codes en respectant les principes FAIR permettant la réutilisation et la reproduction des travaux par les évaluateurs ou n'importe quel autre scientifique ;
- promouvoir la reproduction d'études déjà publiées.

Accorder une plus grande importance à la démarche qu'aux résultats : les *Registered Reports*

Il existe un paradoxe important dans la pratique de la science : 1) les résultats sont un objet quasi sacré en science : il ne faut surtout pas y toucher ou les manipuler, mais 2) il existe de nombreuses – et mauvaises – raisons de les modifier car les résultats sont plus faciles à publier, plus gratifiants, plus valorisants, plus cités s'ils sont brillants (neufs, étonnants, généraux...).

Les *Registered Reports* (RR) (Chambers & Tzavella, 2022) permettent de s'affranchir de ce problème. Au lieu d'écrire un article et de l'envoyer pour évaluation à la fin du processus de recherche, l'idée est d'écrire un plan de recherche (un pré-enregistrement - *preregistration* en anglais), (Nosek et al., 2018) et de le faire évaluer (sous forme de RR), et éventuellement de le faire accepter par une revue avant l'obtention des résultats. La pertinence de la question de recherche et des hypothèses, le détail et la faisabilité de la méthodologie, la capacité des expérimentations/traitements à répondre à la question posée, la pertinence et la puissance des traitements statistiques sont ainsi évalués avant obtention des résultats. Ces résultats ne sont pas utilisés pour évaluer le RR car ils ne sont pas encore disponibles.

En cas d'acceptation de principe, les chercheurs réalisent leur étude, obtiennent leurs résultats, écrivent leur article complet et le re-soumettent à la revue qui s'est engagée à l'accepter. Une deuxième évaluation, plus légère, a alors lieu pour vérifier que ce qui avait été annoncé a été correctement réalisé et que les conclusions sont supportées par les résultats. Des ajustements sont possibles par rapport à ce qui avait été prévu dans le RR s'ils sont correctement argumentés. Cette deuxième étape d'évaluation ne s'intéresse pas au fait que les résultats soient positifs, nouveaux ou brillants.

Les conséquences de l'utilisation des RR sont

nombreuses : l'évaluation a lieu lorsque les plans peuvent encore être facilement modifiés et donc, quand elle est le plus utile ; on distingue bien les tests d'hypothèses de la production d'hypothèses ; on évite le *p-hacking*, le « *selective reporting* », les biais de résultats positifs (Allen & Mehler, 2019, Obels et al., 2022), la qualité de la science augmente (Soderberg et al., 2021) et on augmente le taux d'acceptation des articles (Chambers, 2019).

Plus de 300 journaux acceptent d'évaluer des RR (Chambers & Tzavella, 2022) dont une dizaine qui concernent les chercheurs de CNRS Écologie & environnement (liste disponible dans le site <https://topfactor.org/>). La plateforme *PCI Registered Reports* propose des innovations importantes permettant d'évaluer les RR de façon efficace (https://rr.peercommunityin.org/about/full_policies) et est associée à de nombreux journaux qui publient les RR positivement évalués par PCI RR (https://rr.peercommunityin.org/about/pci_rr_friendly_journals).

La communauté en écologie, biologie de l'évolution et environnement utilise encore peu les RR. Cette appréhension est probablement liée à une perception erronée des risques et complexités qui leur sont - à tort - associés (voir la table 1 de Chambers & Tzavella, 2022). De plus, la communauté attend probablement des démonstrations de la qualité et de la reconnaissance de cette pratique scientifique dans leur domaine. Quelques « éclaireurs », conscients du peu de risque et des avantages de l'utilisation des RR, devront ouvrir la voie (la même remarque pourrait également être faite pour les « *data papers* » qui sont également liés à la transparence et la reproductibilité). CNRS Écologie & Environnement pourrait accompagner ces éclaireurs en promouvant et en formant ses scientifiques à l'utilisation des pré-enregistrements et des RR.

Propositions

- Sensibiliser les étudiants et les chercheurs à la crise de reproductibilité et aux pratiques de recherche discutables ;
- former les étudiants et chercheurs aux RR et promouvoir leur utilisation.

Pourquoi et comment adapter l'évaluation de la recherche à la pratique de la science ouverte

Si l'on déplore l'oligopole des éditeurs commerciaux, il faut aussi s'interroger sur la valeur accordée par les institutions et les scientifiques eux-mêmes aux articles parus dans les revues publiées par ces éditeurs, généralement à fort facteur d'impact. En effet, que ce soit dans le cadre des concours de recrutement, de l'évaluation et la promotion des scientifiques et enseignants-chercheurs ou même de l'évaluation des unités de recherche, ces articles ont généralement plus de « poids » que ceux parus dans des revues indépendantes, nationales ou internationales. Pourtant, ces dernières assurent, pour nombre d'entre elles, des processus de relecture par les pairs tout aussi rigoureux et garantissent ainsi la diffusion de façon complète et détaillée de données scientifiques de qualité.

Les ambitions portées par les institutions publiques françaises et européennes « d'ouvrir la science » devraient donc s'accompagner d'un réexamen des critères d'évaluation des revues, en attachant plus de valeur au processus d'évaluation, au modèle éthique et économique de celles-ci et à la qualité des articles qui y sont publiés qu'à leur facteur d'impact, ce qui inciterait davantage les chercheurs à publier dans des revues indépendantes et en accès ouvert.

Cette demande rejoint les préconisations du Comité ministériel pour la science ouverte à « valoriser la science ouverte et la diversité des productions scientifiques dans les évaluations des chercheurs et des établissements » et à « réduire l'emprise de l'évaluation quantitative au profit de l'évaluation qualitative » (Deuxième Plan National pour la Science Ouverte, 2021-2024).

Le CNRS a déjà pris position de manière forte sur ce sujet, étant dans les premiers signataires d'une coalition pour réformer l'évaluation de la recherche (<https://www.cnrs.fr/fr/cnrsinfo/reforme-de-levaluation-des-scientifiques-le-cnrs-parmi-les-premiers-signataires>).

Une piste complémentaire à explorer serait de changer de paradigme et donner beaucoup plus d'importance au travail de *reviewing*. Par exemple, en encourageant les *reviewers* à véritablement analyser la robustesse scientifique des articles, et pas simplement leur cohérence apparente : vérifier que les données sont bien disponibles et réutilisables, reconduire les analyses et ainsi confirmer les résultats, vérifier que les conclusions des auteurs correspondent à ce que proposent les statistiques, afin de limiter le risque de non-reproductibilité. Ce travail de *reviewing* approfondi demande du temps. Il faudrait donc reconnaître davantage le travail de *reviewer*, accepter qu'un scientifique passe du temps (jusqu'à plusieurs semaines si nécessaire) à évaluer un article et que l'action de *reviewer* soit autant reconnue par les commissions d'évaluation que celle de publier un article en tant qu'auteur. Il est aussi important pour l'avancée des connaissances que des auteurs proposent de nouveaux résultats et hypothèses, et que les pairs vérifient de concert avec les auteurs la solidité des nouvelles avancées. Certaines revues (en accès ouvert et gratuites pour les auteurs) offrent cette possibilité en proposant un système de *peer-review* interactif et public (ex. *Earth system Science Data*).

Propositions

- Persévérer et communiquer sur la valeur de la science plutôt que de parler de la valeur des revues scientifiques où sont publiés les articles ;
- reconnaître le travail de *reviewing* comme faisant partie intégrante de la production des connaissances ;
- accorder du temps long aux scientifiques pour qu'ils participent au *reviewing* à la hauteur de son importance.

RÉFÉRENCES

- Allen, C. & Mehler, D.M.A. (2019). Open science challenges, benefits and tips in early career and beyond. *PLOS Biology*, 17, e3000246. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3000246>
- Baker, M. (2016). 1,500 scientists lift the lid on reproducibility. *Nature*, 533, 452–454. <https://doi.org/10.1038/533452a>
- Begley, C.G. & Ellis, L.M. (2012). Raise standards for preclinical cancer research. *Nature*, 483, 531–533. <https://doi.org/10.1038/483531a>
- BRCP (2022). Against Parasite Publishers: Making Journals Free. Report. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7212922>
- Chambers, C. (2019). The Registered Reports Revolution Lessons in Cultural Reform. *Significance*, 16, 23–27. <https://doi.org/10.1111/j.1740-9713.2019.01299.x>
- Chambers, C.D. & Tzavella, L. (2022). The past, present and future of Registered Reports. *Nat Hum Behav*, 6, 29–42. <https://doi.org/10.1038/s41562-021-01193-7>
- CNRS (2019). Feuille de route du CNRS pour la Science ouverte. https://www.science-ouverte.cnrs.fr/wp-content/uploads/2019/11/Plaqueette_Science-Ouverte_18112019.pdf.
- Errington, T.M., Denis, A., Perfito, N., Iorns, E. & Nosek, B.A. (2021). Challenges for assessing replicability in preclinical cancer biology. *eLife*, 10, e67995. <https://doi.org/10.7554/eLife.67995>
- Gopalakrishna, G., Riet, G. ter, Vink, G., Stoop, I., Wicherts, J.M. & Bouter, L.M. (2022). Prevalence of questionable research practices, research misconduct and their potential explanatory factors: A survey among academic researchers in The Netherlands. *PLOS ONE*, 17, e0263023. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0263023>
- Ioannidis, J.P.A. (2005). Why Most Published Research Findings Are False. *PLOS Medicine*, 2, e124. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.0020124>
- Ioannidis, J.P.A., Allison, D.B., Ball, C.A., Coulibaly, I., Cui, X., Culhane, A.C., et al. (2009). Repeatability of published microarray gene expression analyses. *Nat Genet*, 41, 149–155. <https://doi.org/10.1038/ng.295>
- INRAE. La Politique de Science Ouverte d'INRAE. https://www.inrae.fr/sites/default/files/pdf/Politique_INRAE_Science_Ouverte.pdf
- Larivière, V., Haustein, S. & Mongeon, P. (2015). The Oligopoly of Academic Publishers in the Digital Era. *PLOS ONE*, 10, e0127502. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0127502>
- MESRI (2021). Le Plan national pour la science ouverte 2021-2024 : vers une généralisation de la science ouverte en France. <https://www.ouvrialscience.fr/deuxieme-plan-national-pour-la-science-ouverte/>
- Morrison, H. (2019). APC price changes 2019 – 2018 by journal and by publisher. Sustaining the knowledge commons. <https://doi.org/10.1073/pnas.1708274114>
- Nosek, B.A., Ebersole, C.R., DeHaven, A.C. & Mellor, D.T. (2018). The preregistration revolution. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115, 2600–2606. <https://doi.org/10.1073/pnas.1708274114>
- OECD (2020). OECD Policy Responses to Coronavirus (COVID-19). Why open science is critical to combatting COVID-19. <https://www.oecd.org/coronavirus/policy-responses/why-open-science-is-critical-to-combatting-covid-19-cd6ab2f9/>
- Obels, P., Lakens, D., Coles, N.A., Gottfried, J. & Green, S.A. (2020). Analysis of Open Data and Computational Reproducibility in Registered Reports in Psychology. *Advances in Methods and Practices in Psychological Science*, 3, 229–237. <https://doi.org/10.1177/2515245920918872>
- Prinz, F., Schlange, T. & Asadullah, K. (2011). Believe it or not: how much can we rely on published data on potential drug targets? *Nat Rev Drug Discov*, 10, 712–712. <https://doi.org/10.1038/nrd3439-c1>
- Rodgers, P. & Collings, A. (2021). What have we learned? *eLife*, 10, e75830. <https://doi.org/10.7554/eLife.75830>
- Smaldino, P.E. & McElreath, R. (2016). The natural selection of bad science. *Royal Society Open Science*, 3, 160384. <https://doi.org/10.1098/rsos.160384>
- Soderberg, C.K., Errington, T.M., Schiavone, S.R., Bottesini, J., Thorn, F.S., Vazire, S., et al. (2021). Initial evidence of research quality of registered reports compared with the standard publishing model. *Nat Hum Behav*, 5, 990–997. <https://doi.org/10.1038/s41562-021-01142-4>
- The Academy of Medical Sciences (2015). Reproducibility and Reliability of Biomedical Research: Improving Research Practice; <https://acmedsci.ac.uk/file-download/38189-56531416e2949.pdf>
- UNESCO. (2021). Recommendation de l'UNESCO sur une science ouverte. Available at: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000379949_fre.locale=en. Last accessed 28 March 2023.
- Wikipedia. « Open science ». https://en.wikipedia.org/wiki/Open_science#Sources