

des ^{xvii}^e et ^{xviii}^e siècles s'offraient des captifs en cadeau afin de créer des alliances ou de régler des différends. Sur la côte nord-ouest, des esclaves étaient échangés ou vendus de groupe à groupe, le long de routes commerciales bien établies. Dans le Valle del Cauca, en Colombie, les récits européens du milieu du ^{xvi}^e siècle, les plus anciens connus à ce jour, décrivent des marchés aux esclaves, une institution très probablement antérieure à l'arrivée des Européens. Dans certaines par-

Pour moi, il est clair qu'ils ont fourni à certains de ces hommes la possibilité d'accumuler les richesses et le pouvoir personnels à l'origine des premiers États.

Si la prise de captifs a joué un rôle dans la formation des sociétés étatiques, alors on peut s'attendre à trouver des indices de leur présence dans les traces des premiers États. De tels indices se trouvaient par exemple dans l'un des sites du Chaco Canyon, au Nouveau-Mexique (États-Unis), que j'ai étudiés. La culture chaco, qui couvre deux millénaires entre environ 800 avant notre ère et 1250, est considérée comme la seule du sud-ouest américain ayant atteint le stade de société étatique. L'examen des restes humains laissés par cette culture a révélé une surreprésentation des femmes pendant la période d'existence de la cité de Chaco. Les tombes de Chaco Canyon contenaient en effet de nombreuses dépouilles de femmes âgées de 15 à 25 ans, une tranche d'âge à laquelle appartiennent souvent les captives. L'étude des restes de défunts découverts dans une grande maison de la culture chaco non loin de Chaco Canyon a mis en évidence la présence de femmes portant des blessures cicatrisées à la tête et d'autres pathologies typiques de personnes maltraitées, comme le sont souvent les captifs. Ces indices de violence et la tradition orale des descendants actuels de Chaco vont tous dans le sens de la présence de captifs.

Chaco n'est pas le seul exemple. L'archéologue Peter Robertshaw, de l'université de Californie à San Bernardino, a étudié le développement, au cours de la seconde moitié du ^{xv}^e siècle, de deux États d'Afrique de l'Est, le Bunyoro et le Bouganda, dans ce qui est aujourd'hui l'ouest de l'Ouganda. Il a découvert que beaucoup de femmes qui travaillaient dans les champs de banane ou de mil avaient été capturées et étaient traitées comme des biens. Il suggère que la demande en main-d'œuvre féminine pour le travail agricole a été le moteur de l'évolution sociopolitique de ces sociétés.

Que des personnes capturées aient joué un rôle sociopolitique important dans l'évolution vers des formes de sociétés étatiques ne justifie en rien la maltraitance subie dans le passé et aujourd'hui encore par les captifs. Trois ans après que Daech a ravagé leur patrie, de nombreux femmes et enfants yézidis capturés qui ont survécu sont rentrés chez eux. J'espère ardemment que ceux qui n'ont pu encore le faire retrouveront bientôt les leurs. Au cours des millénaires, les femmes et les enfants qui, par millions, ont subi le même sort n'ont presque jamais pu rentrer chez eux. Les archéologues peuvent du moins raconter leur histoire et, ainsi, faire reconnaître l'injustice et le malheur qu'ils ont endurés. ■

Les esclaves ont servi (et servent encore) à renforcer le statut d'hommes ambitieux

ties du monde, on utilisait même les esclaves comme monnaie. Dans l'Irlande du haut Moyen Âge, la femme esclave représentait par exemple la plus haute unité de valeur dont on pouvait se servir comme moyen de paiement au cours d'un échange.

DE LA TRIBU À L'ÉTAT

Étant donné l'impact qu'ont eu les captifs sur les cultures dans lesquelles ils ont été introduits, je soupçonne qu'ils ont joué un grand rôle dans l'une des transitions sociales fondamentales de l'histoire humaine : la formation de sociétés étatiques complexes. L'archéologue Norman Yoffee, de l'université du Michigan, a soutenu que les sociétés étatiques sont apparues seulement après que le rang social et le pouvoir économique ont cessé d'être liés à la parenté. La plupart des archéologues et des spécialistes des sciences sociales sont d'accord sur le fait que les États sont, au moins en partie, issus des actions de quelques personnes créant et contrôlant des biens excédentaires. La prise de captifs a aidé les groupes humains anciens à réaliser les conditions nécessaires à la formation des États. Les captifs n'étaient pas le seul facteur à l'origine de cette évolution, puisqu'ils étaient présents dans de nombreuses petites sociétés qui ne sont pas devenues des États. Toutefois, ils ont servi (et servent encore) à renforcer le statut des hommes ambitieux.

BIBLIOGRAPHIE

C. M. Cameron, **Captives : How Stolen People Changed the World**, University of Nebraska Press, 2016.

K. Flannery et J. Marcus, **The Creation of Inequality**, Harvard University Press, 2014.

A. Testart et al., **Les esclaves des tombes néolithiques**, *Pour la Science* n° 396, octobre 2010.

A. Testart, **L'Origine de l'État**, Errance, 2004.

A. Testart, **L'Institution de l'esclavage** (réédition de *L'Esclave, la dette et le pouvoir*), Gallimard, à paraître, 2018.

L'ESSENTIEL

> Dans la première moitié du XIX^e siècle, certains ont proposé de compter les articles publiés par les scientifiques pour estimer la valeur de leurs recherches.

> En 1867 est paru le premier index de ce type, le *Catalogue of Scientific Papers* publié par la Royal Society de Londres.

> Dès le début, ces recensements ont eu leurs partisans et leurs détracteurs, mais ils se sont généralisés. D'autres outils bibliométriques ont aussi été conçus.

> Cette bibliométrie a modifié les pratiques de publication des scientifiques, mais aussi d'autres aspects de la science.

Article publié initialement par *Nature* le 9/11/2017 sous le titre *The catalogue that made metrics, and changed science* (<http://go.nature.com/2gqxykn>). Traduction et édition réalisées par *Pour la Science*, avec l'autorisation de *Nature*.



L'AUTEUR



ALEX CSISZAR
maître de conférences
en histoire des sciences
à l'université Harvard,
aux États-Unis

La naissance de l'évaluation des savants

C'est au XIX^e siècle que, pour évaluer la productivité des scientifiques, on a commencé à dénombrer les articles publiés par chacun d'eux. Cette bibliométrie a eu un impact important sur le fonctionnement de la science.

En 1830, Charles Babbage eut une idée originale. Exaspéré par le peu de reconnaissance dont jouissait la science en Angleterre, ce précurseur des ordinateurs, aux idées souvent provocatrices, suggéra que compter le nombre de publications scientifiques faites par chaque auteur serait une façon de jauger la qualité scientifique de ce dernier. Comme beaucoup d'idées radicales de Charles Babbage, celle-ci ne convainquit pas grand monde, mais elle s'est finalement révélée prophétique. À la fin du XIX^e siècle, répertorier les publications et comparer leurs nombres était devenu une pratique courante au sein de la communauté scientifique et de ses observateurs. En l'espace de quelques décennies, les chercheurs et les universitaires se sont néanmoins mis à redouter le diktat du *publish or perish* («publier ou périr») (voir la chronologie page 76).

Cette évolution éclaire les débats actuels sur la pertinence des algorithmes qui évaluent quantitativement et qualitativement la production scientifique. L'histoire montre que les outils bibliométriques permettant de localiser et d'évaluer plus facilement les travaux scientifiques ne sont pas neutres. Ces outils transforment l'objet même de leurs mesures. En

changeant les critères de récompense, ils modifient le comportement des chercheurs non seulement dans leur façon de communiquer leurs résultats, mais aussi dans leur façon de choisir leurs sujets, certains retenant plus l'attention que d'autres.

Il est une autre conséquence, plus subtile, à laquelle nous devons prêter attention. Les processus permettant de juger la valeur scientifique d'une publication ont toujours joué un rôle essentiel dans la perception de l'autorité scientifique par le grand public. À mesure que ces processus évoluent, il est donc nécessaire de prendre en compte la façon dont se transforment les attitudes culturelles vis-à-vis de l'expertise scientifique.

L'idée de Babbage de dénombrer les articles par auteur suscita diverses critiques. Une personne fit le calcul pour chacun des membres de la Royal Society de Londres et montra qu'il s'agissait là d'un très mauvais indicateur de l'éminence scientifique. Une autre souligna que, plutôt que le nombre, il aurait mieux valu prendre pour critère «la valeur de ces documents».

À l'époque, la renommée scientifique ne se bâtissait pas à partir des publications périodiques, mais à partir des livres et sur la base d'autres critères attestant de la maîtrise du >

> sujet. Babbage lui-même avait peu d'estime pour la plupart des revues scientifiques, et il limitait sa proposition de compter les articles à ceux parus dans les vénérables *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*. En 1867, le physiologiste britannique Michael Foster, dans un écrit rétrospectif portant sur la vie de Karl von Baer, fit l'éloge de l'œuvre monumentale de cet embryologiste, *Über Entwicklungsgeschichte der Tiere* («Sur le développement des animaux»), publiée en plusieurs volumes, en ignorant ses publications dans des périodiques. Celles-ci, prétendait Foster, n'étaient que «des spécimens des éléments fragmentaires que tout scientifique lance au monde en espérant qu'à un moment ou à un autre quelque vérité fasse son chemin».

Mais les choses commençaient à bouger. Un jeune ingénieur travaillant pour l'US Coast and Geodetic Survey (Centre d'études littorales et géodésiques des États-Unis, aujourd'hui nommé National Geodetic Survey) suggéra qu'il serait utile de créer un catalogue afin de suivre les publications des sociétés savantes européennes. Cette idée traversa l'Atlantique et parvint à la Royal Society où elle prit la forme plus large d'une liste de tous les articles de périodiques faisant état de recherches scientifiques originales et publiés depuis 1800. Certains mirent en question la nécessité de conserver tant de textes insignifiants. Quant au physicien William Thomson (futur Lord Kelvin), il prévint que le projet risquait de conduire la Royal Society à la ruine financière.

Le principal argument en faveur de ce qui allait devenir le *Catalogue of Scientific Papers* était que la publication dans les périodiques était un fatras. Bien que de nombreux auteurs publiaient dans les revues des sociétés savantes, quantité d'informations précieuses paraissaient aussi dans des magazines de vulgarisation, des encyclopédies et des hebdomadaires d'intérêt général. De plus, les auteurs distribuaient un grand nombre de tirés à part dont on ne savait pas très bien de quelle revue ils provenaient.

Lorsque les indexeurs de la Royal Society se mirent au travail en 1867, ils se rendirent compte que la situation était encore pire qu'ils ne l'avaient imaginé. Il y avait des milliers d'articles dont ils ne pouvaient pas déterminer l'auteur. Parmi les scientifiques qui choisissaient de publier dans des périodiques, beaucoup restaient anonymes ou ne signaient que de leurs initiales. Parfois, il était difficile de savoir dans quelle mesure l'auteur d'un article était responsable de son contenu ou si celui-ci devait être mis au crédit d'une autre personne. De plus, un grand nombre d'articles paraissaient sous diverses formes dans différentes revues, et il n'était pas aisé de dire s'il s'agissait ou non de la même publication. Aujourd'hui, de telles habitudes de publication seraient

considérées comme de mauvaises conduites et probablement dénoncées. Il n'y a pas si longtemps, ces pratiques étaient routinières.

COMPTER CE QUI COMPTE

Les catalogueurs de la Royal Society firent ce qu'ils purent. Ils contactèrent les éditeurs et les auteurs pour associer des noms aux articles. Ils transformèrent une partie notable de la bibliothèque de la Royal Society en salle de travail bibliographique, et se simplifièrent la tâche en excluant de leurs recherches tous les périodiques d'intérêt général, ainsi que tout ce qui pouvait être lu par des non-spécialistes. Ils dressèrent la liste des revues dont les articles pouvaient figurer dans le catalogue et la firent circuler auprès d'autres experts et académies afin de recueillir leur avis. Parfois, la décision d'indexer ou non certains titres douteux fut soumise au vote du conseil de la Royal Society.

À mesure que leur travail progressait, les responsables du projet se sont rendu compte que dresser la liste de tous les «articles scientifiques» publiés depuis 1800 pourrait influencer les pratiques futures en matière de publication. Ils espéraient ainsi que les auteurs seraient plus attentifs au support sur lequel ils publieraient, ou au moins qu'ils signeraient leurs contributions. Mais ils n'ont sans doute pas anticipé toutes les conséquences de ce qu'ils s'approprièrent à déclencher.

Lorsque les premiers volumes du *Catalogue of Scientific Papers* parurent à la fin de 1867, les

UNE BRÈVE HISTOIRE DE LA BIBLIOMÉTRIE

1800

Un bibliothécaire ambitieux de l'université de Göttingen, en Allemagne, commence à publier le *Repertorium Commentationum a Societatibus Litteris Editarum*, un catalogue recensant les mémoires publiés par des sociétés savantes.

1830

Charles Babbage préconise de compter les articles publiés dans la revue *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*

afin de mesurer l'expertise des scientifiques anglais. Il convainc très peu de monde.

1842

Un comité de l'Association britannique pour le progrès des sciences proclame la Loi de Priorité, qui stipule que le nom (latin) valide d'une espèce zoologique doit être le premier à avoir été publié, accordant ainsi une toute nouvelle importance aux publications périodiques.

1868

Les premiers volumes du *Catalogue of Scientific Papers* de la Royal Society, un index de tous les articles scientifiques publiés au XIX^e siècle, sont mis en vente. Le décompte des publications des scientifiques se répand.

VERS 1927

L'expression *publish or perish* («publier ou périr») s'installe dans le vocabulaire académique aux États-Unis.

1963

L'Institute for Scientific Information (ISI), créé par Eugene Garfield, achève le *Genetics Citation Index*, qui offre pour la première fois un décompte du nombre de fois qu'est cité un article scientifique par les autres.

1974

Le *Journal Citation Reports* devient une publication régulière de l'ISI, ce qui ouvre un large accès aux facteurs d'impact des revues et à leur comparaison.

2005

Le physicien californien Jorge Hirsch conçoit l'«indice h» (*h-index*), l'un des premiers outils bibliométriques reconnus comme offrant une alternative au facteur d'impact de l'ISI.

réactions en Europe et aux États-Unis furent vives et nombreuses. Un observateur plein d'admiration écrivit que, grâce au catalogue, la science ressemblait à une île corallienne, à un majestueux édifice qui croît imperceptiblement à chaque fois qu'un nouveau fait est incorporé dans une publication.

D'autres étaient beaucoup moins enthousiastes. Un membre de la Royal Society se plaignit que les éditeurs avaient distordu « les progrès et l'histoire des découvertes dans les sciences tant physiques que naturelles » en excluant de nombreuses contributions de valeur émanant de « revues non ouvertement scientifiques », de comptes rendus de voyages, de traités publiés indépendamment, d'articles d'encyclopédie (qui à l'époque incluaient souvent des travaux de recherche originaux), et bien plus encore.

Mais de nombreux observateurs étaient heureux de disposer d'un catalogue leur permettant de trouver des informations et ont commencé à comparer la productivité des chercheurs. En quantifiant les contributions de chaque auteur, le catalogue semblait avoir été conçu sur mesure pour afficher des scores. Un rédacteur de la revue *Nature* (page 86 du volume 1, en 1869) se mit à l'ouvrage : « Le Dr. Hooker a rédigé 58 articles ; son défunt père, 72 ; et le regretté W. Hopkins, qui a tant œuvré pour la géologie mathématique, 33 ; [...] l'infatigable Isaac Lea, de Philadelphie, 106, la plupart sur les coquillages [...] ». Et ainsi de suite.

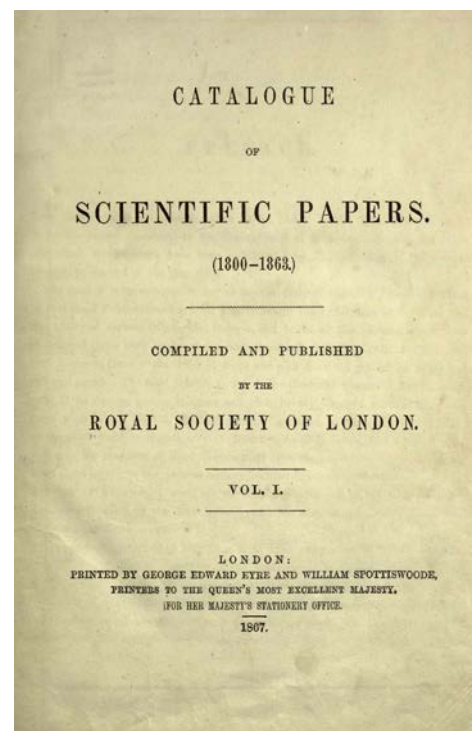
Dans une analyse détaillée parue en 1868 dans un journal viennois, le minéralogiste

Wilhelm von Haidinger invita à la prudence. Selon lui, la simple comparaison des chiffres ne permettait pas d'émettre de jugements de valeur. Il admettait néanmoins que les chiffres avaient, d'une manière ou d'une autre, un caractère irrésistible. En l'espace de deux ans, von Haidinger poussa plus loin son analyse numérique. Il publia une étude fondée sur le catalogue incluant un tableau comparatif du nombre d'auteurs scientifiques les plus productifs dans chaque région d'Europe, tout en déplorant, dans ce classement, le faible score de l'Autriche.

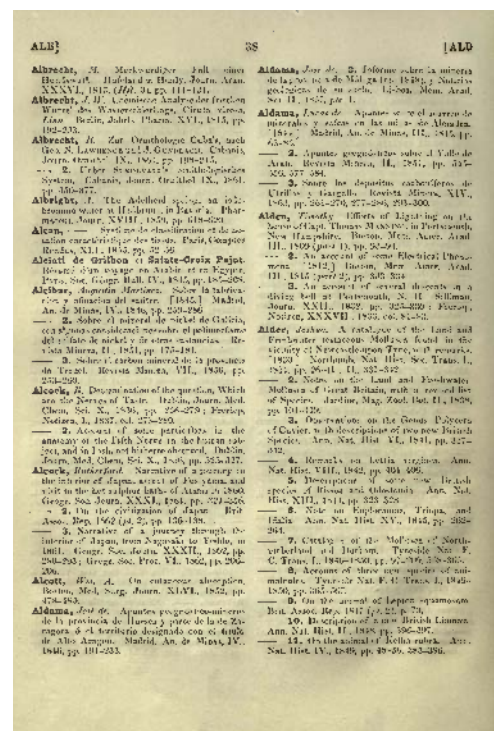
DES CONSÉQUENCES TANGIBLES

L'enthousiasme soulevé par le décompte des articles eut aussi des conséquences pratiques. Dans la décennie qui suivit la parution des premiers volumes du catalogue, les formulaires soumis par les candidats en vue de leur admission à la Royal Society prirent la forme de longues listes de documents. Au début des années 1870, les rubriques nécrologiques et les bibliographies dans les encyclopédies recensaient régulièrement le nombre d'articles rédigés par le scientifique en question, la chronologie de leur parution servant même à retracer sa carrière.

Dès 1900, même le physiologiste Foster, naguère si sceptique à l'égard des revues scientifiques, avait changé d'avis. La vraie science se trouve dans les périodiques, écrivait-il en 1903. Publier de nouvelles découvertes dans des livres – comme l'avait fait Charles Darwin – était selon lui « dépassé et même dangereux ». Être un expert sur des sujets scientifiques impliquait de rédiger des articles scientifiques.



La page de titre et l'une des pages intérieures du premier volume du *Catalogue of Scientific Papers* publié par la Royal Society en 1867.



> Il existe un lien direct entre ces évolutions et les craintes qui ont vu le jour au ^{xx}e siècle de voir dérailler les processus de publication scientifique. Une lettre d'un certain Norman Campbell paru dans la revue *Nature* du 5 mars 1932 déplorait que de plus en plus de candidats à la Royal Society soumettent une « liste de publications strictement techniques », avec pour conséquence que « nos revues sont pleines d'inepties illisibles » publiées par des chercheurs ambitieux dans l'espoir de renforcer leur candidature.

PUBLISH OR PERISH

Ce fut à peu près à ce moment-là que l'expression *publish or perish* commença à circuler au sein des milieux académiques. Elle apparut d'abord aux États-Unis, où la multiplication des universités de recherche était en train de professionnaliser la science. Le slogan devint également une sorte de raccourci pour décrire l'influence corruptrice de mesures, bureaucratiques et étroites d'esprit, de la performance des recherches.

Dans les années 1960, l'Américain Eugene Garfield lança un outil radicalement différent, connu sous le nom de *Science Citation Index*. Il espérait ainsi mettre un terme à cette culture néfaste du *publish or perish* en montrant que certains articles étaient davantage cités – et avaient donc plus de valeur – que d'autres.

Immédiatement, certains commentateurs avertirent que de nouvelles méthodes de mesure fondées sur les citations ne feraient qu'aggraver les choses, et conduiraient à une « classification fortement injuste » des revues qui pourrait fausser la science. Le « facteur d'impact » d'une revue fit ses premières apparitions publiques en 1972, peu après que le Congrès américain demanda à la NSF (la National Science Foundation) de mieux rendre compte précisément des bénéfices apportés par le financement public de la science. Il ne fait aucun doute que l'indice de citation a modifié les pratiques de la publication scientifique, tout comme, auparavant, l'introduction du catalogue avait provoqué l'essor du décompte des articles.

Aujourd'hui, les partisans des mesures d'impact alternatives soutiennent que des algorithmes bien conçus peuvent imiter et agréger les actes quotidiens de discernement que les chercheurs accomplissent quand ils lisent, citent, soutiennent des publications de recherche ou établissent des liens entre elles. Ces algorithmes, affirment-ils, se révéleront aussi performants, voire meilleurs, que les procédures établies – telles que l'examen des articles par les pairs – censées identifier les travaux de recherche importants et dignes de confiance.

Que ces affirmations se révèlent vraies ou non, elles occultent la question de savoir dans quelle mesure nous estimons que les procédures

DEUX CRITÈRES PARMIS D'AUTRES

FACTEUR D'IMPACT

Le facteur d'impact d'une revue est le nombre moyen de fois qu'est cité, au cours des deux dernières années, chaque article qu'elle publie (il s'agit de citations dans des articles publiés par cette revue et par

utilisées par les experts pour évaluer les idées sont intrinsèquement valables, c'est-à-dire indépendantes du contenu de ces jugements.

Le jugement porté sur des travaux scientifiques n'intervient pas dans un vide culturel. Avec la montée en puissance de procédures telles que l'examen par les pairs, destinées à organiser et à évaluer la recherche, il ne s'agissait pas simplement d'avoir une appréciation scientifique juste. Il s'agissait de trouver un équilibre entre la culture d'expertise des scientifiques et les demandes du public en termes de responsabilité. Le *Catalogue of Scientific Papers* s'inscrivait lui-même dans une époque où les index et les catalogues étaient plébiscités pour leur capacité à diffuser librement les connaissances et même à favoriser la paix dans le monde. L'intérêt pour les mesures d'impact alternatives s'est développé parallèlement à l'engouement pour les plateformes de publications en ligne, qui permettent potentiellement à la fois d'ouvrir davantage la communication scientifique et de la rendre plus démocratique.

À l'heure où le statut public de l'expert scientifique devient de plus en plus incertain, ces questions n'ont jamais été aussi cruciales. Dans une démocratie, les procédures permettant de décider ce qui constitue un savoir scientifique de valeur dépendent foncièrement de la conception publique des objectifs de l'entreprise scientifique.

La question de savoir si de nouvelles métriques pourraient un jour reproduire les résultats de l'examen par les pairs (quand celui-ci fonctionne correctement) est un faux débat. La façon dont nous choisissons de juger ce qui constitue des travaux scientifiques de qualité est tout aussi importante que le résultat final de ces jugements. Même les algorithmes ont une politique. ■

les autres). Les facteurs d'impact sont publiés chaque année dans *Journal Citation Reports*, édité aujourd'hui par Clarivate Analytics. Cette analyse couvre plus de 11 000 revues dans près de 250 disciplines. Les facteurs d'impact de revues appartenant à des disciplines différentes ne sont pas comparables, car les habitudes de publication varient d'une discipline à l'autre.

INDICE H

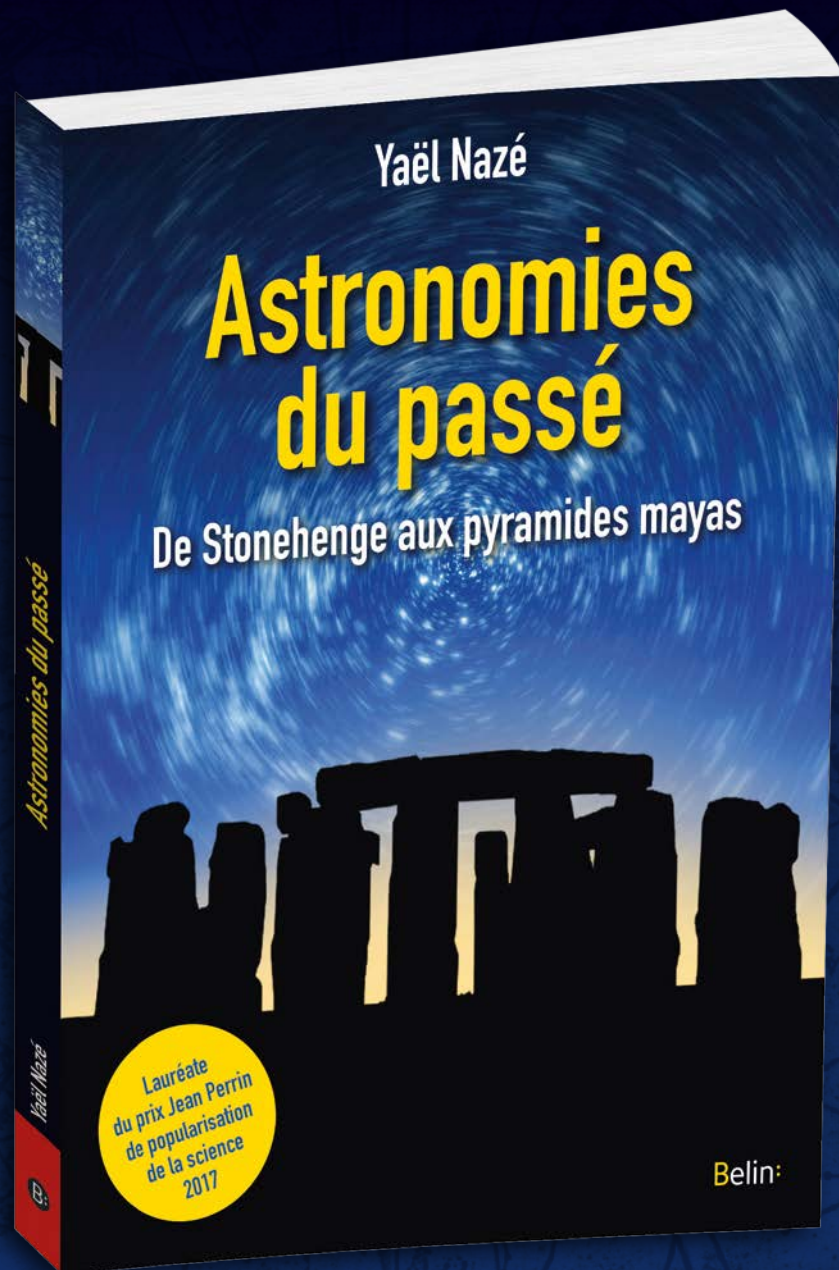
L'indice *h*, ou indice de Hirsch (*h-index* en anglais), est un outil proposé en 2005 par le physicien Jorge Hirsch pour mesurer la productivité et l'impact d'un chercheur. Par définition, l'indice *h* d'un auteur a pour valeur *n* s'il a publié *n* articles dont chacun a été cité au moins *n* fois par d'autres articles. Cet indice fournit une meilleure évaluation de la production d'un chercheur que le nombre de ses publications ou le nombre d'articles où il est cité. Mais, comme les autres outils bibliométriques, il n'est pas à l'abri de biais.

BIBLIOGRAPHIE

A. Csiszar, *The Scientific Journal : Authorship and the Politics of Knowledge in the Nineteenth Century*, University of Chicago Press, 2018.

A. Csiszar, *How lives became lists and scientific papers became data : Cataloguing authorship during the nineteenth century*, *British Journal for the History of Science*, vol. 50, pp. 23-60, 2017.

Un voyage à travers les âges



Belin:

www.belin-editeur.com



R

ENDEZ-VOUS

P.80 Logique & calcul
 P.86 Art & science
 P.88 Idées de physique
 P.92 Chroniques de l'évolution
 P.96 Science & gastronomie
 P.98 À picorer

LA FOLIE ÉLECTRIQUE DU BITCOIN

Les cryptomonnaies telles que le bitcoin se substitueront-elles un jour au dollar et à l'euro? Rien n'est moins sûr, si l'on considère l'effrayante consommation d'électricité liée au fonctionnement de ces monnaies numériques.

L'AUTEUR



JEAN-PAUL DELAHAYE
 professeur émérite
 à l'université de Lille
 et chercheur au Centre
 de recherche en
 informatique, signal
 et automatique de Lille
 (Cristal)

Dans le numéro de *Pour la Science* de décembre 2013, cette rubrique présentait la cryptomonnaie nommée bitcoin et en expliquait le fonctionnement général (voir l'encadré 1 pour un résumé). La valeur d'un bitcoin était alors de 100 euros; le 1^{er} janvier 2018, date à laquelle correspondront les chiffres et calculs indiqués ici, le bitcoin valait 11500 euros!

S'agit-il d'une bulle spéculative ou d'une valorisation ayant un fondement réel? Deux camps s'opposent. D'un côté, des économistes et des spécialistes des monnaies jugent qu'il s'agit d'une «fraude» (terme employé par Jamie Dimon, directeur de la banque JP Morgan Chase) et que tout va s'effondrer, c'est-à-dire que le cours chutera brusquement, voire deviendra nul. Ils sont presque aussi nombreux qu'en 2013.

Dans l'autre camp, les défenseurs des monnaies cryptographiques avancent divers arguments pour justifier la valeur du bitcoin et de ses sœurs. Pour eux, les caractéristiques des monnaies cryptographiques – anonymat, irréversibilité, décentralisation, ouverture à tous, émission fixée à l'avance et rapidité des transactions – en font des monnaies nouvelles sans équivalent, utiles pour une fluidité plus grande des déplacements d'argent sur le réseau et pour un meilleur fonctionnement général de l'économie.

Il faut attendre pour déterminer quel camp a raison. Un point cependant soulève l'inquiétude: le réseau informatique qui assure le fonctionnement des échanges de bitcoins et leur

sécurisation a une importante consommation d'énergie électrique. Toujours à la date du 1^{er} janvier 2018, le site internet spécialisé *Digiconomist* l'a évaluée à 36 térawattheures par an, ce qui correspond à la dépense électrique annuelle de plus de 3,4 millions de foyers américains, ou encore à 0,16 % de la production électrique mondiale.

Cette quantité d'énergie brûlée par le réseau est appelée à croître. Un raisonnement économique que nous détaillerons plus loin montre que la dépense électrique du réseau est proportionnelle au cours du bitcoin, avec un délai d'ajustement de plusieurs mois pour que les investissements de rattrapage se mettent en place quand le cours augmente (une sorte d'inertie). Comme le cours du bitcoin a été multiplié par plus de 14 en un an, l'ajustement de la consommation lié au cours actuel n'a pas totalement eu lieu et se fera en multipliant au moins par 2 ou 3 dans les prochains mois la consommation électrique du réseau actuel. C'est une certitude... sauf si le cours du bitcoin s'écroule.

ENTRE 70 ET 100 TÉRAWATTHEURES D'ÉLECTRICITÉ DÉPENSÉS PAR AN!

On aboutira alors à une consommation électrique du réseau informatique du bitcoin comprise entre 70 et 100 TWh par an, équivalente à celle d'un pays tel que la Belgique.

Les évaluations mentionnées sont approximatives, car il est impossible de savoir dans le détail qui dépense de l'électricité et combien pour l'extraction de nouveaux bitcoins.



Jean-Paul Delahaye a récemment publié: **Les Mathématiciens se plient au jeu**, une sélection de ses chroniques parues dans *Pour la Science* (Belin, 2017).