

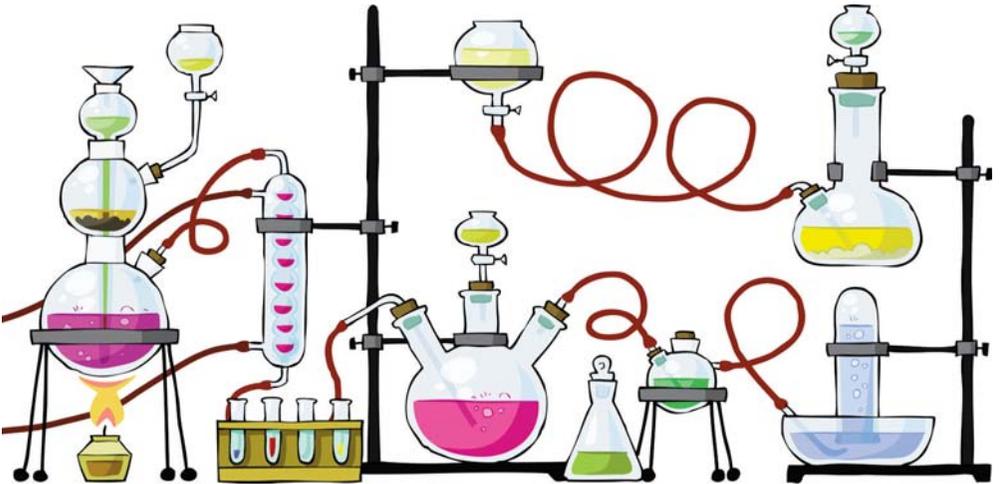
Comment s'établit la vérité scientifique ?

Le difficile chemin vers la connaissance

Santé et environnement : que croire ?

À qui faire confiance ?

Biais, fraudes et embellissements



**Biotrial, Dépakine, Mediator :
le cycle du médicament en question**

**L'arche de Noé en
parc d'attraction créationniste**

SCIENCE...

& pseudo-sciences

Comité de rédaction :

Jean-Paul Krivine (rédacteur en chef),

**Brigitte Axelrad, Pierre Blavin, Martin
Brunschwig, Stéphanie Krafft, Hervé
Le Bars, Philippe Le Vigouroux, Kevin
Moris, Sébastien Point, Jérôme
Quirant, Erwan Seznec.**

Relectures : Brigitte Axelrad, Yves Brunet, Martin
Brunschwig, Jack Raymond.

Mise en page : *Isiska*.

Imprimeur : *Bialec S.A. Nancy.*

N° commission paritaire : 0416 G 87957

ISSN 0982-4022. Dépôt légal : à parution.

Directrice de la publication : *Anne Perrin*.

afis

Association Française pour l'Information Scientifique

Conseil d'administration :

Présidente : **Anne Perrin**.

Vice-président : *Louis-Marie Houdebine*.

*Brigitte Axelrad, Jean-François Chevalier,
Sébastien Colmerauer* (secrétaire
administratif), *Jean-Jacques Ingremeau,
Marcel Kuntz, Hervé Le Bars, Roger Lepeix*
(secrétaire général), *Michel Naud* (trésorier),
Gérard Plantiveau, Erwan Seznec.

Anciens présidents : *Michel Rouzé* (Fondateur,
1968-1999), *Jean-Claude Pecker* (1999-2001),
Jean Bricmont (2001-2006), *Michel Naud* (2006-
2012), *Louis-Marie Houdebine* (2012-2014).

Toute correspondance :

secretariat@pseudo-sciences.org

AFIS, 4 Rue des Arènes 75005 Paris

Parrainage scientifique

Jean-Pierre Adam (archéologue, CNRS, Paris). **André Aurengo** (professeur des universités, praticien hospitalier de biophysique et médecine nucléaire, membre de l'Académie Nationale de Médecine, Paris). **Philippe Boulanger** (physicien, fondateur de la revue Pour la science). **Jacques Bouveresse** (philosophe, professeur émérite au Collège de France). **Jean Bricmont** (professeur de physique théorique, Université de Louvain-la-Neuve, Belgique). **Henri Broch** (professeur de physique et de zététique, Nice). **Gérald Bronner** (sociologue, professeur à l'Université de Paris Diderot). **Henri Brugère** (docteur vétérinaire, professeur émérite de physiologie-thérapeutique à l'École nationale vétérinaire d'Alfort). **Suzy Collin-Zahn** (astrophysicienne, directeur de recherche honoraire à l'Observatoire de Paris-Meudon). **Yvette Dattée** (directeur de recherche honoraire de l'INRA, membre de l'Académie d'agriculture de France). **Jean-Paul Delahaye** (professeur à l'Université des Sciences et Technologies de Lille, chercheur au Laboratoire d'Informatique Fondamentale de Lille). **Marc Fellous** (professeur de médecine, Institut Cochin de Génétique Moléculaire). **Léon Guéguen** (nutritionniste, directeur de recherches honoraire de l'INRA, membre de l'Académie d'agriculture de France). **Louis-Marie Houdebine** (biologiste, directeur de recherche honoraire à l'INRA). **Bertrand Jordan** (biologiste moléculaire, directeur de recherche émérite au CNRS, Marseille). **Philippe Joudrier** (biologiste, directeur de recherche à l'INRA). **Jean-Pierre Kahane** (professeur de mathématiques, membre de l'Académie des Sciences). **Jean de Kervasdoué** (professeur au Conservatoire National des Arts et Métiers, membre de l'Académie des Technologies). **Marcel Kuntz** (biologiste, directeur de recherche au CNRS). **Gilbert Lagrue** (professeur honoraire à l'Hôpital Albert Chenevier de Créteil). **Hélène Langevin-Joliot** (physicienne nucléaire, directrice de recherche émérite au CNRS). **Guillaume Lecointre** (professeur au Muséum National d'Histoire Naturelle, directeur du département Systématique et évolution). **Jean-Marie Lehn** (professeur émérite à l'Université de Strasbourg et professeur honoraire au Collège de France, Prix Nobel de chimie). **Gérard Pascal** (nutritionniste et toxicologue, directeur de recherches honoraire de l'INRA, membre des Académies d'agriculture et des technologies). **Jean-Claude Pecker** (professeur honoraire d'astrophysique théorique au Collège de France, membre de l'Académie des Sciences). **Franck Ramus** (directeur de recherches au CNRS, Institut d'Études de la Cognition, École Normale Supérieure, Paris). **Arkan Simaan** (professeur agrégé de physique, historien des sciences). **Alan Sokal** (professeur de physique à l'Université de New York et professeur de mathématiques à l'University College de Londres). **Hervé This** (physico-chimiste INRA/AgroParisTech, directeur scientifique de la Fondation Science&Culture Alimentaire, membre de l'Académie d'agriculture de France). **Jacques Van Rillaer** (professeur de psychologie, Belgique).

Le lourd bilan des fausses alertes sanitaires

La plupart du temps, ceux qui se qualifient de « lanceurs d'alertes » utilisent le seul terrain médiatique en s'affranchissant de l'obligation de soumettre à la communauté scientifique les preuves de leurs allégations. Peu importe si l'alerte est infondée : mieux vaut prévenir que guérir. Le problème, comme le souligne le sociologue Gérard Bronner¹, est qu'« en réalité, ils rendent, la plupart du temps, un bien mauvais service à la société. Ils instillent un poison d'inquiétude qui pourrait s'apparenter à une hypochondrie collective [qui] occasionne des séquelles sanitaires, économiques et politiques ».

Ainsi, on se souvient de la controverse sur l'usage des statines en prévention des risques cardiovasculaires (controverse qui a culminé en 2012 et 2013 avec la publication de deux ouvrages à succès : *Le Guide des 4000 médicaments utiles, inutiles ou dangereux* des Professeurs Even et Debré, *La vérité sur le cholestérol*, du Professeur Even, préfacé par le Professeur Debré). C'est le lien entre cholestérol et maladies cardiovasculaires qui était remis en cause, d'où l'inutilité affirmée du traitement par statines et un rapport risques/bénéfices négatif². Malgré les mises au point des autorités de santé et des associations professionnelles de médecins, bon nombre de patients ont arrêté leur traitement. Une très vaste méta-analyse³ que vient de publier *The Lancet* confirme de façon très nette, s'il en était besoin, le bénéfice des statines. Mais cette étude s'intéresse également aux conséquences des controverses à leur sujet. Celles-ci n'ont pas concerné que la France et l'étude estime à environ 200 000 le nombre de personnes qui, au Royaume-Uni, ont interrompu leur traitement avec, pour conséquence, entre 2 000 et 6 000 événements cardiovasculaires supplémentaires. En Australie, c'est 60 000 personnes qui auraient cessé la prise de statines, entraînant entre 1 500 et

Éditorial

3 000 crises cardiaques et AVC évitables et potentiellement mortels. En France, une récente étude⁴ (juillet 2016) a cherché à évaluer l'« impact d'un événement médiatique public sur l'utilisation des statines dans la population française », en l'occurrence la polémique des années 2012-2013. L'arrêt de la prise de statines, qui était de 8,5% par an, est passé à 11,9 % dans les neuf mois qui ont suivi la publication du livre de Philippe Even, soit une recrudescence de 40 % du nombre de patients qui ont arrêté le traitement qui leur était prescrit. L'étude révèle également, pour cette année, une surmortalité de 17%, soit, pour le Professeur Moore, l'un des signataires de l'étude et le chef du département Pharmacologie au CHU de Bordeaux⁵, « entre 9 000 et 10 000 morts de plus [à l'échelle nationale] en 2013 qu'en 2011 et 2012 ». Julien Bezin, premier signataire de l'étude précise cependant qu'« il est difficile d'établir un lien direct entre communication médiatique et arrêt de traitement, on peut juste observer qu'à partir du moment où le livre est sorti, il y a eu plus d'arrêts de traitement par statines, alors que sur le plan scientifique, il n'y a pas eu de nouveautés majeures pendant la période étudiée pouvant l'expliquer. »⁶

Les fausses alertes mobilisent d'importantes ressources. « Combien sont-elles exactement, s'interroge Gérard Bronner¹, les victimes de ces vertueux "inquiéteurs", tous les individus dont la vie aurait pu être sauvée si les coûts impliqués par la chasse aux risques illusoire avaient été convertis en politique de prévention ou de recherche ? ». Bien entendu, le système de santé publique, tel qu'il existe, est perfectible. L'affaire du Médiateur n'est pas sortie facilement, mais Irène Frachon, qui l'a révélée, a produit des études sérieuses et rigoureuses. Une mission de service public s'appuyant sur les travaux scientifiques validés sera toujours une bien meilleure base pour les décisions en santé publique qu'une expertise autoproclamée s'affranchissant de toute évaluation scientifique.

Science et pseudo-sciences

¹ Gérard Bronner, *La démocratie des crédules*, PUF, 2013.

² Voir l'article « Y aurait-il un "grand mensonge du cholestérol" ? » de Bernard Swynghedauw, *SPS* n°302, octobre 2012.

³ Rory Collins et al. "Interpretation of the evidence for the efficacy and safety of statin therapy", *The Lancet*, Juillet 2016.

⁴ Julien Bezin et al. "Impact of a public media event on the use of statins in the French population", *Archives of Cardiovascular Diseases*, 27 juillet 2016. Sur le site www.pourquoidoctor.fr

⁵ « Polémique sur les statines : 10 000 morts de plus en 2013 », sur le site *Pourquoi docteur ?*, 12 septembre 2016.

⁶ Damien Mascret, "Cholestérol : les dangereuses conséquences des polémiques antistatines", *Le Figaro Santé*, 28 juillet 2016.

Sommaire complet en 4^e page de couverture



Injection de fluides et séismes

J'ai déjà mentionné à plusieurs reprises dans *Science et pseudo-sciences* [1] que l'injection de fluides sous pression, dans le sous-sol d'une région soumise à des contraintes, pouvait provoquer des séismes. Le dernier numéro du *Scientific American* [2] apporte des données très intéressantes à ce sujet.

Le premier exemple d'un tel phénomène a été observé en 1961 lors de l'injection de fluides toxiques produits dans un arsenal près de Denver (Colorado), dans des puits profonds. Sept cents séismes faibles à modérés se produisirent entre 1962 et 1966 dans une région où l'on n'en observait pas auparavant. De plus, ils continuèrent à se produire après l'arrêt des injections et même à croître en intensité, jusqu'à une magnitude de 4,8 en 1967.

En 1969, le Service Géologique [3] des États-Unis effectua des expériences dans des puits où la société Chevron injectait de l'eau sous pression pour stimuler la montée du pétrole. Les géologues purent déterminer la limite de la pression à partir de laquelle les séismes étaient déclenchés. Et les injections se firent ensuite au-dessous de ce seuil.

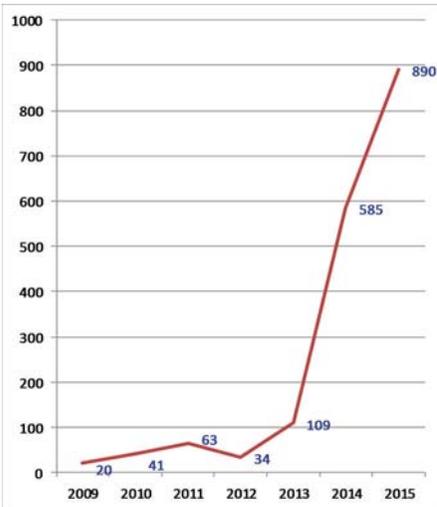
Mais au début des années 2000, pour lancer rapidement l'exploitation du gaz contenu dans les schistes argileux du Texas et de l'Oklahoma, cette règle fut mise de côté. On appliqua intensément la fracturation hydraulique, méthode plus agressive, qui consiste à injecter des millions de litres d'eau, du sable et des produits chimiques à haute pression. En se fracturant, la roche libère du gaz qui remonte à la surface avec une eau polluée et, de plus, très salée. On s'en débarrasse en la réinjectant au-dessous de la roche exploitée, dans une couche plus poreuse. Les résultats sont saisissants, comme le montre le graphique suivant, donnant le nombre de séismes de magnitude égale ou supérieure à 3 observés dans l'Oklahoma.



© Andrewmitis | Dreamstime.com

Parallèlement, le volume de l'eau injectée est passé de 140 millions de m³ en 2009 à 260 millions en 2014.

Une question importante se pose : quelle magnitude peuvent atteindre ces séismes induits, qui, apparemment, provoquent actuellement des ruptures de failles peu importantes ? Des comparaisons avec les régions naturellement sismiques de l'Ouest des États-Unis amènent les



Évolution du nombre de séismes de magnitude égale ou supérieure à 3 observés dans l'Oklahoma (2009 - 2015)

spécialistes à des valeurs de 6 ou même 7. Des cartes du risque ont été dessinées. Le Service Géologique a lancé en 2013 et 2014 des avertissements inhabituels sur la possibilité d'un séisme destructeur en Oklahoma. Des mesures ont été prises par les autorités de l'État pour limiter les volumes

injectés. Elles ne sont évidemment pas appréciées par les exploitants.

Le mécanisme de ce phénomène est bien compris : une faille géologique entre deux blocs est maintenue fixe par les pressions qu'ils exercent l'un sur l'autre. Si de l'eau parvient à s'y infiltrer, sa pression réduit la contrainte normale à la faille, ce qui facilite le glissement relatif des blocs s'ils sont soumis à un cisaillement.

Georges Jobert

Georges Jobert est ancien directeur de l'Institut de Physique du Globe de Paris.

[1] Articles de Georges Jobert :

« Où en est la prédiction sismique ? », *SPS* n° 298, octobre 2011.

« Contrôle de l'eau et risque sismique entraîneront-ils un conflit entre deux pays voisins ? », mars 2013. Sur le site www.pseudo-sciences.org.

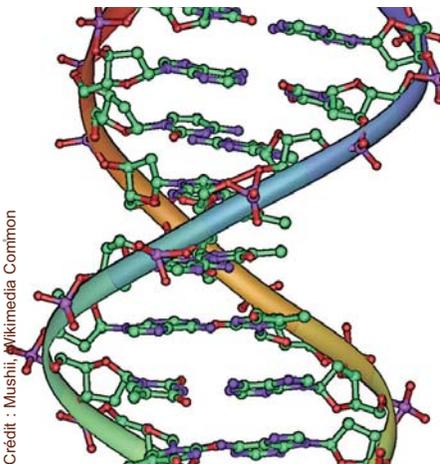
« Des problèmes du stockage des gaz carbonés », novembre 2013. En ligne sur www.pseudo-sciences.org.

[2] Volume 315, n° 1, juillet 2016, p. 42-49.

[3] Voir son site :

earthquake.usgs.gov/research/induced/

Les progrès de la recherche sur les génomes synthétiques



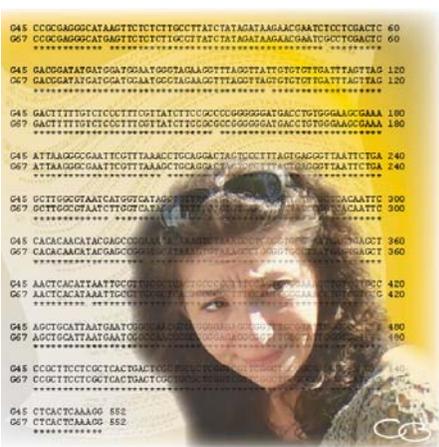
Crédit : Mushiit, Wikimedia Common

Deux avancées récentes concernant les génomes synthétiques (donc entièrement fabriqués par l'homme) méritent d'être soulignées. La première concerne un petit génome, celui de la bactérie *Mycoplasma mycoides*, tandis que la seconde implique un génome bien plus complexe, le génome humain.

Craig Venter et ses collaborateurs [1] ont synthétisé le premier génome bactérien, JCVI-syn1.0, de *Mycoplasma mycoides* en 2010. C'était une version entièrement

synthétique du génome de *M. mycoides* qui contient 901 gènes. Ils se sont posé la question : « *quel est le génome minimum compatible avec la vie ?* » et finalement ils ont synthétisé l'ADN de JVC-syn3.0 qui comporte seulement 473 gènes (dont 438 codent des protéines et 35 des ARN). Ils soulignent que c'est un génome minimal provisoire. JCV-syn3.0 a un temps de doublement de 180 minutes (similaire à JCVI-syn1.0). Le résultat le plus surprenant est qu'il a 149 gènes dont le rôle est inconnu, ce qui suggère la présence de fonctions inconnues essentielles à la vie. Il convient de noter que les cellules sont cultivées dans un milieu nutritif riche et, par conséquent, dans ces conditions, de nombreux gènes sont devenus non-essentiels. Des gènes impliqués dans le métabolisme du glucose ont été retenus car le glucose est la source principale de carbone dans le milieu. De même, les gènes concernés par la maintenance du génome et sa réplication, et le fonctionnement des membranes biologiques sont maintenus. Rechercher la nature des gènes de fonctions inconnues est une perspective passionnante.

Le second grand projet en synthèse de génome (Human Genome Project, HGP-write) [2] implique le génome humain et propose un programme sur dix ans nécessitant environ trois milliards de dollars. Aujourd'hui, la synthèse du génome humain est impossible et pourrait encore l'être dans dix ans. Les obstacles sont en grande partie technologiques mais également financiers et éthiques. Ce projet pourrait débiter en 2016, ce qui correspon-



drait au vingt-sixième anniversaire de ce qui est maintenant appelé le HGP-read (lire le génome, le « séquencer »). À cette fin, HGP-write (l'écrire) dispose en principe de cent millions de dollars promis par différentes sources. Le coût total est difficile à estimer mais peut être sensiblement inférieur au coût de HGP-read (trois milliards de dollars). On espère atteindre une réduction majeure des coûts de la synthèse d'ADN, comme cela a déjà été réalisé dans le séquençage de l'ADN.

Les retombées du projet, à long terme, sont difficiles à prévoir à ce stade mais comprennent : la culture d'organes humains transplantables, l'ingénierie de l'immunité aux virus, l'ingénierie de la résistance au cancer dans de nouvelles lignées de cellules thérapeutiques, la suppression d'éléments d'ADN « nuisibles » et l'analyse du rôle de l'ADN « non codant ». Il est à noter que les techniques qui seront développées sont souvent génériques et ne se limitent pas aux cellules humaines, mais pourraient inclure d'autres génomes d'intérêt pour la santé publique et l'agriculture.

Une attention considérable sera accordée à la participation du public et à l'examen des implications éthiques, juridiques et sociales, et un pourcentage des fonds sera consacré à ces considérations. Il faut souligner que le projet ne concerne pas la recherche sur les cellules de la lignée germinale. De nouvelles directives et réglementations nationales ou internationales seront nécessaires pour cela.

HGP-write nécessite un effort multidisciplinaire qui pourrait être

administré par le biais de centres d'excellence similaires à ceux des centres NIH d'excellence en science génomique.

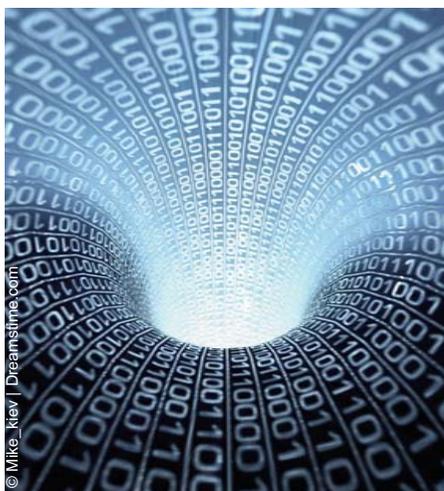
John Davison

John Davison est directeur de recherche honoraire de l'INRA. Il a travaillé au Centre de Versailles de 1992 à 2009.

[1] Clyde A. Hutchison III *et al.* "Design and synthesis of a minimal bacterial genome". *Science*, 25 mars 2016, 351(6280):1414. Sur le site science.sciencemag.org

[2] Jef D. Boeke *et al.* "The Genome Project-Write". *Science*, 10.1126/science.aaf6850. Mis en ligne le 2 juin 2016. Sur le site science.sciencemag.org

Ouverture, transparence et confiance dans les logiciels



Que le logiciel que vous utilisez ait un comportement qui n'est pas précisé et que vous n'ayez aucun moyen de le connaître est assez désagréable. C'est pourtant le cas de très nombreux programmes que tous les jours nous faisons fonctionner innocemment. Quand vous écrivez un texte pour vous-même et que vous ne souhaitez pas le communiquer, il se peut quand même que votre traitement de texte envoie toutes les minutes une copie de ce

que vous êtes en train d'écrire à une adresse qui les collecte soigneusement et les ajoute à votre dossier qu'elle garde. De tels dossiers ont une valeur commerciale (Google, Microsoft, Apple, Amazon et Facebook en ont très certainement sur vous), mais on sait grâce à Edward Snowden que des services contrôlés par des puissances (étrangères ou pas) en collectent aussi massivement (la NSA entre autres). Voir par exemple le livre de Marc Dugain et Christophe Labbé, *L'homme nu, la dictature invisible du numérique*, Éditions Plon, 2016.

Pour tenter d'éviter cela, on a conçu les logiciels « open source ». Ce que fait un logiciel « open source » est public et compréhensible par quiconque dispose des compétences lui permettant d'analyser un programme. S'il y a réellement des gens intéressés par cette transparence et qui se donnent la peine d'analyser les programmes « open source » – c'est le cas le plus souvent – pour en contrôler le comportement

annoncé et programmé, on a là une protection contre de nombreux abus des logiciels « propriétaires » dont les sources (le détail du fonctionnement sans masque) sont cachées.

Un moteur de recherche comme celui de Google note les sites Internet du monde entier et rend un classement quand vous l'interrogez. Ce classement (hors les réponses dites « liens commerciaux » ou « annonces » qui sont comme des pages publicitaires pour lesquelles on paie Google) est déterminé selon des critères nombreux que Google choisit. Google annonce qu'il est impossible de payer pour avoir une bonne place dans ces résultats « purement algorithmiques », et c'est probablement vrai. Cette partie « objective » des réponses de Google fournit donc une note qui est une évaluation des sites Internet, comme un professeur qui, à l'aide d'un barème, note les copies rendues. Certains sites commerciaux verront leurs affaires se porter bien ou au contraire très mal selon ces classements « objectifs » de Google ou plus généralement des moteurs de recherche. Il serait logique et souhaitable que les critères utilisés pour noter les sites soient publics, comme le plus souvent l'est le barème qu'utilise le professeur. Ce n'est pas le cas. Les moteurs de recherche ne sont pas « open source » et jugent vos pages sans que vous sachiez vraiment comment. On ne peut jamais avoir d'idées très précises de ce que font les algorithmes des moteurs de recherche (regroupés dans le cas Google sous le nom de *Page-rank*), qui d'ailleurs varient rapidement et prétendent se perfectionner

sans cesse sans que personne ne puisse savoir précisément en quoi. Google et ses confrères s'abritent derrière le secret industriel pour ne pas rendre publics leurs algorithmes, dont la vie et la mort de nombreuses entreprises dépendent. Ce n'est pas normal, mais c'est ainsi.

À côté de la question « open source ou non ? », il existe un autre problème de transparence et de sécurité pour tous les logiciels fonctionnant non pas sur votre ordinateur mais à distance : « dans le cloud » comme on dit aujourd'hui. C'est le cas du logiciel des moteurs de recherche, mais c'est aussi le cas de nombreux programmes de jeu qui gèrent directement de l'argent. C'est le cas encore de presque tous les logiciels en ligne pour faire des achats, transférer des sommes d'un compte à un autre, interagir avec votre banque. Peut-on être certain que ceux qui les détiennent et les font fonctionner vont continuer à le faire, et vont, par exemple dans le cas des logiciels de jeu en ligne, vous transférer vos gains quand vous aurez gagné ? On sait que non, et les escroqueries en ligne pour le « trading » (pour l'achat



et la vente de produits boursiers) sont classiques et coûteuses pour leurs victimes.

Pour les programmes acceptant votre argent, le faisant circuler, le rémunérant ou le taxant, déterminant des gains ou des pertes, il est non seulement important de savoir ce qu'ils font vraiment (il faut donc qu'ils soient « open source ») mais il est important aussi de savoir qu'ils ne pourront pas être interrompus au moment crucial où de l'argent doit revenir vers vous. Dans de tels cas, on a besoin de la certitude que tout se déroulera comme annoncé, que le créateur du programme le souhaite ou pas. La certitude d'un fonctionnement honnête de tels programmes ne repose que sur de la confiance. On l'accorde assez facilement à une banque (mais il faut s'assurer que le site avec lequel vous dialoguez est bien celui de la banque à laquelle vous pensez), mais comment faire pour un site de jeu ? Est-il vraiment indispensable d'avoir « à faire confiance » à un tiers situé à l'autre bout de la connexion ?

Il se trouve que la réponse est non. Il n'est pas nécessaire d'accorder sa confiance à un tiers dans les situations où l'on manipule de l'argent qui pourrait vous être soustrait par le vis-à-vis avec lequel vous échangez sur le réseau. En effet, on a conçu un nouveau type d'ordinateur dont le fonctionnement n'est plus localisé en un point précis et aux mains d'un acteur unique, mais délocalisé et contrôlé par une multitude d'acteurs qui se surveillent les uns les autres. Ils font les mêmes calculs pour assurer que ce qui est programmé (et qui est connu de tous) ne s'interrompt pas et est exé-

cuté conformément au programme qui a été rendu public.

Ces ordinateurs à « blockchain » (la blockchain est leur mémoire, elle est publique et surveillée par tous ceux qui le désirent) sont une nouveauté et le résultat de la généralisation des méthodes utilisées pour faire fonctionner les monnaies cryptographiques comme le *bitcoin* (né en 2009). Aujourd'hui, le principal outil pour écrire et faire fonctionner ces programmes « doublement open source » impossibles à changer, impossibles à arrêter et agissant sous l'œil d'une collectivité méfiante et attentive, est la plate-forme Ethereum, produit d'un incroyable génie de l'informatique de 22 ans, Vitalic Buterin.

Cette nouvelle informatique des ordinateurs à blockchain, plus sécurisée, et plus transparente, est un outil pour créer de la confiance entre utilisateurs ne se connaissant pas et n'ayant pas de raison de se faire confiance. Elle vient de naître ; Ethereum fonctionne depuis un peu plus d'un an. Elle pourrait se substituer aux banques dans certains cas et c'est sans doute pourquoi les nouveaux ordinateurs délocalisés les intéressent. Elle pourrait être le support de développements nombreux où la garantie de bon fonctionnement ne repose plus sur des tiers de confiance (banques, notaires, huissiers, administrations, etc.) mais sur une ouverture, une transparence et un contrôle collectif des calculs n'autorisant aucune triche ou entourloupe. Cette nouvelle informatique est difficile à mettre au point, elle est gourmande en ressources car le contrôle de tous par tous exige mémoire et calcul,

mais ne doutons pas qu'elle va changer beaucoup de choses dans un monde où lorsque c'est possible, on ne souhaite faire confiance à personne et où transparence et sécurité manquent aujourd'hui cruellement et attendent qu'on les rétablisse.

Jean-Paul Delahaye

Jean-Paul Delahaye est professeur d'informatique à l'Université de Lille, et chercheur au Centre de Recherche en Informatique, Signal et Automatique de Lille, UMR CNRS.

Bibliographie :

Yves Caseau, Serge Soudoplatoff, « La blockchain, ou la confiance distribuée », Fondation pour l'innovation politique, juin 2016. Sur le site www.fondapol.org

Alexis Collomb, Klara Sok, « Blockchain et autres registres distribués. Quel avenir pour les marchés financiers ? » Rapport de l'Autorité des marchés financiers (AMF), mai 2016. Sur le site bitcoin.fr

Coindesk, "Understanding Ethereum", Report, 2016.

Melanie Swan, *Blockchain : blueprint for a new economy*, O'Reilly, 2016.

L'élimination par transgènèse de moustiques vecteurs de pathogènes



De nombreux moustiques sont des porteurs d'organismes pathogènes. C'est le cas de *Aedes aegypti* qui transmet plusieurs maladies dont la dengue, la fièvre Zika, la fièvre jaune et la maladie du chikungunya. L'élimination de ce moustique est donc hautement souhaitable. Il vit au voisinage de l'homme et ne pique que cette espèce. Seules les femelles piquent leurs victimes dans le but de leur prélever du sang indispensable pour leur reproduction. Ce moustique se reproduit dans les eaux stagnantes petites ou

grandes. Il est devenu résistant à divers pesticides.

Pour contourner ce problème, des mâles stériles ont été obtenus par irradiation et dispersés massivement dans des lieux infestés par le moustique. L'accouplement de ces mâles stériles avec les femelles sauvages se traduit par une forte diminution du nombre de moustiques. Cette méthode est laborieuse dans la mesure où l'irradiation élimine une bonne partie des animaux et où les survivants ne sont pas sexuellement très actifs [1].

Une entreprise britannique (Oxitec) a développé une méthode qui permet une bonne survie conditionnelle des géniteurs mâles et une mort programmée de leurs descendants. Pour ce faire, un gène tueur est transféré dans des embryons. Ce gène a été construit de manière à ce que son expression soit bloquée en présence de tétracycline (qui n'agit pas dans ce cas *via* son activité antibiotique). Les mâles se développent très bien et massivement dans ces conditions. Lorsque les mâles en question sont sexuellement matures, ils sont

lâchés dans des lieux où se trouvent les moustiques à éliminer. Les mâles s'accouplent avec les femelles sauvages puis meurent dans les 3-4 jours qui suivent de mort naturelle. En l'absence de tétracycline, le gène tueur n'est plus réprimé. Il élimine les larves en cours de développement, avant donc que les moustiques aient atteint le stade où ils piquent et se reproduisent.

Des lâchers de mâles transgéniques ont été effectués à titre expérimental dans les Îles Caïmans, au Brésil et au Panama. Les essais étaient concluants et les agences locales de sécurité ont considéré que des effets secondaires indésirables étaient improbables. L'expérience brésilienne a été poussée plus loin. Le même protocole a été appliqué dans deux des régions du Brésil infestées par la dengue. Dans le site urbain, une baisse de 50 % des cas de dengue a été observée et de 90 % dans le site non urbain. La méthode ne fait pas qu'éliminer une partie des moustiques, elle permet de diminuer effectivement le nombre de personnes atteintes par la maladie.

Ces succès ont incité les États-Unis à tester la méthode en Floride. Le lâcher de moustiques génétiquement modifiés dans l'environnement serait une première dans ce pays. La FDA a minutieusement examiné le dossier Oxitec et a répondu avec un soin particulier aux milliers de commentaires et de questions provenant du public. Oxitec pense obtenir l'accord de la FDA pour procéder à des lâchers de moustiques transgéniques avant la fin de cette année [2,3].

Le procédé décrit ici est le premier du genre capable d'éliminer des

moustiques et de sauver des vies humaines. Un des points importants est que les moustiques sont de toute façon voués à une mort précoce, ce qui diminue les risques de dissémination incontrôlée des transgènes.

Une autre méthode mettant en œuvre l'outil CRISPR-Cas9 permet à un transgène de se disséminer préférentiellement et en peu de générations dans tous les individus d'un groupe d'animaux par un mécanisme de guidage de gènes. Cette méthode est d'une efficacité très élevée mais elle repose sur la diffusion massive de transgènes. Elle convient pour disséminer des gènes tueurs de moustiques et pour transférer des gènes capables d'inactiver des gènes pathogènes portés par des moustiques [4]. Cette méthode comporte des risques de dissémination incontrôlée. Elle ne paraît donc pas suffisamment mature pour sortir des laboratoires [5].

Louis-Marie Houdebine

Louis-Marie Houdebine est biologiste, directeur de recherche honoraire INRA.

[1] Houdebine LM. « Des insectes génétiquement modifiés pour prévenir la transmission de maladies », 2015.

Sur www.pseudo-sciences.org

[2] Milius S. "FDA OKs first GM mosquito trial in U.S. but hurdles remain", 2016. Sur www.sciencenews.org

[3] "US finds GMO mosquitoes won't harm environment", 5 août 2016. Sur le site phys.org

[4] Gantz VM, *et al.* "Highly efficient Cas9-mediated gene drive for population modification of the malaria vector mosquito *Anopheles stephensi*". *PNAS*, 2015, 23:E6736–E6743. Sur le site www.pnas.org

[5] Esvelt K. "Gene editing can drive science to openness". *Nature*, 2016, 534(7606):153.

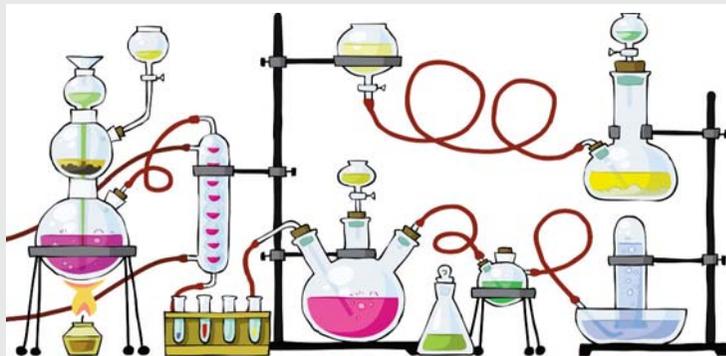


*Rubrique coordonnée
par Kévin Moris*

Comment s'établit la vérité scientifique ? Le difficile chemin vers la connaissance

Pour le célèbre physicien Richard Feynman, « le principe de la science, sa définition pour ainsi dire, est ce qui suit : toute notre connaissance est à l'épreuve de l'expérience. L'expérience est le seul juge de la "vérité" scientifique ». Cependant, le chemin pour y accéder est long, complexe, et semé d'embûches.

Introduction (Jean-Paul Krivine)	11
La naissance des essais cliniques contrôlés (Simon Singh et Edzard Ernst).....	18
« Je ne sais pas ce qu'il faut croire... »... Comprendre les questions scientifiques (Sense about science)	21
Peut-on croire les publications scientifiques ? Biais et embellissements polluent la science (Hervé Maisonneuve).....	27
Journaux prédateurs Les simplificateurs de π (Jean-Paul Delahaye).....	35
Les pièges de l'épidémiologie (André Aurengo)	40
Mécanismes improbables : les limites des méta-analyses (Nima Yeganefer).....	48
Comment justifier l'autorité scientifique ? (Jean Bricmont)	52
Incertitudes technologiques : y a-t-il vraiment une demande de « participation citoyenne » ? (Virginie Tournay).....	63
Dépakine et Mediator : repensons la pharmacovigilance (Catherine Hill)	69
Essai thérapeutique chez Biotrial à Rennes : les leçons d'une affaire étouffée (Catherine Hill)	76



Le difficile chemin vers la connaissance

Jean-Paul Krivine



La science et la médecine modernes se sont construites en passant du surnaturel, du témoignage et de la subjectivité aux faits et à l'objectivité. Pour autant, établir les faits, s'affranchir de tout biais et produire des résultats reconnus et acceptés est chose complexe. En santé et environnement, en particulier, il n'est pas une controverse médiatisée qui ne mette en avant des « résultats » contradictoires, mais présentés comme tout

aussi solidement établis. Comment peut-on apporter la preuve de l'efficacité ou de l'inefficacité d'un traitement ? Qu'est-ce qui permet d'affirmer ou d'écartier le danger pour l'environnement de telle ou telle molécule ? Qui n'a jamais été confronté à une émission, un reportage, un article, aux propos d'amis ou de collègues affirmant tel ou tel danger, vantant les miracles de telle ou telle thérapie sans se demander « comment savoir si c'est vrai ? ». Plus généralement, comment la science élabore-t-elle son corpus de connaissances ? Et peut-on faire confiance aux scientifiques ?

Les études publiées et évaluées par les pairs

Si le simple témoignage est encore souvent invoqué par certains partisans des médecines miraculeuses et des phénomènes paranormaux, l'opinion qui tend à prévaloir est que toute affirmation doit pouvoir s'appuyer sur « une étude scientifique ». C'est effectivement un premier « réflexe » à adopter : quelle référence vient à l'appui de l'affirmation ? S'agit-il d'une étude sérieuse, obéissant à un protocole rigoureux ([voir l'article « La naissance des essais cliniques contrôlés » de Simon Singh et Edzard Ernst](#)), évaluée par les pairs et publiée dans une revue scientifique ? C'est à ce questionnement systématique que nous invite l'association anglaise Sense about Science avec son manifeste « [Je ne sais pas ce qu'il faut croire...](#) », que nous reproduisons dans ce dossier. Cependant, « une étude ne fait pas le printemps ». Tout d'abord, la publication de résultats qui peuvent s'avérer ensuite faux fait partie du fonctionnement normal et nécessaire de la science. Publier, c'est d'abord mettre à disposition ses résultats afin que la communauté scienti-

Quand une étude jamais reproduite défraie la chronique



© Drx | Dreamstime.com

La liste est longue d'articles publiés dans des revues à comité de lecture et dont les résultats ne seront jamais reproduits, et seront souvent même infirmés. Si la plupart contribuent à l'avancement de la science, certains, intentionnellement ou non, ont défrayé la chronique et ont été largement médiatisés. En voici quelques exemples emblématiques.

● **La mémoire de l'eau.** Jacques Benveniste, chercheur français à l'INSERM, affirmait avoir mis en évidence l'effet d'un produit transmis par une molécule d'eau ayant été au préalable en contact avec ce produit (d'où la formule de « mémoire de l'eau »). Le produit agissant n'est plus là, mais l'eau en aurait gardé mémoire. Sa découverte aurait permis d'envisager un effet chimique ou biochimique sans la moindre molécule. Cette découverte aurait été bien utile aux partisans de l'homéopathie dont la plupart des produits sont à des dilutions telles qu'il ne reste aucune molécule supposée active... mais au détriment de la validité de tout le reste de la chimie moderne. Ces travaux, commencés en 1985, ont donné lieu à une publication dans la prestigieuse revue *Nature* en juin 1988. La presse s'est enflammée avec des titres en première page, comme celui du journal *Le Monde* (30 juin 1988) : « Une découverte française pourrait bouleverser les fondements de la physique ». Mais les résultats n'ont jamais pu être reproduits de manière indépendante. La controverse mettra quelques années à s'éteindre, et n'est plus guère entretenue que par Luc Montagnier, un « prix Nobel qui s'égaré » (voir [1]).

● **La fusion froide.** Ce terme désigne les résultats allégués d'une expérience menée en 1989 par deux électrochimistes de l'Université de l'Utah (USA), Martin Fleischmann et Stanley Pons. Ceux-ci ont affirmé avoir réussi à déclencher une réaction nucléaire à des conditions de température et de pression ambiante (ce qui contredirait un résultat acquis depuis longtemps selon lequel il n'est pas possible de vaincre par les seuls moyens électrochimiques les forces électriques qui font que deux noyaux atomiques se repoussent). Une telle découverte aurait révolutionné le domaine de la production d'énergie en offrant un moyen de production quasi-illimité et à bas coût. Mais les résultats n'ont pu être valablement reproduits. Le cas de la fusion froide est un peu à part en termes de processus médiatique car les résultats ont été annoncés par la presse (*Le Financial Times* du 23 mars 1989, repris par les principaux journaux et télévisions du monde) en lieu et place d'une publication scientifique (la revue *Nature* a refusé de publier un article des deux chercheurs). La controverse se poursuit cependant de façon interminable sur Internet. Mais l'intérêt de certains acteurs économiques, la tenue de colloques et conférences ou le dépôt de brevets ne remplacent pas une validation scientifique rigoureuse (voir le chapitre consacré à cette histoire dans [2]).

● **Les OGM « sont des poisons ».** Initiée par la désormais célèbre manchette du *Nouvel Observateur* du 18 février 2012 (« Oui, les OGM sont des poisons ! »), la déferlante va balayer la quasi-totalité des grands médias, relayée par un film coproduit avec les auteurs de l'étude et un livre. L'étude, publiée le lendemain dans le journal *Food and Chemical Toxicology*, présente une comparaison peu convaincante de mortalité entre des groupes de dix rats nourris avec ou sans OGM. Analysée par les pairs et par de très nombreuses agences sanitaires à travers le monde, l'étude est finalement invalidée et retirée du journal pour « résultats non-concluants ». De façon organisée, une publication scientifique isolée (et finalement retirée) a été prétexte à une campagne médiatique permettant d'alimenter la cause des opposants aux biotechnologies.

[1] « Quand un Prix Nobel continue de s'égarer... 35 autres Prix Nobel réagissent », www.pseudo-sciences.org/spip.php?article1930.

[2] Michel de Pracontal, *L'Imposture scientifique en dix leçons*, réédité au Seuil en 2005.

fique puisse les examiner, reproduire les expériences pour confirmer ou invalider les conclusions. Mais il y a également les innombrables biais et erreurs, quand il ne s'agit pas carrément de « petits arrangements » avec la réalité, voire de fraudes, qui peuvent entacher les résultats présentés. Le système d'évaluation des chercheurs et des laboratoires ainsi que la course aux financements, largement déterminés par la quantité de publications, aggravent le phénomène (voir l'article d'Hervé Maisonneuve « [Peut-on croire les publications ? Biais et embellissements polluent la science](#) »). Cette situation s'est récemment amplifiée avec le développement de ce l'on appelle les « journaux prédateurs », système éditorial où il suffit de payer pour être diffusé (souvent uniquement sur Internet) et où il devient possible de publier à peu près n'importe quoi (voir l'article « [Journaux prédateurs : les simplificateurs de Pi](#) » de Jean-Paul Delahaye).

Le temps médiatique et la caisse de résonance offerte par Internet fait que le processus scientifique, qui demande du temps et du recul, est largement dévoyé par ceux qui trouvent dans telle ou telle étude un écho à leurs combats et engagements. À peine publiée, l'étude est aussitôt commentée plus ou moins fidèlement, twittée et relayée de réseaux sociaux en blogs et journaux... Innombrables sont les manchettes des journaux affirmant « Une récente étude montre que... » sans examiner plus avant le contexte, les biais possibles ni attendre reproduction et confirmation, sans rappeler non plus quels sont les résultats déjà existants, souvent solides et en contradiction. Mais une étude qui va à l'encontre de l'état des connaissances ou le bouleverse est bien plus médiatique.

Ainsi, si l'exigence de références à l'appui de toute allégation est un réflexe à adopter systématiquement, il est loin d'être suffisant.

Le niveau de preuve et la pyramide des dispositifs

La Haute autorité de santé (HAS) distingue, pour établir ses recommandations [1], trois niveaux : le *faible niveau de preuve*, la *présomption scientifique* et la *preuve scientifique établie*. Le réseau Cochrane, référence internationale dans l'analyse de la littérature médicale, met en avant une pyramide des dispositifs en fonction du niveau de preuve où la littérature de synthèse constitue de façon naturelle le degré le plus solide [2] (voir encadré).

C'est ainsi que les agences sanitaires et environnementales, au niveau national, européen ou mondial, s'appuient, non pas sur une étude isolée, mais sur un travail de synthèse pour émettre avis et recommandations.

Après s'être interrogé sur les références à l'appui de toute allégation, de toute affirmation publiée dans un journal, il importe de considérer ce qu'il en est de la synthèse sur le sujet, et donc, logiquement, des avis et analyses des différentes agences.

Mais là encore, les choses ne sont pas aussi simples. De nombreux biais peuvent impacter les études épidémiologiques, en particulier dès lors qu'on s'intéresse à de faibles expositions avec des effets attendus faibles ou nuls (voir l'article « [Les pièges de l'épidémiologie](#) » d'André Aurengo). Par ail-

Les différents niveaux de preuves

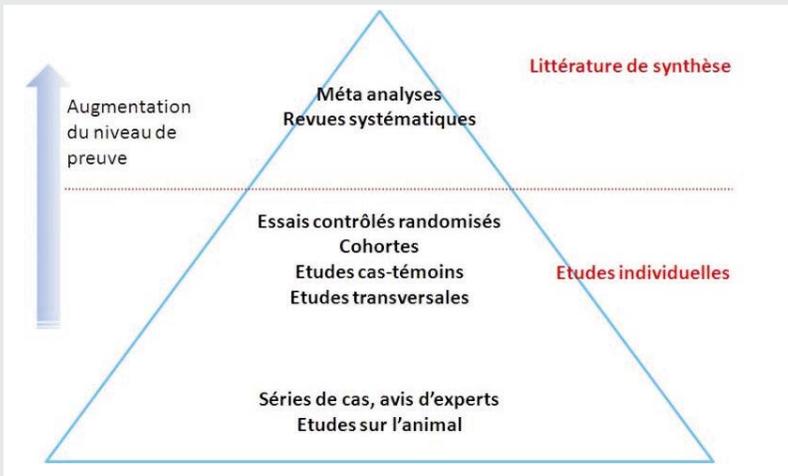
La Haute autorité de santé distingue trois niveaux de preuves pour établir ses recommandations.

- **Un faible niveau de preuve** correspond à des séries de cas (succession de témoignages et de descriptions), des études rétrospectives (étude d'observation, c'est-à-dire ne reposant pas sur une démarche expérimentale, où l'on recherche *a posteriori* le facteur d'exposition responsable) ou des études de cas témoins (étude d'observation qui compare *a posteriori* la population atteinte avec une population témoin).

- **Une présomption scientifique** s'appuie sur des essais comparatifs randomisés de faible puissance (expérimentation sur différents groupes recevant des traitements différents, la répartition entre les groupes étant réalisée par tirage au sort – randomisation), des études comparatives non randomisées bien menées ou des études de cohorte (proche de l'essai comparatif, mais ici les sujets sont répartis en groupes en fonction de leur exposition et l'événement n'est pas survenu au moment où cette répartition est faite).

- **Une preuve scientifique établie** repose sur des essais comparatifs randomisés de forte puissance, une méta-analyse d'essais comparatifs randomisés ou une analyse de décision basée sur des études bien menées.

La littérature de synthèse apparaît au plus haut niveau de la pyramide des dispositifs proposée par la collaboration Cochrane.



leurs, dans des domaines où il s'agit d'examiner des allégations reposant sur des mécanismes improbables, la seule approche épidémiologique peut conduire à une prudence sans rapport avec la réalité (voir l'article « Faut-il évaluer des allégations reposant sur des mécanismes d'action improbables ? » de Nima Yeganefar).

La confiance

Personne n'est en mesure de lire, comprendre et assimiler l'ensemble de la littérature sur un sujet donné. Pour se forger une opinion ou prendre une décision réfléchie, il faut donc s'en remettre à une sorte de « croyance par délégation » [3] (voir encadré).

À titre individuel, cette croyance ne consiste pas en une foi aveugle envers quelque institution que ce soit. Elle doit s'accompagner d'un esprit critique, s'interroger systématiquement sur la source des allégations et le sérieux des références avancées, préférer une analyse collective ou un avis d'agence à une simple étude, et toujours regarder avec méfiance la médiatisation de tel ou tel résultat. Pour tout un chacun, cette croyance par délégation, inévitable, suppose une certaine confiance. Confiance envers le dispositif d'expertise mis en place par la collectivité, et plus généralement, confiance envers la communauté scientifique – qui, pour être crédible, tout comme la justice, doit « *non seulement être neutre, mais paraître neutre* » (voir l'article « [Comment justifier l'autorité scientifique ?](#) » de Jean Bricmont).

Afin d'aider à l'appropriation des connaissances par le grand public et dans un souci de l'associer aux décisions à venir, différents dispositifs de concertation sont mis en œuvre par les pouvoirs publics. Les vertus de la « participation citoyenne » sont vantées. Mais ces initiatives correspondent-elles à une vraie demande ? Ne sont-elles pas en réalité de nature à obscurcir les enjeux et les mécanismes de décision favorisant un « populisme précautionniste » (voir l'article « [Incertitudes technologiques : y a-t-il vraiment une demande de "participation citoyenne" ?](#) » de Virginie Tournay) ?

Ce qui est vrai pour le grand public l'est également pour les autorités en charge de prendre des décisions. C'est ainsi qu'en 1983, l'Assemblée nationale et le Sénat ont mis en place l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques (OPECST) [4] chargé d'éclairer l'action du Parlement en procédant à des recueils d'informations, en organisant des auditions, en mettant en œuvre des programmes d'étude et en procédant à

La croyance par délégation

« La confiance est donc nécessaire à toute vie sociale, et plus encore pour les sociétés démocratiques, qui s'organisent autour des progrès de la connaissance et de la division du travail intellectuel. En effet, à mesure de la production de cette connaissance, la part de ce que chacun peut espérer maîtriser de cette compétence commune diminue. Plus l'on sait de choses, moins la part de ce que je sais est proportionnellement importante. Nul n'ignore que si un individu, il y a quelques siècles, pouvait espérer maîtriser l'ensemble des connaissances scientifiques, ce serait inenvisageable aujourd'hui. Cela signifie qu'une société fondée sur le progrès de la connaissance devient, paradoxalement, une société de la croyance par délégation, et donc de la confiance, ce qu'avait compris Tocqueville en son temps (De la démocratie en Amérique, 1835) : "Il n'y a pas de si grand philosophe dans le monde qui ne croie un million de choses sur la foi d'autrui, et ne suppose beaucoup plus de vérités qu'il n'en établit. Ceci est non seulement nécessaire, mais désirable".

Désirable, sans doute, car on n'imagine pas qu'un monde où chacun vérifierait frénétiquement toute information pourrait survivre longtemps. Néanmoins, il existe des conditions sociales où ce processus de confiance est altéré [...]. Nous ne semblons pas au bord d'une guerre civile, mais dans tous les domaines, la contestation de l'autorité, de la parole officielle, et la méfiance dans les conclusions des experts sont tangibles. »

Gérald Bronner, *La Démocratie des crédules*, page 7

Tout le monde peut avoir la parole sur tout...

« L'idée que tout le monde peut avoir la parole sur tout est certes séduisante, mais elle ne devrait pas empêcher de se tourner vers des gens compétents dans leur domaine. Après tout, les passagers d'un avion n'élisent pas le pilote, mais font confiance à celui qui est aux manettes ! Or, c'est vrai que les scientifiques ne sont pas toujours écoutés. Cela tient au fait, me semble-t-il, qu'il n'existe pas de certitude absolue, de dogme en matière scientifique. Le chercheur ne croit pas, il pense. La parole scientifique n'est ni noire, ni blanche, elle couvre toutes les nuances du gris. Il faut que les résultats soient solides, et de nouvelles expériences sans cesse contrôlent l'acquis et font évoluer l'état de la science. La théorie de la relativité d'Einstein est en gros une extension de celle de Newton ! Nous aimerions tous avoir des certitudes à 100 %, ce serait si confortable ! Mais ce n'est pas possible. Je comprends que cette approche scientifique ne soit pas très grand public. »

Jean-Marie Lehn, Prix Nobel de Chimie, *L'Opinion*, 24 août 2016

des évaluations. De même, chacune des Académies scientifiques (Académie des technologies, Académie des sciences, Académie nationale de médecine, Académie d'agriculture de France, Académie vétérinaire de France, Académie nationale de pharmacie) ont, dans leurs statuts, une mission spécifique visant à répondre aux saisines du gouvernement sur les questions relevant de leurs compétences.

C'est également la raison d'être de la mise en place progressive, dans les années 1990, d'une douzaine d'agences de sécurité sanitaires et environnementales chargées d'apporter leur expertise aux pouvoirs publics en charge de la gestion du risque sanitaire. Si le principe de telles agences (séparation de l'expertise technique de la gestion des risques, exigence d'indépendance et de transparence de l'expertise scientifique) est bien préférable à tout autre mode d'organisation, il ne faut pas sous-estimer ses limites et imperfections. Les affaires du Mediator ou de la Dépakine, ou celle relative à un essai thérapeutique à Rennes qui a mal tourné, illustrent certaines de ces insuffisances (voir les articles « [Essai thérapeutique chez Biotrial à Rennes : un mort, plusieurs victimes, et une affaire étouffée](#) » et « [Dépakine et Mediator : repensons la pharmacovigilance](#) » de Catherine Hill). Le poids de l'opinion publique tend également, malheureusement, à peser sur l'expression des expertises publiques. Quelques récentes controverses illustrent le décalage qui se développe parfois entre l'expertise proprement dite et la communication associée (voir, pour un exemple très récent, l'encadré sur l'expertise de l'ANSES).

Références

- [1] « Niveau de preuve et gradation des recommandations de bonne pratique », Haute autorité de santé, 2013. Sur le site www.has-sante.fr
- [2] Centre Cochrane Français, « Définir le meilleur type d'étude », sur le site tutoriel.fr.cochrane.org
- [3] Gérald Bronner, *La démocratie des crédules*, PUF, mars 2013.
- [4] www.senat.fr/opecest/presentation.html

L'objectif de ce dossier n'est pas d'apporter des réponses complètes à toutes ces questions, ni même de prétendre les aborder toutes. Il vise plus modestement à alimenter la réflexion de ceux qui entendent garder un regard critique sur un enjeu majeur de nos sociétés modernes : l'élaboration de l'expertise et son utilisation dans les processus de décision. ■

Exposition des enfants aux radiofréquences : les biais de l'ANSES dans la restitution de son expertise



© Stephen Jennes | Dreamstime.com

L'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES) a rendu public (8 juillet 2016) un rapport d'expertise collective intitulé « *Exposition aux radiofréquences et santé des enfants* »¹.

Les conclusions sont finalement à la fois rassurantes et assez conformes à ce qui était déjà connu. L'expertise de l'ANSES confirme que les données disponibles ne permettent pas de conclure à un effet des radiofréquences chez l'enfant concernant le comportement, les fonctions auditives, les effets tératogènes et le développement, le système reproducteur mâle et femelle, les effets cancérigènes, le système immunitaire ou la toxicité systémique. Malgré toutes les campagnes associatives et les articles de journaux, l'agence écarte les effets cancérigènes ou les malformations.

Ensuite, si des effets sur le bien-être sont constatés, il est souligné que ceux-ci « *pourraient cependant être liés à l'usage du téléphone mobile plutôt qu'aux radiofréquences qu'ils émettent* ». De façon générale, ce « biais de confusion » est omniprésent (attribuer aux ondes des effets qui sont en fait liés au mauvais usage par les enfants des outils mobiles, « *un usage problématique du téléphone mobile* »). Dans ce contexte, les experts notent malgré tout « *un effet possible* » des radiofréquences sur les fonctions cognitives en nuancant cependant par le fait que « *dans les études humaines cliniques et épidémiologiques* » et « *sur des modèles animaux* », « *les éléments de preuve sont limités* »². Et, ce n'est pas un mince détail, en notant la « *divergence des résultats des études épidémiologiques et expérimentales [...] concluant soit à une absence d'effet soit à une amélioration des performances* ». Bref, l'effet sur les fonctions cognitives pourrait être... positif.

Comment comprendre, alors, le communiqué de presse de l'ANSES, bien plus alarmiste³, mettant en avant le lien entre l'exposition aux radiofréquences et le souhaitable « *usage modéré et encadré des technologies sans-fil* », attirant l'attention, dans les sous-titres, sur « *des effets possibles* », « *des enfants exposés de plus en plus tôt* », mais pas sur l'information rassurante relative aux effets cancérigènes ou tératogènes ?

Dès lors, la couverture médiatique n'a rien de surprenant : « *Alerte sur les dangers des radiofréquences pour les enfants* » (Le Monde), « *Portable, tablette : les ondes dangereuses pour le cerveau des enfants* » (L'Express), « *Les ondes ne sont pas sans effet sur la santé des enfants* » (FranceTVinfo).

J.-P. K.

¹ « *éléments de preuve [...] limités dans les études cliniques et épidémiologiques* », qui « *ne permettent pas de conclure à l'existence d'un effet chez l'animal de laboratoire ou que l'on ne dispose pas de données de qualité* » (rapport ANSES).

² « *Exposition aux radiofréquences et santé des enfants* ». Avis de l'Anses, Rapport d'expertise collective, juin 2016. Sur le site www.anses.fr

³ « *Exposition des enfants aux radiofréquences : pour un usage modéré et encadré des technologies sans-fil* », Communiqué ANSES du 8 juillet. Sur le site www.anses.fr

La naissance des essais cliniques contrôlés

Simon Singh et Edzard Ernst



aux Éditions Cassini (2014) sous le titre *Médicines douces : Info ou intox ?*

Simon Singh est docteur en physique des particules, producteur d'émissions scientifiques à la BBC et auteur de nombreux ouvrages de vulgarisation.

Edzard Ernst est docteur en médecine ayant occupé la première chaire au monde de médecine alternative (à l'Université d'Exeter) jusqu'en 2011.

Nous publions ici un court extrait du chapitre « Comment établit-on la vérité » du livre de Simon Singh et Edzard Ernst, *Trick or treatment, alternative medicine on trial*,

traduit en français

Le premier cas de scorbut à bord d'un navire avait été enregistré en 1497, lorsque Vasco de Gama avait doublé le cap de Bonne-Espérance, et, par la suite, la fréquence de cette maladie s'accrut, à mesure que des capitaines toujours plus audacieux entreprirent des voyages toujours plus lointains. Nous savons aujourd'hui que le scorbut résulte d'une carence en vitamine C. Le terme de « vitamine » désigne une substance organique indispensable à la survie, mais que l'organisme ne peut pas produire lui-même ; il faut donc qu'elle soit apportée par la nourriture. Normalement, la vitamine C nous est procurée principalement par les fruits et ceux-ci étaient malheureusement absents du régime alimentaire courant des marins des anciens temps.

Une solution simple aurait été de modifier le régime alimentaire des marins, mais les scientifiques n'avaient pas encore découvert la vitamine C et ignoraient que le scorbut pouvait être prévenu par la consommation de fruits frais. Au lieu de cela, les médecins proposaient toute une série d'autres remèdes. La saignée, bien sûr, valait toujours la peine d'être essayée ; et les autres traitements consistaient à consommer de la pâte de mercure, de l'eau salée, du vinaigre, de l'acide sulfurique, de l'acide chlorhydrique ou du vin de la Moselle. Une autre « thérapeutique » demandait d'enterrer le patient jusqu'au cou dans le sable, ce qui n'était évidemment pas facile à réaliser, lorsque l'on se trouvait en plein milieu du Pacifique ! Le remède le plus insensé était de faire travailler très dur les marins atteints de scorbut, parce que les médecins avaient observé que cette maladie était associée à la paresse chez les matelots. Bien entendu, ils confondaient la cause et l'effet, car c'était le scorbut qui rendait les marins paresseux, et non pas l'inactivité qui les rendait vulnérables au scorbut.

Les savants du monde entier ne cessaient d'élaborer des théories ésotériques sur les causes du scorbut et de débattre des meilleurs remèdes envisageables, mais personne ne semblait être capable de stopper cette sorte de pourrissement responsable de la mort de centaine de milliers de marins.

Puis, en 1746, il se produisit une percée médicale majeure, lorsqu'un jeune chirurgien militaire écossais, James Lind, embarqua à bord d'un bâtiment de la marine royale, le HMS *Salisbury*. Son esprit aiguisé et méticuleux lui permit de rejeter les explications fondées sur les modes, les préjugés, les anecdotes ou les rumeurs, et le poussa, en revanche, à se saisir du problème du scorbut en procédant de façon extrêmement logique et rationnelle. En bref, James Lind allait réussir là où tous les autres avaient échoué, en menant ce qui semble avoir été le premier *essai clinique contrôlé* du monde.

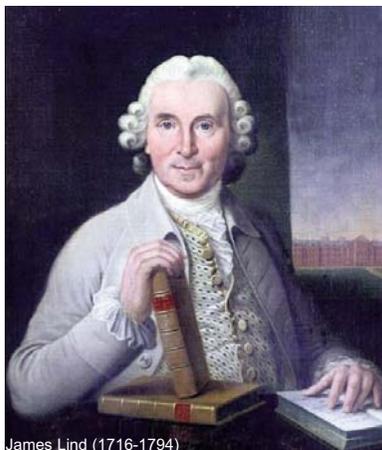
Au cours de son service sur le HMS *Salisbury*, le navire navigua de la Manche à la Méditerranée, et bien qu'il ne s'éloignât jamais beaucoup des terres, un dixième des matelots montrèrent des signes de scorbut au printemps 1747. La première réaction de Lind fut probablement de tenter de les soigner au moyen de l'un des nombreux traitements en vogue à l'époque, mais cette pensée fut supplantée dans son esprit par une autre idée. Que pourrait-il observer s'il traitait différents marins de façon variée ? En regardant lesquels se rétabliraient et lesquels iraient plus mal, il serait en mesure de déterminer quels traitements étaient efficaces et lesquels n'avaient aucun effet. À nos yeux, cela semble aujourd'hui une méthode parfaitement évidente, mais à son époque, cela constituait une démarche se distinguant radicalement des pratiques médicales d'alors.

Le 20 mai 1747, Lind constitua un groupe de douze matelots présentant des symptômes de scorbut semblables, à savoir qu'ils avaient tous « des gencives en mauvais état, des taches bleuâtre ou rougeâtres sur la peau, et ressentaient tous une grande lassitude, accompagnée de la sensation d'être faibles sur leurs jambes ». Il s'assura alors que leurs hamacs soient tous placés dans le même endroit au sein du navire, et qu'ils aient tous le même petit-déjeuner, déjeuner et dîner, établissant ainsi « le même régime alimentaire pour tous ». Lind jetait ainsi les bases d'un essai comparatif homogène, puisque tous les patients étaient atteints de la même façon par le scorbut, étaient hébergés dans les mêmes conditions sur le navire et recevaient une même alimentation.

Il répartit les marins en six paires, chacune d'entre elles suivant un traitement différent. La première eut à boire un quart de cidre ; la seconde, vingt-cinq gouttes d'élixir de vitriol (acide sulfurique dilué) trois fois par jour ; la troisième, deux cuillerées de vinaigre trois fois par jour ; la quatrième, une demi pinte d'eau de mer par jour ; la cinquième devait consommer une pâte médicinale contenant de l'ail, de la moutarde, du raifort et de la myrrhe ; et la sixième recevait deux oranges et un citron par jour. Lind avait également constitué un autre groupe de marins malades mangeant seulement la nourriture habituelle sur les navires : il allait aussi les observer et ils lui serviraient de groupe contrôle.

L'inclusion des oranges et des citrons parmi les remèdes testés était un pur hasard. Il y avait bien eu, auparavant, un petit nombre d'observations selon lesquelles les citrons semblaient améliorer les symptômes du scorbut, la plus ancienne remontant à 1601 ; mais les médecins de la fin du dix-

huitième siècle devaient sûrement regarder les fruits comme un remède bizarre. Si l'expression de « médecine alternative » avait existé du temps de Lind, alors, ses collègues auraient pu attacher aux oranges et aux citrons l'étiquette de « thérapeutique alternative », dans la mesure où il s'agissait de remèdes naturels qui n'étaient explicables par aucune théorie plausible à l'époque, et où, par conséquent, ces fruits avaient toute chance d'être vus sous un jour défavorable, par comparaison aux autres thérapeutiques alors admises.



James Lind (1716-1794)

L'essai clinique commença et Lind attendit de voir quels marins allaient guérir, à supposer qu'il y en ait. Le test était prévu pour durer quatorze jours ; mais les réserves en citron sur ce bateau se trouvèrent épuisées au bout de six jours seulement, de sorte que Lind se vit dans l'obligation de tirer ses conclusions sur la base des résultats obtenus au bout de ce bref laps de temps. Par bonheur, la conclusion se manifestait déjà avec évidence, car les marins qui avaient consommé les oranges et les citrons s'étaient presque complètement rétablis, ce qui était remarquable. Tous les autres patients continuaient à souffrir du scorbut, à l'exception de ceux qui avaient bu du cidre et qui montraient de légers signes d'amélioration. C'est probablement parce que le cidre peut aussi contenir de petites quantités de vitamine C, selon la façon dont il est obtenu.

En contrôlant des variables telles que l'environnement et l'alimentation, Lind avait ainsi démontré que les oranges et les citrons représentaient le remède fondamental pour guérir le scorbut. S'il est vrai que le nombre de patients inclus dans son essai était vraiment petit, les résultats qu'il avait obtenus étaient convaincants. Bien entendu, il ne savait pas du tout que ces fruits sont riches en vitamine C, ni que cette dernière joue un rôle fondamental dans la production du collagène au sein de l'organisme, mais cela n'avait pas d'importance : ce qui comptait avant tout était que ce traitement conduisait à la guérison. Démontrer qu'une thérapeutique est efficace est la priorité numéro un en médecine ; on peut laisser ensuite à des recherches ultérieures le soin d'expliquer le détail des mécanismes sous-jacents.

Si Lind avait effectué son essai clinique au vingt-et-unième siècle, il aurait rapporté ses résultats à l'occasion d'un important congrès, puis les aurait publiés dans un journal médical. D'autres scientifiques auraient ainsi pris connaissance de sa méthodologie et répété son essai clinique, de sorte qu'au bout d'un an ou deux, un consensus international se serait établi sur la capacité des oranges et des citrons à guérir le scorbut. Malheureusement, la communauté médicale au dix-huitième siècle était relativement éparpillée, de sorte que l'information sur les percées en médecine était souvent mal diffusée. ■

Sense about science

« Je ne sais pas ce qu'il faut croire... »

Comprendre les questions scientifiques



Sense about science est une association britannique aux objectifs similaires à ceux de l'AFIS. Elle a été fondée en 2001 en réaction au traitement médiatique de l'époque autour de la vaccination ROR et des dangers allégués de la

téléphonie mobile dans un contexte où les connaissances scientifiques et la démarche scientifique étaient dénaturées. Dans le cadre de ses nombreuses actions pour réhabiliter l'exigence d'une information fondée sur les faits, elle a élaboré ce petit guide qui s'adresse à ceux qui, à travers les médias, suivent les débats scientifiques ou médicaux. Il explique comment les scientifiques présentent et évaluent leurs recherches et de quelle manière chacun peut questionner l'information scientifique qui lui est présentée.

En bref

Les scientifiques ont mis en place un système pour évaluer la qualité de leurs travaux avant qu'ils ne soient publiés. Ce système consiste en une **évaluation par les pairs** (*peer review* en anglais) dans le cadre de publications à **comité de lecture**.

Une évaluation par les pairs signifie que d'autres spécialistes du domaine vérifient la **validité, l'importance et l'originalité** des travaux présentés, ainsi que la clarté de l'exposé.

Les éditeurs des journaux scientifiques s'appuient sur un important cercle d'experts capable d'examiner les articles avant de décider de leur publication.

De nombreuses affirmations que l'on peut lire dans les journaux, trouver sur Internet ou entendre à la télévision ou à la radio ne reposent sur aucune étude publiée dans une revue à comité de lecture.

Si certaines de ces études peuvent finalement se révéler valides, la plupart s'avèrent erronées ou incomplètes. Tel est le cas, par exemple, des nombreuses promesses de « remèdes miracles » ou de l'annonce de « nouveaux dangers » qui n'arrivent jamais à personne.

Une étude non publiée dans une revue à comité de lecture n'est utile à personne : les scientifiques ne peuvent pas reproduire l'expérience ni même en utiliser les résultats. Et, pour prendre des décisions concernant, par exemple, la sécurité et la santé, la société ne peut pas se baser sur des travaux qui ont une grande chance d'être erronés.

Sensationnelle ou attirante ? Peu importe. Face à l'affirmation d'un résultat scientifique ou médical, vous devez toujours demander :

S'agit-il d'une étude évaluée par les pairs ? Sinon, pourquoi ?

Si une étude a été évaluée par les pairs, vous pouvez chercher à en savoir plus : ce qu'en disent les autres scientifiques, la taille et la méthode de l'étude et si elle fait partie d'un ensemble de preuves qui tendent toutes vers les mêmes conclusions.

Comment comprendre les questions scientifiques ?

Journaux, radio, télévision, Internet : tous les jours, nous sommes bombardés d'informations médicales ou scientifiques. Comprendre tout cela peut s'avérer très difficile. Qu'est-ce qui doit être pris au sérieux ? Qu'est-ce qui ne sert qu'à faire peur ? On dit parfois que les scientifiques ne sont pas d'accord entre eux. Comment savoir ce qu'il faut croire ?

Pour décider des résultats qui peuvent être publiés dans les journaux spécialisés, les scientifiques ont mis en place un système appelé **évaluation par les pairs** (*peer review* en anglais). Ce système consiste à soumettre les résultats des recherches avant qu'ils ne soient rendus publics à l'examen indépendant d'autres experts du domaine (les pairs).

L'évaluation par les pairs peut vous aider à comprendre les questions scientifiques qui sont discutées. Elle vous indique que les travaux présentés ont été examinés par d'autres scientifiques et sont considérés comme **valides, significatifs et originaux**.

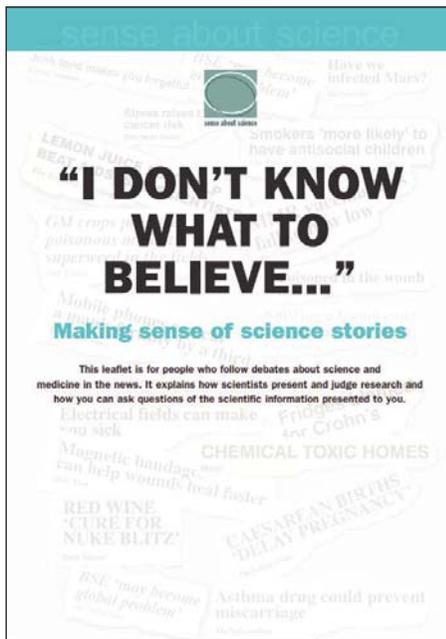
L'évaluation par les pairs signifie que des annonces faites dans des journaux scientifiques sont de nature très différente d'autres annonces ou affirmations, telles que celles faites par les politiciens, les éditorialistes, ou les groupes de pression. La science est donc bien plus qu'une simple opinion.

L'évaluation par les pairs

Lorsqu'un chercheur ou une équipe de chercheurs achèvent une phase importante de leur travail, il est habituel qu'ils écrivent un article présentant les résultats obtenus, la méthode utilisée et les conclusions qu'ils tirent. Ils soumettent alors leur texte à une revue scientifique pour publication.

Si l'éditeur de la revue estime que l'article relève bien de son journal, il l'envoie à d'autres experts du domaine en leur demandant de :

- Commenter sa validité – les résultats de la recherche sont-ils crédibles, la méthodologie et le modèle sont-ils appropriés ?
- Juger sa portée – s'agit-il d'une découverte importante ?
- Déterminer son originalité – les résultats sont-ils nouveaux ? L'article référence-t-il correctement les travaux antérieurs d'autres scientifiques ?
- Dire si, selon eux, l'article doit être publié dans la revue, amélioré, ou rejeté (le plus souvent pour être soumis à une autre revue).



Les revues qui mettent en œuvre ce processus sont désignées comme des revues « à comité de lecture ». Les scientifiques (pairs) qui évaluent les articles sont appelés les relecteurs.

Les scientifiques ne tirent jamais de conclusions définitives à partir d'un seul compte rendu ou d'un seul ensemble de résultats. Ils considèrent la contribution apportée dans le contexte d'autres travaux et de leur propre expérience. Habituellement, il faut plus d'une publication pour que des résultats soient considérés comme prouvés ou acceptés comme consensuels.

Le monde de la publication scientifique

Pour faire progresser la connaissance, les scientifiques doivent partager leurs découvertes avec leurs collègues. La principale façon de faire est de publier les résultats des recherches dans des revues scientifiques – des publications périodiques dont la vocation est le développement de la science en faisant connaître les nouvelles études.

Les éditeurs de revues reçoivent bien plus d'articles qu'ils ne peuvent en publier. Ils mettent donc en œuvre un processus de sélection en deux temps. Tout d'abord, ils vérifient que la publication est conforme à leur ligne éditoriale (certaines revues sont spécialisées dans la recherche fondamentale, d'autres sont spécialisées sur un domaine, etc.).

Ensuite, l'article est transmis pour évaluation par les pairs qui vont vérifier si les résultats présentés sont valides, significatifs et originaux.

Publier dans une revue fait partie intégrante du métier de chercheur.

Cela :

- met en relation les chercheurs intéressés par les mêmes thématiques et les informe des derniers résultats – un article publié est lu par des scientifiques partout dans le monde.
- permet d'archiver au fur et à mesure ce qui a été découvert, quand et par quels scientifiques, constituant ainsi une sorte de registre de la connaissance scientifique.
- aide les scientifiques à promouvoir leurs travaux et gagner en reconnaissance auprès des sources de financement, des investisseurs et des institutions.
- montre la qualité des travaux des chercheurs, évalués positivement par les pairs comme étant valides, significatifs et originaux.

Le saviez-vous ?

Il existe environ 21 000 journaux académiques et scientifiques à comité de lecture (qui mettent en œuvre l'évaluation par les pairs). La plupart sont des revues scientifiques, techniques ou médicales qui publient ainsi plus d'un million d'articles chaque année.

Le financement et l'accessibilité des revues scientifiques

La plupart des revues tirent leurs revenus des abonnements. Certaines bénéficient de subventions, des retombées de l'organisation de conférences ou de la publicité. Beaucoup sont accessibles sur Internet et de plus en plus mettent ce contenu en ligne en libre accès après un certain temps, en général un an.

Des modèles de financement alternatifs voient le jour, comme le paiement par les scientifiques eux-mêmes des coûts d'évaluation et de publication des articles, permettant une mise à disposition gratuite. Moins de 1% des articles sont publiés de cette façon.

Par ailleurs...

L'évaluation par les pairs des demandes de subvention

L'évaluation par les pairs est également utilisée dans le cadre des demandes de subventions pour des programmes de recherche. Les organismes financeurs, qu'ils soient publics, privés ou caritatifs, sollicitent l'avis d'experts avant d'accepter de financer une étude. Dans ce cas, ce qui est évalué, c'est le potentiel de l'étude à produire des résultats qui aident l'organisme à atteindre ses objectifs, en se fondant sur la meilleure science.

Comment savoir si des affirmations reposent sur des études évaluées par les pairs ?

Cela peut être difficile !

Une référence complète ressemble souvent à quelque chose comme ceci :

Fellers J H and Fellers G M (1976); "Tool use in a social insect and its implications for competitive interactions". Science, 192, 70-72.

... ou à ceci :

Hedenfalk I, Duggan D, Chen Y, et al. ; "Gene-expression profiles in hereditary breast cancer". N Engl J Med, 2001; 344: 539-48

Il est probable que vous entendrez parler de nouvelles études par les grands médias d'information où il y a peu de place, ou peu d'intérêt, à mettre les références complètes. Mais un bon journaliste, en général, précise si les résultats ont été publiés et mentionnera le nom du journal.

Il vous est possible, pour vous en assurer, de vous reporter à des articles plus détaillés, par exemple dans des revues de vulgarisation scientifique dont la plupart ont des éditions en ligne. Ceci peut aussi aider à savoir si les affirmations reportées reflètent bien les résultats réels de l'étude.

Plus nous demanderons si un papier a été évalué par les pairs, plus les journalistes et les commentateurs se sentiront obligés de préciser cette information.

Il n'existe pas de liste exhaustive de journaux à comité de lecture, mais il est possible de regarder ceux recensés par le service EurekaAlert de l'Advancing science serving society (AAAS) : www.eurekaalert.org/links.php?jrnl=A D'autres sources d'information vous permettant d'évaluer le statut d'études sont présentées à la fin de ce petit guide.

Les scientifiques utilisent l'évaluation par les pairs. Et alors ?

Quand des résultats d'études ont été évalués par les pairs et publiés dans une revue scientifique, cela indique qu'elles sont suffisamment valides, significatives et originales pour mériter l'attention des autres chercheurs. L'évaluation par les pairs est une frontière essentielle pour discerner ce qui est scientifique de ce qui n'est que conjecture et opinion. La plupart des chercheurs font la différence entre leurs découvertes évaluées par les pairs et leurs opinions plus générales.

Cela semble bien, mais après ? La publication d'un article évalué par les pairs n'est qu'une première étape: les découvertes, et les théories qui les accompagnent doivent être testées à nouveau et confrontées à d'autres travaux dans le même domaine. Les conclusions de certains articles seront contestées ou seront révisées sur la base de nouvelles études s'appuyant sur davantage de données collectées. À l'image des produits grand-public qui peuvent afficher un label qualité, la mention « évalué par les pairs » assure qu'une étude scientifique a été conduite et présentée selon des standards reconnus par l'ensemble des scientifiques.

Les défis de l'évaluation par les pairs

Pourquoi pas simplement une liste de points à vérifier ?

On ne peut pas évaluer un article de recherche comme on fait un contrôle technique d'une voiture ou que l'on corrige un exercice de math. Les nouvelles recherches ont souvent des caractéristiques propres qui n'entrent pas facilement dans des listes prédéfinies. Elles nécessitent un jugement expert sur leur validité, leur importance et leur originalité.

L'évaluation par les pairs détecte-t-elle les fraudes et les erreurs ?

L'évaluation par les pairs n'est pas un système de détection de fraudes. Les relecteurs peuvent probablement détecter des fautes, comme le plagiat ou la mauvaise présentation de données, car ils connaissent leur domaine de recherche. Ils savent quelles recherches ont déjà été effectuées, et le genre de résultats probables. Néanmoins, si quelqu'un fausse délibérément les données, il n'y a parfois aucune façon de le savoir jusqu'à ce que l'article soit publié et que d'autres personnes, dans la communauté scientifique, l'examinent minutieusement et, dans certains cas, tentent de reproduire les travaux.

La science non-conformiste est-elle rejetée par l'évaluation par les pairs ?

Parfois, les gens s'inquiètent que les nouvelles idées ne seront pas com-

prises pas les autres chercheurs (cela dit, c'est également une excuse donnée par des chercheurs ne voulant pas se soumettre à l'évaluation de leurs pairs). Il est vrai que des relecteurs peuvent être prudents sur des découvertes peu communes et d'importantes intuitions peuvent être négligées. Mais si quelqu'un a fait une découverte vraiment exceptionnelle, les autres scientifiques seront les premiers à le reconnaître, en distinguant ces travaux des affirmations erronées ou exagérées. Les éditeurs aiment les idées nouvelles et les publications scientifiques ont mis en lumière des milliers de découvertes importantes.

L'évaluation par les pairs ne freine-t-elle pas l'avancée de la connaissance ?

Dans notre monde de communications instantanées et d'informations en continu, la volonté délibérée de mettre en œuvre un processus comme celui de l'évaluation par les pairs peut paraître frustrante et d'une lenteur décourageante. La communication électronique améliore les choses, mais une bonne évaluation des recherches nécessite du temps. Parfois, des gens justifient la promotion de découvertes non publiées en disant qu'elles sont trop importantes pour qu'on attende. Bien que certains articles prennent des mois à être évalués et améliorés, dans le cas d'une percée majeure, le processus peut être achevé en quelques semaines. De plus, si les résultats sont très importants – par exemple quand ils concernent la santé publique – il est avant toute chose indispensable de les vérifier par l'évaluation par les pairs.

Remerciements. *Sense about science* tient à remercier les sponsors, les différentes organisations (en particulier le *Cancer Research UK*, l'*Asthma UK*, le *Migraine Trust and Action Medical Research*), les parlementaires, les fonctionnaires du gouvernement britannique, les institutions éducatives, les enseignants, étudiants, docteurs, pharmaciens, organismes scientifiques et tant d'autres pour leur aimable contribution, leur temps et leurs idées. *Sense About Science* est seul responsable du contenu de ce guide. Ce guide édité en anglais en 2006 a été traduit en 2015. Cette version française est due à Samuel Leuenberger, Tim Leydecker, Gaël Schaeffer, Jessica Hadley avec l'aide de l'Association française pour l'information scientifique (AFIS) et la revue *Science et pseudo-sciences* en accord avec *Sense about science*. *Sense about science* ne peut en aucun cas être responsable de l'exactitude et de l'intégrité de la traduction, ni pour les actions qui pourraient en résulter. Les seules publications de *Sense about science* agréées sont celles publiées en langue anglaise.

Pour aller plus loin. *Sense about science* : pour en savoir plus sur l'évaluation par les pairs, vous pouvez visiter le site Internet *Sense about science* où une section lui est dédiée. Dans cette section, il est possible de télécharger gratuitement d'autres documents comme par exemple « Peer Review and the Acceptance of New Scientific Ideas (2004) », une version numérique de ce guide, des ressources éducatives additionnelles et des informations sur la « Peer Review Survey 2009 », la plus grande enquête sur l'évaluation par les pairs. Pour demander des copies supplémentaires de ce guide, merci d'envoyer un courriel à : publications@senseaboutscience.org www.senseaboutscience.org/peerreview. Association of Medical Research Charities : L'AMRC possède une page Internet sur la revue par les pairs des demandes de financement de recherche : www.amrc.org.uk/temp/Aboutsppeerspreview.doc **Committee on Publication Ethics** : le comité d'éthique de la publication fournit des conseils pour les éditeurs ayant des difficultés à faire face à des problèmes liés à la recherche et l'éthique dans la publication scientifique : www.publicationethics.org.uk. **The National Electronic Library for Health** : la bibliothèque nationale électronique pour la santé possède des archives "Faire les gros titres" ("Hitting the headlines") où sont consignées les principales découvertes dans le domaine médical et leurs justifications scientifiques : www.library.nhs.uk. **The Science Media Centre** : le centre des médias scientifiques a publié un guide aidant les scientifiques à se préparer pour une interview ("Peer review in a nutshell") : www.sciencemediacentre.org/peer_review.htm

Copyright under Creative Commons Attribution-Noncommercial-No Derivative Works 2.0 UK: England & Wales. License. Publié par *Sense About Science* en février 2015. Utilisé avec la permission de *Sense About Science*. Afin d'obtenir la permission de traduire ou reproduire le document contacter enquiries@senseaboutscience.org. Blackwell Publishing, Elsevier.

Peut-on croire les publications scientifiques ?

Biais et embellissements polluent la science

Hervé Maisonneuve



Hervé Maisonneuve est médecin de santé publique. Il est consultant en rédaction scientifique et anime le blog www.redactionmedicale.fr. Il a partagé sa carrière entre des postes dans l'industrie pharmaceutique et des institutions publiques françaises. Il a été professeur associé en santé publique (Paris 7 et Paris 11). Il a été membre de comités de rédaction de revues biomédicales (*JAMA*, *La Presse Médicale*, *European Science Editing*), et président de *European Association of Science Editors* (1994-1997).

Ce texte repose partiellement sur des extraits d'une conférence « *Revue scientifique versus institutions : gestion des mauvaises pratiques !* » présentée le 18 juin 2016, lors du colloque international « *Recherche et action sur la fraude scientifique et le plagiat* », Université de Genève.

Depuis les années 2000, des experts attirent l'attention sur les dérives du système des publications. La délégation partielle aux revues de missions institutionnelles (évaluation des carrières, des équipes, allocation de ressources) a orienté la science vers des pratiques peu explicites. Cette délégation, non formalisée, est une habitude prise par les structures d'évaluation. La notoriété d'une revue (et non la qualité d'un article) est devenue un critère d'évaluation. Un dialogue de sourds existe entre revues et institutions, au détriment de la bonne science.

Les revues évaluent, enregistrent, diffusent et archivent le savoir

Depuis la fin du XVII^e siècle jusqu'au début des années 2000, le modèle des revues scientifiques était stable. Le système de l'évaluation par les pairs (*peer-review*) permettait de sélectionner les articles selon des directives éditoriales spécifiques à chaque revue. L'évaluation par les pairs a été confiée à des experts académiques. Un article accepté permettait à son auteur de prendre date et avait ainsi un rôle d'enregistrement des résultats d'une recherche. La diffusion des avancées de la science était une mission des revues. Le savoir était archivé dans les bibliothèques qui aidaient les chercheurs à sélectionner leurs lectures. Les revues étaient la propriété des sociétés savantes, avec parfois le soutien, voire la participation active, des maisons d'éditions. Ces quatre missions de la gestion du savoir (évaluation, enregistrement, diffusion, archivage) confiées aux revues ont attesté d'un équilibre entre les institutions de recherche, les sociétés savantes et les maisons d'édition [1].

Évaluation des carrières et allocations de ressources

Dans les années 1980, pour évaluer les chercheurs et allouer des ressources, les institutions ont utilisé un indicateur conçu pour estimer la notoriété des revues : le facteur d'impact. Cet indicateur a été inventé dans les années 1960 par un documentaliste américain afin d'aider ses confrères à choisir les abonnements et orienter les annonceurs. Les institutions ont fait confiance à cet indicateur, partant du principe que publier dans une revue à haut facteur d'impact était la reconnaissance de la qualité de la recherche. Des revues, avec la complicité des universitaires chargés d'évaluer les carrières et d'allouer des ressources, ont utilisé cet indicateur pour attirer des recherches dites innovantes. Ces revues n'étaient pas intéressées par la validité et la reproductibilité des travaux : l'innovation était le sésame pour publier. Il est devenu plus important de savoir dans quelle revue a été publié un article plutôt que d'évaluer les travaux dont il rend compte. Les dérives de la bibliométrie sont connues [2]. Les missions des revues n'ont jamais été d'évaluer des chercheurs, d'aider à l'allocation de ressources, ni de détecter les mauvaises pratiques [3].

Les conflits d'intérêts omniprésents au sein des revues

Ces conflits sont plutôt intellectuels que financiers. La sélection des articles est l'objet de négociations, de tractations entre les acteurs que sont les auteurs, les rédacteurs des revues, les relecteurs externes et les propriétaires des revues [3]. Ces conflits cachés sont rarement discutés : un rédacteur peut favoriser une école de pensée ; son choix des relecteurs est déjà une orientation de la décision ; le conseil d'administration de la société savante nomme le rédacteur en chef et lui impose quelques règles non écrites ; des mauvais articles pouvant attirer des citations sont acceptés ; des articles allant dans le sens d'idées dominantes sont parfois acceptés alors qu'ils reposent sur de petits échantillons avec des méthodes notoirement inadaptées... Sans parler des cartels de rédacteurs qui s'entendent pour citer des revues amies, des ententes implicites entre auteurs et relecteurs complaisants, etc.



Paul Delaroche (1797 - 1856)

**La Renommée distribuant
des couronnes**

Hémicycle de l'École des
Beaux-Arts de Paris

Fraude	Pratiques discutables en recherche	Méconnaissance méthodologique
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fabrication ▪ Falsification ▪ Plagiat 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ « Torture » ou « massage » des données ▪ Changement du critère de jugement ▪ Choix sélectif / omission de données ▪ Références erronées ▪ Changement de tests statistiques ▪ P-Harking (<i>Hypothesizing After Results are Known</i>) ▪ Manipulation d'images ▪ Paternité des articles : conflits d'auteurs ▪ Études animales trompeuses ▪ Non-publication de recherches financées ▪ Résumés, communiqués de presse embellis ▪ ... 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Méthodes « faibles » ▪ Méthodes inappropriées ▪ Échantillon trop faible ▪ Erreurs statistiques ▪ Pas de recherche documentaire avant la recherche ▪ Non respect de réglementations
Intentionnel		Non intentionnel

Les bonnes pratiques en recherche sont en général explicitement formulées dans des guides adaptés aux domaines de recherche. Il existe des comportements déviants par rapport aux bonnes pratiques : la fraude, les pratiques discutables en recherche, et la méconnaissance méthodologique. La fraude (falsification, fabrication de données et plagiat) est toujours intentionnelle. La méconnaissance méthodologique résulte souvent d'une formation ou d'un encadrement insuffisants pour faire des recherches. Elle est le fait de chercheurs honnêtes.

Les pratiques discutables en recherche sont silencieusement tolérées par la communauté scientifique. Ce sont de petits arrangements avec la méthodologie, le plus souvent pour « embellir » les résultats. Ces « arrangements » sont parfois utiles (des données aberrantes explicitement exclues ; une analyse *a posteriori* explicitement faite). Des chercheurs honnêtes glissent progressivement sous la pression pour publier ou obtenir des crédits de recherche. Ce qui n'est pas acceptable, c'est que les auteurs ne sont pas transparents sur des pratiques cachées intentionnellement. Les biais ne sont pas des pratiques discutables en recherche. La liste des exemples est longue, et une littérature importante existe [4]. Le développement des mesures en faveur de l'intégrité scientifique, de la recherche responsable, et la recherche ouverte (*open access*, *open data*, *open sources*) devraient diminuer les pratiques discutables en recherche. Figure adaptée de Seror et Ravaud. *La Presse Médicale*, 2012, 41:835-840.

Les pratiques discutables en recherche

Des pratiques discutables se situent entre les bonnes pratiques de recherche et la malveillance scientifique (falsification, fabrication de données, plagiat) [4]. De nombreux exemples ont été décrits dans toutes les disciplines.

Ces pratiques sont mises en évidence lors de la publication des recherches (*peer-review*) ou après (post-publication *peer review*).

Qualification des auteurs

Les pratiques discutables les plus fréquentes sont probablement l'attribution de la paternité des œuvres, autrement dit la liste et l'ordre des auteurs des publications [5]. La littérature est abondante, avec des exemples d'auteurs honoraires ou cadeaux (ajoutés volontairement sur un article), et d'auteurs fantômes (oubliés sur un article). La prévalence des auteurs honoraires et fantômes est importante : 21 % des 630 arti-



Le colporteur (Anonyme, XVII^e siècle)

cles des six revues biomédicales les plus prestigieuses avaient en 2008 des auteurs n'ayant aucune qualité pour s'attribuer la paternité d'un travail, ou des auteurs oubliés [6]. La prévalence des auteurs fantômes est en baisse rapide concernant les rédacteurs professionnels des milieux industriels [6]. La bonne pratique est de remercier les rédacteurs professionnels explicitement. Aucune donnée n'existe pour les auteurs fantômes de milieux académiques (ce thésard qui a fait tout le travail et qui est oublié !).

Un quart des références comportent des erreurs

Cet aspect n'attire pas l'attention des chercheurs et des revues, tant la pratique de la citation a été manipulée pour diverses raisons. Les faits sont clairs : une analyse de 7321 citations, compilant des données dans vingt-huit articles sur la qualité des références, a montré que 25,4 % des références avaient des erreurs, soit majeures 11,9 %, soit mineures 11,5 % [7].

La mauvaise qualité des statistiques

Les pratiques des chercheurs dans le domaine de la statistique sont parfois très mauvaises. Trop d'articles ne font pas appel à un statisticien, ressource rare dans certaines équipes. Les chercheurs font leurs propres analyses statistiques, et des erreurs existent. Des études sur de grands échantillons ont montré qu'il y avait environ 10 à 12,5 % d'erreurs graves mettant en cause la conclusion des articles [8,9].

L'effet chrysalide ou embellissement de données

Deux méthodes sont connues pour métamorphoser de piteux résultats en beaux articles : proposer des hypothèses *a posteriori* pour qu'elles correspondent aux données obtenues et torturer les données pour qu'elles répondent aux hypothèses [10]. Des publications ont mis en évidence ces pratiques, en comparant les protocoles de recherche (quand ils existent) avec les publications [11], ou en comparant les thèses avec les publications [10]. Il est admis que tout ne soit pas publié, mais la transparence nécessite de dire quelles hypothèses du protocole ont été publiées, lesquelles n'ont pas été publiées, et lesquelles ont été proposées après l'observation des résultats.

Les manipulations d'images

En biologie, la manipulation d'images est fréquente [12]. Des scandales ont mis en évidence de telles manipulations, concernant le plus souvent des résultats de biologie (chromatographie, *western blots*). Des revues prestigieuses en biologie ont un processus de relecture des images. Pour les quatre

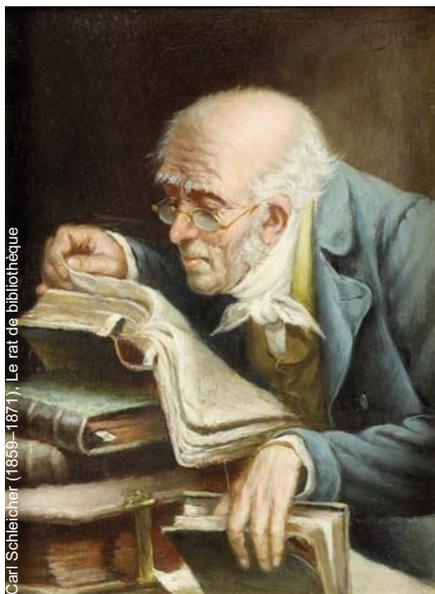
revues EMBO (*European Molecular Biology Organization*), environ 20 % des articles sur le point d'être acceptés ont révélé des manipulations des images [12]. La plupart étaient des embellissements dits naïfs qui ont été rectifiés. Environ 1 % étaient des manipulations conduisant au rejet du manuscrit.

Les dérives du chercheur honnête

Ces pratiques sont admises silencieusement dans la communauté scientifique. Ce sont des chercheurs honnêtes qui emploient ces petits arrangements avec la vérité, sans se cacher des collègues, voire avec complaisance : « *tous les autres font pareil* ». Des sociologues ont expliqué ces glissements progressifs du chercheur [10] : des recherches apportent des résultats dits négatifs néanmoins intéressants, voire allant à l'encontre de théories admises ; les comités de rédaction des revues refusent les articles basés sur ces données jugées peu innovantes ; après plusieurs tentatives, la carrière du chercheur stagne car les publications ne suivent pas ; le chercheur devient progressivement agressif contre les relecteurs anonymes et les rédacteurs des revues ; son niveau de vie ne progresse pas comme prévu ; il essaie alors de légèrement embellir la vérité pour être publié ; progressivement, quelques publications sont acceptées, bien sûr avec des embellissements connus des collègues... Rien de mal, il faut publier ! La frontière entre la réalité de la recherche et la vitrine des publications est floue.

Fiabilité et reproductibilité de la recherche

Les liens entre pratiques discutables en recherche et reproductibilité sont difficiles à explorer. Est-ce que la difficulté à reproduire des résultats est inhérente à la science ? Un séminaire de quatre-vingts experts réunis un jour en Angleterre a examiné la fiabilité et la reproductibilité des recherches biomédicales [13]. Ils ont identifié six problèmes expliquant la mauvaise reproductibilité, toujours à partir de l'évaluation des publications : (1) la recherche d'hypothèse *a posteriori* pour justifier une différence statistiquement significative ; (2) l'omission des résultats « négatifs » ; (3) les études de puissance insuffisante ; (4) les erreurs ; (5) les méthodes insuffisamment décrites ; (6) les méthodes expérimentales faibles. En mai 2016, la revue *Nature* [14] a publié les résultats d'une enquête auprès de 1576 chercheurs (chimie, physique, sciences de la terre, biologie, médecine, autres). Plus de 70 % d'entre eux ont essayé, sans succès, de reproduire les expériences d'un collègue, et plus de 50 % ont échoué pour reproduire leurs propres expé-



Carl Schlegel (1856-1871). Le rat de bibliothèque



Adaptation des oeuvres de Joos van Cleve et Albrecht Dürer, Saint Jérôme à Lisbonne

riences. Cela ne veut pas dire que la littérature est fausse, mais les facteurs suggérés par les chercheurs étaient : publications sélectives des données, pression pour publier, faible puissance statistique, absence de reproduction au sein du laboratoire d'origine, supervision insuffisante des jeunes chercheurs, méthodes et codes non disponibles, mauvaises méthodes, données sources non disponibles, fraude, et *peer-review* insuffisant.

De rares rédacteurs osent dire que la qualité de la littérature est mauvaise

Le rédacteur en chef du *Lancet* s'est permis d'écrire un éditorial explicite, dont nous avons traduit quelques phrases [15] : « *La mise en accusation de la science est simple : une grande partie de la littérature scientifique, peut-être la moitié, peut tout simplement être fausse. Gangrénée par des études avec de petits échantillons, des effets minuscules, des analyses exploratoires invalides et des conflits d'intérêts évidents, associée à une obsession de poursuivre les tendances à la mode d'importance douteuse, la science a pris un virage vers l'obscurantisme. Comme l'a dit un participant, "des méthodes nulles donnent des résultats" [...]. L'endémicité apparente du mauvais comportement en recherche est alarmante. Dans leur quête pour raconter une histoire convaincante, les scientifiques sculptent trop souvent leurs données en fonction de leur vision préférée du monde. Ou ils réajustent les hypothèses pour correspondre à leurs données [...]. Les rédacteurs de revues méritent également leur juste part de critiques. Nous aidons et encourageons les pires comportements. Notre soumission aux facteurs d'impact engendre une concurrence malsaine pour accéder au cercle restreint d'un petit nombre de revues privilégiées. Notre amour de "l'importance" pollue la littérature avec beaucoup de contes de fée statistiques. [...] Les revues ne sont pas les seules en tort. Les universités sont dans une lutte perpétuelle*

à la recherche de financements et de talents, ce qui pousse à l'utilisation d'indicateurs réducteurs, comme les publications dans les revues avec un facteur d'impact important. Les procédures nationales d'évaluation [...] incitent aux mauvaises pratiques. Et les chercheurs eux-mêmes, y compris la plupart de ceux en charge de responsabilités, font peu pour changer une culture de recherche qui occasionnellement frôle les mauvaises conduites. » Un aveuglement organisationnel : tous coupables !

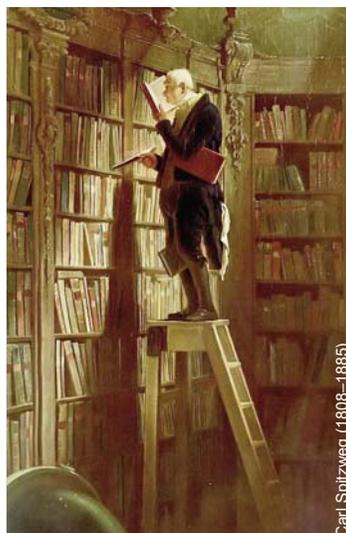
Toute la communauté scientifique semble aveugle et immobile ; les institutions et les revues s'accusent ; tous sont témoins de faits qui n'appellent pas de réactions ; dans la base de données *Medline*, sur 29 725 résumés d'articles des revues cliniques prestigieuses, 33 % des résumés contenaient des statistiques et la plupart avaient un résultat « *statistiquement significatif* » (est-ce la réalité de la science ?) [16] ; les données dites « positives » sont parfois publiées plusieurs fois alors que les données dites « négatives » ne sont pas toujours publiées ; des enquêtes et consensus d'experts ont montré qu'environ 50 % des articles sont embellis et ne reflèteraient pas les données observées, et qu'environ 50 % des recherches publiées ne sont pas reproductibles [13,14].

Un dialogue de sourds entre institutions et revues scientifiques

Qui sont les responsables de cette situation ? Des universitaires pensent sincèrement que tout est de la faute des revues scientifiques qui travaillent mal. Les comités de rédaction de revues pensent que si les institutions faisaient bien leur travail, ils ne devraient recevoir que des manuscrits de qualité, pré-évalués par les institutions. Il y a du vrai de part et d'autre. Dialogue de sourds à l'évidence. Il est facile de dire que les revues font très mal l'évaluation par les pairs ; c'est vrai, mais ce sont des universitaires qui font ces relectures. Il est facile de dire que les universitaires soumettent des manuscrits de médiocre qualité ; c'est vrai, mais ces revues les publient quand même.

Il faut publier moins, et des articles de qualité avec des données ouvertes

Il existe une pollution de littérature scientifique causée par la course à la publication, et cette situation n'est pas toujours reconnue par la communauté scientifique. Quelques chercheurs osent expliquer qu'il faudrait diminuer la pression pour publier afin d'éviter une dégradation de la qualité des articles [17]. Ils commencent à être entendus. Les articles sont une représentation déformée de la réalité de la recherche. La révolution de la recherche ouverte pourrait apporter des améliorations avec la mise en ligne de toutes les données « *Open access / Open data / Open source* » [18]. L'ouverture de toutes les



Carl Spitzweg (1808-1885)

données est indispensable et devrait changer la communication scientifique : protocoles en ligne, accès aux données sources, accès aux avis des relecteurs, commentaires rapides des articles (« *post-publication peer-review* »), correction des erreurs, rétractation des articles, etc.

Une excellente nouvelle a été la publication d'un rapport en France sur l'intégrité scientifique [19]. Ce rapport contient seize propositions, avec la suggestion de créer un Office français d'intégrité scientifique (OFIS). Mais restons à la fois sceptiques (qui va mettre en œuvre ces recommandations ?) et confiants (car évoquer les pratiques discutables en recherche est possible). ■

Références

- [1] Ware M, Mabe M. The STM report. "An overview of scientific and scholarly journal publishing". *International Association of Scientific, Technical and Medical Publishers*, 4^e édition, mars 2015. Sur le site www.stm-assoc.org (consulté le 20 août 2016).
- [2] Maisonneuve H. « L'autosuffisance des dictateurs du facteur d'impact cache leur ignorance de la bibliométrie ». *Médecine Thérapeutique*, 2015, 21:77-79.
- [3] Maisonneuve H. « Le management des erreurs et fraudes scientifiques par les revues biomédicales : elles ne peuvent pas se substituer aux institutions ». *Presse Médicale*, 2012, 41:853-860.
- [4] Banks GC, O'Boyle Jr EH, Pollack JM, White CD, Batchelor JH, Whelpley CE, et al. "Questions about questionable research practices in the field of management: a guest commentary". *J Management*, 2016, 42:5-20.
- [5] Marušić A, Bošnjak L, Jerončić A. "A systematic review of research on the meaning, ethics and practices of authorship across scholarly disciplines". *Plos One*, 2011, 6(9): e23477.
- [6] Wislar JS, Flanagan A, Fontanarosa PB, DeAngelis CD. "Honorary and ghost authorship in high impact biomedical journals: a cross sectional survey". *BMJ*, 2011, 343:d6128.
- [7] Jergas H, Baethge C. "Quotation accuracy in medical journal articles – a systematic review and meta-analysis". *PeerJ*, 2015, 3:e1364.
- [8] Veldkamp CL, Nuijten MB, Dominguez-Alvarez L, van Assen MA, Wicherts JM. "Statistical Reporting Errors and Collaboration on Statistical Analyses in Psychological Science". *Plos One*, 2014, 9(12):e114876. doi :10.1371/journal.pone.0114876
- [9] Nuijten MB, Hartgerink CH, van Assen MA, Epskamp S, Wicherts JM. "The prevalence of statistical reporting errors in psychology (1985-2013)". *Behav Res Methods*, 2015 Oct 23 [Epub ahead of print].
- [10] O'Boyle Jr EH, Banks GC, Gonzalez-Mulé E. "The Chrysalis effect. How ugly initial results metamorphosize into beautiful articles". *J Management*, 2014 March 19 [Epub ahead of print]. doi :10.1177/0149206314527133
- [11] The COMPare Trials Project. Goldacre B, Drysdale H, Powell-Smith A, Dale A, Milosevic A, Slade E, et al. Sur le site www.COMPar-trials.org (consulté le 20 août 2016).
- [12] Van Noorden R. "The image detective who roots out manuscript flaws. Jana Christopher discusses her job as a data integrity analyst at EMBO Press". *Nature News*, 2015 June 12. Sur le site www.nature.com (consulté le 20 août 2016).
- [13] Academy of Medical Sciences, BBSRC, MRC, Wellcome Trust. "Reproducibility and reliability of biomedical research: improving research practice". Symposium report, October 2015. Sur le site www.acmedsci.ac.uk (consulté le 20 août 2016).
- [14] Baker M. "Is there a reproducibility crisis? A Nature survey lifts the lid on how researchers view the 'crisis' rocking science and what they think will help". *Nature*, 2016, 533:452-454.
- [15] Horton R. "Offline: what is medicine's 5 sigma?" *Lancet*, 2015, 385:1380.
- [16] Chavalarias D, Wallach JD, Li AH, Ioannidis JP. "Evolution of reporting P values in the biomedical literature, 1990-2015". *JAMA*, 2016, 315(11):1141-1148.
- [17] Sarewitz D. "The pressure to publish pushes down quality". *Nature*, 2016, 533:147.
- [18] McKiernan EC, Bourne PE, Brown CT, Buck S, Kenall A, Lin J, et al. "How open science helps researchers succeed". *eLife*, 2016, 10.7554/eLife.16800
- [19] Corvol P. « Bilan et propositions de mise en œuvre de la charte nationale d'intégrité scientifique ». Rapport remis le 29 juin 2016 à Thierry Mandon, Secrétaire d'État chargé de l'enseignement supérieur et de la recherche. Sur le site www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/ (consulté le 20 août 2016).

Les simplificateurs de π

Jean-Paul Delahaye



Jean-Paul Delahaye est professeur émérite d'informatique à l'Université de Lille, et chercheur au Centre de Recherche en Informatique, Signal et Automatique de Lille, UMR CNRS.

Le nombre π (le périmètre d'un cercle de diamètre 1) peut se calculer de mille façons différentes par des formules de toutes sortes : limites de suites particulières (qui par exemple convergent vers la longueur du périmètre d'un cercle de diamètre 1 ; c'est l'idée de la méthode d'Archimède), inté-

grales (donnant par exemple l'aire d'un disque de rayon 1), séries infinies, produits infinis, etc. Toutes ces formules et méthodes conduisent au même résultat, ce que l'on démontre. On peut aussi le constater en calculant dans chaque cas 10, 100, 1000 ou beaucoup plus de décimales et en comparant. Personne ne peut douter aujourd'hui que :

$\pi = 3,1415926535\ 8979323846\ 2643383279\ 5028841971\ 6939937510\dots$

Cependant, π reste compliqué, et l'être humain, qui – avec raison – cherche à simplifier tout ce qui peut l'être, rêve de formules plus simples que toutes celles connues.

Dans la Bible [1], de manière indirecte on trouve la valeur $\pi = 3$. C'est une belle simplification, mais il ne s'agit pas d'un texte mathématique et il n'est pas certain que le passage qu'on interprète de cette façon signifiait vraiment pour ses auteurs que $\pi = 3$.

Un authentique simplificateur de π est Edward Johnson Goodwin qui a presque réussi à faire adopter une loi pour imposer ses « découvertes ». En 1897, il mena une série de raisonnements et de calculs dont l'un donnait $\pi = 3,2 = 16/5$. Il proposa à l'État d'Indiana d'en faire une constante officielle pour simplifier la vie de tous. L'intention était louable. Heureusement, il échoua [2].

Un peu après la parution de mon livre sur π [3], en 1997, j'ai reçu une dizaine de lettres d'un mathématicien amateur du midi de la France qui me proposait une valeur de π assez simple :

$$\pi = \sqrt[4]{\frac{2143}{22}} = 3.1415926525\ 8264612520\dots$$

Je tentais en vain de le ramener à la raison : son expression faisait de π un nombre algébrique (solution d'une équation polynomiale à coefficients entiers), alors qu'on a démontré, il y a plus d'un siècle, que π est transcen-



dant – donc n’est pas algébrique [4]. La formule de mon correspondant donnait aussi une solution au problème de la quadrature du cercle, qui n’en a pas¹. Ce qui m’avait frappé était la conviction très forte de l’auteur, la confusion de ses arguments, et son hostilité à l’égard de l’autre π (celui de tout le monde) qu’il appelait avec insistance et hargne « l’usurpateur ». Ce simplificateur de π , à ma connaissance, ne parvint jamais à publier ses élucubrations qui sont donc restées dans ses dossiers et les miens.

Tout est publiable

Les temps ont changé et, grâce à Internet et à la multiplication récente de pseudo-journaux scientifiques, toute idée, aussi farfelue soit-elle, peut aujourd’hui trouver sa place sur le réseau et même comme article dans une revue prétendument scientifique. Toute folie est en mesure de se déclarer « validée par la communauté académique », ce qui trompera les journalistes peu attentifs et les amateurs mal informés, et parfois même certains scientifiques ignorants de cette évolution.

J’ai pris conscience de cette nouvelle situation en recevant il y a quelques mois un livre (en version pdf) que m’a fait parvenir son auteur. Jamais un simplificateur de π n’avait aussi bien réussi que ce Sarva Jagannadha Reddy qui se présente comme un *Retired Zoology Lecturer* habitant 19-42-S7-374, S.T.V. Nagar, Tirupati, 517 501, India.

Son livre écrit en anglais est intitulé *The Gayatri π value* [5]. Que l’on puisse publier n’importe quoi n’est pas une nouveauté : lui-même avait auparavant publié des livres sur Internet donnant sa version simplifiée de π . Et bien d’autres avant lui ont publié à compte d’auteur des solutions du problème de la quadrature du cercle. Ce qui m’a étonné est que le livre reçu est composé de la reproduction de quinze articles dont la plupart avaient auparavant été publiés dans des revues scientifiques d’apparence académiques : IOSR (*International Organization of Scientific Research*), *Journal of Mathematics*, *International Journal of Mathematics and Statistics Invention*, *International Journal of Engineering Inventions*, *International Journal of Latest Trends in Engineering and Technology*, *IOSR Journal of Engineering*.

¹ Le problème de la quadrature du cercle, énoncé dès l’Antiquité, consiste à construire un carré de même aire qu’un disque donné avec la seule aide d’une règle et d’un compas. Ce n’est qu’en 1882 que le mathématicien allemand Ferdinand von Lindemann démontra l’impossibilité de le résoudre de façon exacte. Cette démonstration repose sur le fait que π n’est pas un nombre algébrique.

Je n'en connaissais aucune, mais toutes, au moment de la publication, appartenaient à la catégorie des nombreuses revues récentes où l'auteur paie pour être publié et où le contrôle scientifique par une expertise demandée à des personnalités compétentes est léger, simulé, ou même totalement inexistant. Ces fausses revues (parfois appelées journaux prédateurs ou *fake journals* en anglais) sont une plaie pour la communauté scientifique et l'exemple de Sarva Jagannadha Reddy en est une démonstration claire et sans appel. Une liste des éditeurs de ces journaux est maintenue à jour [6]. Pour toute revue sérieuse confrontée aux affirmations de Sarva Jagannadha Reddy, ou bien ce que prétend l'auteur est vrai et c'est une révolution méritant la une de tous les journaux (je dis bien tous les journaux, *Le Monde*, le *Wall Street Journal*, etc.) car c'est la totalité des mathématiques qui serait par terre ; ou bien c'est faux et elle se déshonore en publiant une bêtise aussi énorme.

Les articles reproduits dans le livre reçu proposent tous des arguments, bien sûr ridicules et sans aucune valeur réelle, prouvant que $\pi = (14 - \sqrt{2}) / 4$, soit approximativement 3,1464466094... Comme pour mon correspondant du sud de la France, la formule fait de π un nombre algébrique, ce qui, s'ils avaient raison, serait une révolution mathématique sans précédent contredisant un résultat (la transcendance de π) démontré par de nombreuses méthodes différentes et dont pas un mathématicien ne doute...

Pour l'auteur, la valeur de π admise par le reste du monde provient d'erreurs de raisonnements qu'il analyse, montrant qu'il n'a vraiment rien compris même à ce que le grand Archimède avait déjà correctement perçu il y a 2000 ans, et qui depuis est devenu plus précis encore quand le concept de nombre réel a été mieux maîtrisé. Je ne discuterai pas ici des erreurs de Sarva Jagannadha Reddy, d'autres l'ont fait et en ont précisément identifié certaines [7].

Simplifier π est un rêve et c'était sous une forme géométrique celui de tous les quadratureurs du cercle. Le fait que le nombre π soit transcendant est la preuve qu'il ne pourra jamais se simplifier beaucoup et que les amateurs qui veulent s'affranchir de la réalité du monde complexe des mathématiques perdent leur temps.



Références

- [1] Steven Dutch, "π in the Bible?", 1998. www.uwgb.edu/dutchs/pseudosc/pibible.htm
- [2] Indiana π Bill, sur Wikipedia en anglais. https://en.wikipedia.org/wiki/Indiana_Pi_Bill
- [3] Jean-Paul Delahaye, *Le fascinant nombre π*, Éditions Belin, 1997
- [4] www.pi314.net/sitepdf/lindemann.PDF
- [5] Reddivari Sarva Jagannadha Reddy, "New Method of Computing π", <https://fr.scribd.com/document/267300341/15-PUBLISHED-PAPERS-ON-PI-pdf>
- [6] Scholarly Open Access: "Critical analysis of scholarly open-access publishing", <https://scholarlyyoa.com/>
- [7] www.acmescience.com/2012/07/spot-the-error/

Pour aller plus loin :

- Lukić Tin et al., "Predatory and Fake Scientific Journals/Publishers – A Global Outbreak with Rising Trend : A Review", *Geographica Pannonica*, Volume 18, Issue 3, 69-81, septembre 2014. *Un article de fond sur le sujet.*
- "Unreliable research : Trouble at the lab", *The Economist*, 19 octobre 2013. Sur le site www.economist.com. *Un article de fond sur le contrôle de ce qui est publié.*
- John Bohannon, "Who's Afraid of Peer Review ?", *Science*, 4 Oct 2013, sur le site <http://science.sciencemag.org>. *Un article sur le manque de sérieux de certaines publications.*

Une littérature prétendument scientifique

Il est quand même navrant que se soit développée une littérature, prétendument scientifique, prête à tout pourvu qu'on paie. Elle nuit au bon fonctionnement de la science. Cette littérature donne l'illusion à certains de mener un travail contrôlé et reconnu, ce qui n'est pas vrai. Cela rend plus difficile à l'amateur sincère et curieux de faire le tri entre la science et le simulacre de la science. Le mode de fonctionnement libéral de notre économie qui autorise tout le monde à créer son propre journal, les possibilités offertes par Internet d'introduire des pseudo-revues par centaines sans contrôle et presque sans coût, et l'appât du gain de quelques escrocs sans scrupules qui mettent en place ces revues et inondent le monde de courriels pour les faire connaître et attraper les clients naïfs, voilà les causes de ce nouvel état du monde où les simplificateurs de π peuvent faire semblant de découvrir des vérités qui n'en sont pas, et se présenter comme les ayant publiées et fait reconnaître par le monde savant. ■



Le fascinant nombre π

Jean-Paul Delahaye

Belin - Pour la science, 1997

Tous les écoliers connaissent π , rapport de la circonférence d'un cercle à son diamètre, mais cette image familière dissimule un abîme de complexité. Nombre-univers, π nous égare dans la suite illimitée de ses chiffres, sans motifs ni régularités... apparentes. Depuis l'Antiquité, d'étranges explorateurs en chassent les décimales. Ils sont aujourd'hui secondés par de puissants ordinateurs, et disposent d'algorithmes de plus en plus efficaces : s'il a fallu 250 ans pour passer de 100 à 1 000 décimales connues, 25 ans ont suffi pour arriver au million, et 16 ans pour arriver au milliard. Cette quête, en apparence futile, a profité des progrès des mathématiques, mais les a aussi suscités, car π est au cœur des mathématiques.

Ce livre retrace l'histoire de son exploration en insistant sur les épisodes les plus récents, qui nous font percevoir tout le mystère de ce nombre : plus on connaît π , plus il se dérobe.

Le fascinant nombre π a été distingué par le Prix d'Alembert 1997 pour la vulgarisation mathématique, décerné par la Société Mathématique de France et par le Prix de la culture scientifique du ministère de l'Éducation, de la Recherche et de la Technologie en 1999.

Les « journaux prédateurs » comme arme médiatique

« Un maïs OGM reconnu toxique pour l'alimentation animale » (*L'Humanité*, 27 janvier 2016), « Une nouvelle étude du professeur Séralini démontre la toxicité d'un OGM sur des vaches » (*Reporterre*, 23 février 2016). Michèle Rivasi, députée européenne Europe Écologie, « s'appuyant sur l'étude du professeur Gilles-Éric Séralini qui a observé en conditions réelles l'impact de l'ingestion de maïs Bt176 par des vaches sur une période de trois ans », n'écarte pas « l'idée d'un scandale sous-jacent avec les OGM », ajoutant « Des vaches sont mortes, d'autres ont eu de graves problèmes de santé... » (rapporté par *La Provence*, 19 février 2016). Mais sur quoi s'appuient ces annonces ? Sur un simple article co-signé par Gilles-Éric Séralini [1] publié dans une revue intitulée *Scholarly Journal of Agricultural Science*.

Un journal douteux. Les résultats rapportés par un article isolé, faut-il le rappeler, se doivent d'être examinés et confirmés par la communauté scientifique. Mais dans ce cas particulier, la méfiance la plus grande s'imposait. Une simple visite sur le site de la revue jette un premier trouble : l'onglet « *Our policies* » devant décrire la politique éditoriale renvoie sur une « erreur 404 » (page inexistante). De même pour « *Our team* », supposé donner la composition de l'équipe éditoriale (pages re-consultées le 30 août 2016). Le site *scholarlyoa.com* classe l'éditeur dans la liste des éditeurs de « journaux prédateurs », sortes de « fausses revues » où les auteurs paient pour être publiés et où le contrôle scientifique est pratiquement absent. Bizarrement, l'article de Séralini n'est resté en ligne qu'une journée, le nom de domaine du site du journal, basé au Nigéria, n'avait pas été renouvelé. Il est depuis réapparu.

Un contenu surprenant. L'article commence par une phrase qui aurait dû encore davantage modérer l'ardeur de n'importe quel journaliste ou observateur : « *l'étude n'a pas été conçue comme une expérience scientifique ; il s'agit d'une observation détaillée d'une ferme laitière gérée classiquement avec des technologies avancées* ». En résumé, l'article affirme que les vaches de l'exploitation sont tombées malades après avoir commencé à ingérer du maïs Bt176 et recommande des tests à plus long terme sur les animaux nourris au maïs génétiquement modifié. À côté de cette publication principale, un texte plus court raconte les démêlés juridiques du co-auteur et propriétaire de la ferme (Glöckner) contre Syngenta, distributeur du maïs incriminé (procès perdu par le fermier). Cette description est suivie de la narration des mésaventures du fermier où il est suggéré que Syngenta aurait poussé la femme du fermier à divorcer en inventant des violences conjugales. Finalement, l'agriculteur sera condamné à deux ans de prison pour le viol de sa femme et aura sa part de la vente de la ferme confisquée par la cour. Les nombreuses études scientifiques qui ont été faites concernant la toxicité des maïs Bt, y compris le Bt167 de Syngenta, sont passées sous silence. Par exemple, cette étude de 2008 sur trois ans de nourrissage de 53 moutons et leurs petits [2]. Également oublié le fait qu'un nombre incalculable d'animaux de ferme mangent des OGM Bt depuis presque vingt ans, sans problème, excepté semble-t-il, il y a quinze ans, pour douze vaches de la ferme Glöckner.

L'article ne relate donc pas une étude, même mal conduite, mais consiste en un simple témoignage rétrospectif. Pour une analyse plus détaillée de cette publication, voir par exemple [3].

Les journaux prédateurs ne servent pas que leurs éditeurs. En conclusion, cette histoire illustre l'usage qui peut être fait des journaux prédateurs. Outre la conférence de presse et un communiqué du CRIIGEN (association militant contre les OGM et s'autoproclamant comme « expertise indépendante »), l'affaire donnera lieu à une question écrite au Parlement européen [4]. L'écho médiatique a toutefois été, ici, relativement plus limité que pour d'autres affaires similaires. Mais la propension à ériger une étude isolée comme prouvant des résultats définitifs, particulièrement s'ils vont à l'encontre du consensus établi, est malheureusement trop répandue. Le phénomène s'en trouve aggravé par la facilité à trouver une revue prête à publier n'importe quoi ou presque, contre rémunération.

J-P.K.

[1] Gottfried Glöckner et Gilles-Éric Séralini, "Pathology reports on the first cows fed with Bt176 maize (1997-2002)", *Scholarly Journal of Agricultural Science* 6(1):1-8, January 2016.

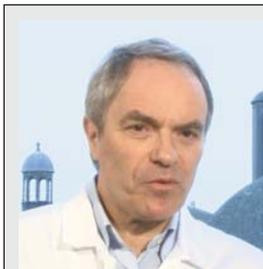
[2] Massimo Trabalza-Marinucci et al. "A three-year longitudinal study on the effects of a diet containing genetically modified Bt176 maize on the health status and performance of sheep", *Livestock Science* 113(2):178-190, February 2008.

[3] « Les vaches de Gottfried Glöckner ressuscitées par Gilles-Éric Séralini et les "Verts"... pour 24 heures », sur seppi.over-blog.com

[4] www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?type=WQ&reference=E-2016-001023&language=FR

Les pièges de l'épidémiologie

André Aurengo



André Aurengo est chef du service de médecine nucléaire du Groupe Hospitalier Pitié-Salpêtrière (Paris) et membre de l'Académie nationale de médecine. Il est également membre du comité de parrainage de l'AFIS et de sa revue *Science et pseudo-sciences*.

Si l'épidémiologie joue un rôle irremplaçable dans la prise de décision en santé publique et en médecine clinique grâce aux données sur l'état sanitaire, à l'analyse de risques et à l'évaluation des pratiques et de la politique de santé, elle rencontre des difficultés à répondre clairement sur le niveau, voire la réalité, des risques liés à de faibles expositions, en particulier environnementales.

On relève dans ce domaine un grand nombre d'études contradictoires et de faux positifs, du fait, notamment, de l'absence de prise en compte des incertitudes sur les expositions aux facteurs de risques suspectés ou à leurs facteurs confondants, de la multiplication sans précautions des tests statistiques et de la présence de biais incontrôlables.

Introduction

Science de « ce qui s'abat sur le peuple », l'épidémiologie tient un rôle central dans l'analyse quantitative des phénomènes pathologiques touchant une collectivité et dans l'évaluation de la réalité et de l'ampleur de risques avérés ou suspectés. Elle a ainsi une influence majeure sur la prise de décision médicale et sur les orientations des politiques de santé.

Mais la multiplicité des études épidémiologiques aux résultats contradictoires sur les risques sanitaires environnementaux ne peut que désorienter le public et les décideurs. Qu'il s'agisse, par exemple, des champs électromagnétiques de très basse fréquence, des antennes de téléphonie mobile, des téléphones portables, des très faibles doses de rayonnements ionisants, du radon, des pesticides ou des faibles consommations d'alcool, on retrouve en effet un grand nombre d'études dont les résultats sont non seulement contradictoires, mais statistiquement incompatibles.

Ces discordances sont souvent liées à des insuffisances méthodologiques. Certaines relèvent de l'inadéquation des techniques statistiques utilisées pour l'analyse des données recueillies ; elles pourraient être facilement corrigées. D'autres, en revanche, résultent de biais ou de données incomplètes, ce qui obère sans remède la validité des conclusions de l'étude.

À l'origine de la santé publique

TABLE I

ANÉE	Survivre par mille	Survivre par mille de l'âge	Moyen par mille de l'âge	Age de la population	Proport de la population de l'âge	MORTA lité par mille de l'âge	MORTA lité par mille de l'âge	MORTA lité par mille de l'âge
0	1200	1200	0					
1	1000	1000	1000	127	12,7	12,7	28,1	28,1
2	811	681	170	99	12,4	12,4	111	111
3	708	571	137	78	9,2	10,8	67	67
4	566	481	85	64	8,1	10,3	10	10
5	416	316	100	58	7,9	10,1	11	11
6	210	119	91	48	6,0	6,0	14	14
7	99	111	181	40	1,8	6,2	17,8	17,8
8	18	27	408	35	6,1	7,0	75,1	75,1
9	690	137	433	31	4,0	24,8	6	6
10	64	108	413	18	1,1	22,2	1,1	1,1
11	413	188	471	14	1,0	10,2	1	1
12	46	160	430	11	0,2	8,6	0,1	0,1
13	440	140	100	10,2	0,1	8,2	1,2	1,2
14	61	113	111	10,6	0,1	8,2	1,0	1,0
15	48	108	100	10,0	0,8	8,6	0,5	0,5
16	63	96	118	10,8	1,8	10,2	4,4	4,4
17	616	81	111	11,0	1,4	10,6	4,6	4,6
18	610	78	118	10,2	1,5	10,8	4,8	4,8
19	606	61	111	10,0	1,0	10,0	1	1
20	108	16	144	7,4	0,9	11,2	1,1	1,1
21	194	48,1	141	6,1	0,8	10,1	1,1	1,1
22	186	48,1	141	1,6	0,7	10,0	1,1	1,1
23	179	17	162	1,0	0,6	10,1	1,6	1,6
24	171	14,4	14,4	0,4	0,1	10,1	0,1	0,1

Tables établies par Bernoulli en 1766

L'approche quantitative des maladies est une discipline ancienne. Le recueil de données de mortalité remonte à 1592, à Londres. En 1760, Daniel Bernoulli publiait le premier modèle des épidémies de variole et montrait l'intérêt de la variolisation (inoculation volontaire sur un sujet sain d'un peu de pus extrait d'une personne atteinte).

Quant à l'épidémiologie clinique, elle est créée par Pierre-Charles Louis, vers 1840, sous le nom savoureux de « médecine numérique » ; prémonition de « l'informatique médicale » ?

Et quand, à Vienne, en 1847, Ignace-Philippe Semmelweis démontre l'intérêt du lavage des mains contre la fièvre puerpérale qui décimait les maternités, c'est aussi une grande victoire de l'épidémiologie descriptive.

Mais ce n'est que dans les années 1950, en particulier grâce à Daniel Schwartz en France, que l'épidémiologie a pris toute sa place, notamment dans les études médicales.

La première force de l'épidémiologie est de partir de questions claires et explicites : quel est le rôle de la distribution de l'eau à Londres dans la propagation du choléra (John Snow 1854) ? Comment expliquer la croissance de l'incidence des cancers du poumon (Sir Richard Doll 1950) ? Combien de victimes fera la variante humaine de la maladie de la vache folle (Alain-Jacques Valleron 2001) ? Comment expliquer la croissance de l'incidence des lymphomes non hodgkiniens (pas encore de réponse... en 2016) ?

Une autre grande force est de recueillir de manière systématique des données sur des effectifs parfois considérables, ce qui permet de lisser de nombreuses particularités individuelles. Il en résulte des études dont la puissance statistique est élevée. Des études plus modestes peuvent parfois être regroupées en « études conjointes » ou « méta-analyses » pour renforcer leur puissance statistique.

Si l'épidémiologie est une science d'observation, son impact sur les pratiques médicales en fait parfois une science expérimentale. Ainsi a-t-on pu suivre aux États-Unis l'impact sur l'incidence du cancer du sein de l'abandon massif des traitements substitutifs de la ménopause.

Avec l'expérimentation biologique et l'expérimentation animale, l'épidémiologie est la troisième et indispensable technique d'étude des grands problèmes de santé. Elle joue un rôle irremplaçable dans la prise de décision en santé publique grâce aux données sur l'état sanitaire (morbi-mortalité), et à l'analyse de risques. Elle est le fondement de l'*evidence based medicine* (médecine fondée sur les preuves) et donc de la prise de décision en médecine clinique. Enfin, elle permet (ou devrait permettre...) l'élaboration et l'évaluation d'une politique de santé rationnelle et efficace : « *un certain nombre de problèmes de très grande importance sociétale se posent, pour lesquels l'épidémiologie mathématique est la seule façon d'apporter des réponses rationnelles* » [1].

Faibles expositions : l'épidémiologie rencontre ses limites

Indispensable, mais ces succès ne doivent pas cacher les difficultés que rencontre l'épidémiologie à répondre clairement sur le niveau, voire la réalité, des risques liés à de faibles expositions comme on les rencontre en particulier dans notre environnement.

Il y a déjà vingt ans, dans l'article de *Science* intitulé *L'épidémiologie ren-contre ses limites* [2], Gary Taubes constatait le nombre important d'études contradictoires dans ce domaine. Il expliquait que ces faibles risques concernent des populations tellement importantes qu'ils pourraient avoir un impact sanitaire important, mais que de nombreux épidémiologistes admettent que leurs études comportent tellement de biais, d'incertitudes et de faiblesses méthodologiques qu'ils sont incapables de discerner avec précision des risques aussi faibles.

En 2008, dans l'article *Les faux-positifs de l'épidémiologie en cancérologie : un appel à la réserve en épidémiologie* [3], Paolo Boffetta, épidémiologiste au Centre international de recherche contre le cancer (CIRC, OMS, Lyon), montrait la fréquence des faux positifs et en expliquait les principales raisons.

Incertitudes sur les expositions

Les études environnementales permettent théoriquement d'apprécier le risque qu'une exposition à de faibles doses d'une substance (p. ex. pesticide), d'un procédé technique (p. ex. scanner à rayons X) ou d'un comportement personnel (p. ex. tabagisme) entraîne une pathologie donnée. Elles sont le plus souvent de type *cas-témoin*, études rétrospectives en cinq étapes (voir encadré).

L'estimation rétrospective de l'exposition aux facteurs de risque repose, quand c'est possible, sur des données objectives (p. ex. mesures), sinon sur des données subjectives (p. ex. interrogatoires) ou sur un « indicateur de l'exposition », donnée censée refléter l'exposition. Cette dernière est ainsi estimée avec un éventuel biais et un certain degré d'incertitude. Ce n'est pas cette incertitude elle-même, inhérente aux sciences d'observation, qui pose problème mais :

Les études cas-témoins



Une étude cas-témoins se décompose en cinq étapes :

1. rassembler un nombre important de cas atteints de la pathologie étudiée ;
2. associer à chaque cas un (ou plusieurs) témoin(s) le(s) plus semblable(s) possible au cas (sexe, âge, statut socio-économique...) mais indemne(s) de cette pathologie ;
3. évaluer rétrospectivement l'exposition des cas et des témoins au facteur de risque suspecté et à d'éventuels facteurs de risque (dits confondants) susceptibles d'interférer avec le risque suspecté (par exemple le tabagisme pour une étude sur la dangerosité du radon) ;
4. comparer les expositions des cas et des témoins au moyen d'un modèle *a priori* de la relation entre l'exposition et le risque ;
5. estimer le risque relatif (RR) du facteur de risque suspecté et l'intervalle de confiance (IC) dans lequel RR a 95 chances sur 100 de se trouver. Par exemple un RR de 2 signifie que les personnes exposées sont deux fois plus souvent atteintes de la pathologie étudiée que les non exposées. On considère qu'un lien est établi entre le facteur de risque suspecté et la pathologie étudiée (étude positive) si la borne inférieure de l'intervalle de confiance est au-dessus de 1.

- le fait qu'elle n'est pratiquement jamais prise en compte dans l'analyse statistique ;
- dans le cas où un indicateur de l'exposition est utilisé, si l'étude montre un lien entre l'indicateur et la pathologie étudiée, que l'on en déduise sans précaution qu'il y a un lien entre le facteur de risque lui-même et cette pathologie. En effet, une telle conclusion nécessite de tenir compte de la loi de probabilité qui lie l'indicateur au facteur de risque, ce qui n'est pratiquement jamais fait.

Ces erreurs ont pour effet de sous-estimer le risque relatif calculé ainsi que la taille de son intervalle de confiance. Quand l'intervalle de confiance du risque est juste au-dessus de 1, l'étude est considérée comme positive, mais elle ne l'est probablement pas en réalité comme on le montrerait en prenant correctement en compte l'incertitude sur l'exposition.

Sur la fiabilité des indicateurs de l'exposition, on peut citer des exemples caricaturaux comme le nombre de moutons du troupeau comme indicateur de l'exposition de l'éleveur aux insecticides [4], ou l'inverse de la distance aux lignes THT de la maison où est né un enfant comme indicateur de son exposition aux champs électromagnétiques [5].

Un autre exemple est l'étude internationale Interphone sur le risque éventuel de tumeur cérébrale par utilisation du téléphone portable. On savait dès sa mise en œuvre que ce risque, s'il existe, serait très faible car les études antérieures avaient été pratiquement toutes négatives et que, malgré plus d'un milliard d'utilisateurs dans le monde, aucune pathologie n'avait significativement émergé. On avait donc besoin d'une estimation très précise de l'exposition des cas et des témoins, ici le nombre et la durée

Interphone : une estimation des consommations téléphoniques non fiable



Selon les auteurs mêmes d'Interphone : « l'analyse de la concordance entre les données estimées en 2001 par les sujets et celles mesurées par les opérateurs montre une concordance assez médiocre ($j = 0,34$) mais significative ($p < 0,01$) pour les nombres moyens d'appels. En revanche, il n'y a aucune concordance entre les durées réelles et les durées estimées au cours du premier entretien ($j = 0,18$). [...] la corrélation entre les nombres [d'appels] estimés et mesurés et plus encore celle des durées est très mauvaise » [6]. Encore, cet interrogatoire a-t-il été conduit en juin 2001 sur les appels d'octobre 2000 à mars 2001 ; qu'en est-il pour les appels datant de plusieurs années utilisés dans Interphone ?

On peut donc se poser la question de la positivité réelle de quelques résultats « positifs » rapportés par certaines études nationales faisant partie d'Interphone. Par exemple, l'étude française [7] rapporte un risque de gliome au-delà de 340 heures d'utilisation du portable avec $RR \gg 1,02$; $IC\ 95\ \% = [1,00 / 1,04]$. Symétriquement et pour les mêmes raisons, on peut s'interroger sur la réalité de la diminution de 24 % du risque de méningiome qu'assurerait l'utilisation du portable d'après les résultats d'Interphone obtenus pour cinq pays nord-européens [8] avec $RR \gg 0,76$; $IC\ 95\ \% = [0,65 / 0,89]$.



des appels. Or l'interrogatoire des utilisateurs sur leur consommation téléphonique, utilisé pour Interphone, n'est fiable ni pour la durée ni pour le nombre des appels (voir encadré).

Le piège des sous-groupes

La multiplicité des tests statistiques effectués dans une étude, notamment le test d'une hypothèse sur un nombre important de sous-groupes de la population étudiée, peut conduire, par hasard, à un certain nombre de tests positifs, sources d'incohérences entre les études. La réponse habituelle à cette difficulté est de ne considérer comme avérés que des risques retrouvés par plusieurs études indépendantes. Cette attitude de prudence ne suffit pas à éviter qu'un risque trouvé par une seule étude, donc non confirmé, mais fortement médiatisé, soit considéré comme définitivement démontré par le public et les médecins non spécialistes du domaine. De plus, des techniques de mise en œuvre des tests multiples, comme celle de Holm-Bonferroni [9], évitent de telles conclusions erronées ; elles ne sont malheureusement presque jamais utilisées.

Un exemple est une étude cas-témoins du lien entre vaccination contre l'hépatite B [10] qui concluait au risque de sclérose en plaques (SEP) après vaccination dans le sous-groupe des cas observants pour les vaccinations, avec un délai vaccin-SEP supérieur à trois ans et utilisant un certain vaccin (avec $RR \gg 1,7$; $IC\ 95\ \% = [1,03 - 2,95]$). Dans ce cas, l'IC est très proche de 1, mais il n'y a guère d'incertitude sur l'exposition (le fait d'avoir été vacciné). En revanche, compte tenu de la multiplicité des sous-groupes, les auteurs ont effectué plus de 150 tests statistiques ; la probabilité d'en obtenir un positif par simple hasard dépasse 90 %.

Facteurs confondants : quelle évaluation ?

Quand un facteur confondant est mal pris en compte, il peut se produire un « transfert de responsabilité » : le risque du facteur confondant étant faussement attribué au facteur de risque étudié. Il en est ainsi, par exemple, dans le cas du tabagisme (facteur de risque majeur) et des études professionnelles ou résidentielles du risque du radon. Dans les études en milieu professionnel, la durée du tabagisme est corrélée avec celle de l'exposition au radon. Il en résulte un « transfert » possible du risque du tabac vers celui du radon. Ceci ne remet pas en cause le risque du radon, mais montre qu'il peut être mal estimé si l'estimation du risque du tabagisme est imprécise.

Les biais d'anamnèse

Les difficultés exposées ci-dessus peuvent être corrigées ou prévenues. Il n'en est pas ainsi des biais d'anamnèse (anamnèse : reconstitution par le patient des antécédents et de l'histoire) qui peuvent affecter les études cas-témoins dont l'évaluation rétrospective des expositions repose sur un interrogatoire. Selon les cas, l'exposition peut être alors surestimée (c'est souvent le cas des expositions involontaires, qui peut conduire à des études faussement positives) ou sous-estimée (cas des expositions volontaires).



On peut citer plusieurs exemples : faibles doses d'alcool, consommation alimentaire au moment des retombées de Tchernobyl ou des essais nucléaires, téléphones portables, pesticides. Ces biais sont généralement impossibles à prendre en compte, faute d'une technique objective permettant de les quantifier. Les conclusions de l'étude sont alors invalidées, *a fortiori* quand les risques mis en évidence sont faiblement significatifs.

On connaît dans ce cadre la supériorité des études de cohortes qui reposent sur le suivi, pendant des années, d'une grande population initialement bien portante. Les futurs cas n'y sont pas influencés par une pathologie à venir, et on dispose d'une quantification objective, régulière des expositions.

Le secret des données

Contrairement à la plupart des publications scientifiques, les données de base des études épidémiologiques sont souvent considérées par leurs auteurs comme une propriété privée, même quand l'étude a été financée par la collectivité. Il en résulte l'impossibilité d'en vérifier les conclusions en reprenant l'analyse statistique avec des techniques appropriées, lorsque cela s'avère justifié. S'il est normal de laisser aux auteurs l'anté-

riorité de la publication de leurs résultats, il serait souhaitable que les données soient accessibles après un délai raisonnable.

Multidisciplinarité

Les publications des revues à comité de lecture devraient faire référence, mais force est de constater la fréquence de celles dont la méthodologie est inappropriée, en épidémiologie ou dans d'autres domaines. Par exemple, l'analyse de 226 publications sur les effets biologiques des radiofréquences dans le rapport 2009 de l'AFSSET (aujourd'hui ANSES) [11] montre que seulement 97 ont une qualité méthodologique suffisante en ce qui concerne les aspects physiques (exposition aux radiofréquences) et biologiques (effet recherché, protocole, etc.) ; toutes, de plus, n'ont pas été validées par une réplication par une équipe indépendante. On ne peut que s'étonner que les 129 autres (près de 60 %) aient passé le filtre de comités de lecture qui ne comportent manifestement pas l'ensemble des compétences que nécessite l'évaluation de recherches intrinsèquement multidisciplinaires.

En épidémiologie, les équipes et les comités de lecture devraient pouvoir maîtriser de nombreuses disciplines (en particulier mathématiques, statistiques, techniques épidémiologiques, métrologie, médecine spécialisée, biologie, sciences humaines et sociales), ce qui n'est pas toujours le cas. Raison de plus pour ne pas sur-interpréter toute étude au résultat insolite et, malgré le battage des médias, pour ne la considérer que comme une piste de travail, en attendant sa confirmation.

Conclusion : pour une échelle de validité des études épidémiologiques

Les insuffisances méthodologiques de nombreuses études épidémiologiques sont souvent évidentes dès leur conception, ce qui ne semble pas obérer leur financement. Ces insuffisances sont souvent discutées dans les manuscrits soumis, comme si les exposer les faisait disparaître, renforçant la validité des



Références

- [1] Valleron A-J. « L'épidémiologie : une science en développement ». *Comptes Rendus Biologies* 2007, 330:277-80.
- [2] Taubes G. "Epidemiology faces its limits". *Science* 1995, 269:164-169.
- [3] Boffetta P, McLaughlin JK, La Vecchia C, Tarone RE, Lipworth L, Blot WJ. "False-positive results in cancer epidemiology: a plea for epistemological modesty". *J Natl Cancer Inst* 2008, 100:988-95.
- [4] Rafnsson V. "Risk of non-Hodgkin's lymphoma and exposure to hexachlorocyclohexane, a nested case-control study". *Eur J Cancer* 2006, 42:2781-5.
- [5] Draper G, Vincent T, Kroll ME, Swanson J. "Childhood cancer in relation to distance from high voltage power lines in England and Wales: a case-control study". *BMJ* 2005, 330:1279-80.
- [6] Hours M, Montestrucq L, Arslan M et al. « Validation des outils utilisés pour la mesure de la consommation téléphonique mobile dans l'étude Interphone en France ». *Environnement, Risques & Santé* 2007, 6:101-109.
- [7] Hours M, Bernard M, Montestrucq L et al. « Téléphone mobile, risque de tumeurs cérébrales et du nerf vestibuloacoustique : l'étude cas témoins Interphone en France ». *Revue d'Épidémiologie et de Santé Publique* 2007, 55:321-332.
- [8] Lahkola A, Salminen T, Raitanen J et al. "Meningioma and mobile phone use – a collaborative case control study in five North European countries". *Int J Epidemiol* 2008, 37:1304-13.
- [9] Holm S. "A simple sequentially rejective multiple test procedure". *Scandinavian Journal of Statistics*. 1979, 6: 65–70.
- [10] Mikaeloff Y, Caridade G, Suissa S et al. "Hepatitis B vaccine and the risk of CNS inflammatory demyelination in childhood". *Neurology* 2009, 72:870-871.
- [11] Rapport d'expertise de l'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail « Les Radiofréquences », octobre 2009.

conclusions et pouvait transformer une étude erronée en étude publiable.

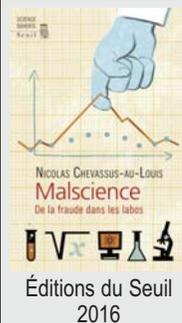
Il ne faut pas sous-estimer les faiblesses « sociologiques ». Trop d'études cas-témoins rétrospectives sont entreprises pour obtenir un résultat rapide mais beaucoup moins fiable qu'une étude de cohorte en général beaucoup plus longue. Mais la principale faiblesse de l'épidémiologie est le risque de surinterprétation d'études isolées, ce qui peut conduire à des décisions inadaptées.

Pour renforcer l'impact des études épidémiologiques de qualité, heureusement nombreuses et qui contribuent réellement à accroître nos connaissances, il est donc important d'élaborer une échelle de validité des études épidémiologiques, qui évalue prospectivement et rétrospectivement leur fiabilité méthodologique et le degré de preuve qu'elles peuvent apporter. Les professionnels du domaine, les médias, le public, les décideurs et les épidémiologistes ont tout à y gagner.

L'épidémiologie est un domaine scientifique indispensable à la santé publique. L'impact de ses études dont les résultats sont souvent relayés voire amplifiés par les médias lui confère un rôle majeur pour l'orientation des politiques de santé, l'analyse de risque, l'évaluation de la dangerosité et l'acceptabilité des techniques nouvelles. Ce pouvoir implique le devoir d'une grande rigueur méthodologique et d'une interprétation pondérée des résultats. ■

Malscience : de la fraude dans les labos

Nicolas Chevassus-au-Louis



Ce livre décrit avec détails, exemples et chiffres à l'appui l'inquiétant processus de dégradation de la qualité des articles scientifiques (2% de la littérature scientifique serait « toxique ») : fraudes massives, embellissement des données, impossibilité à reproduire les résultats, faiblesses du système de publication, journaux prédateurs... L'auteur analyse les causes de cette situation aux conséquences graves. Est-ce de nature à ébranler l'ensemble de l'édifice scientifique ? Le propos est d'un pessimisme que l'on peut ne pas partager, mais repose sur une très solide et très complète documentation. À lire pour prolonger notre dossier. J.-P. K.

Mécanismes improbables : les limites des méta-analyses

Nima Yeganefar



Nima Yeganefar est enseignant à l'IUT de Poitiers et chercheur au LIAS en automatique. Ce texte est une adaptation d'une partie d'un article

publié sur *Sham and Science*, le blog de l'auteur : blogs.univ-poitiers.fr/n-yeganefar

En fondant son évaluation principalement sur les méta-analyses, la médecine basée sur les preuves peut parfois conduire à des résultats surprenants quand elle oublie de prendre en considération le corpus théorique existant.

Prenons l'exemple de l'homéopathie. Rappelons qu'il s'agit d'un

rituel magique qui n'a pas été construit comme une science et n'en a pas les attributs. Les dilutions à l'origine des produits homéopathiques sont d'ailleurs tellement extrêmes qu'il n'existe bien souvent plus de molécule active dans la pilule que l'on avale. Cette dilution pose un sérieux problème : pour expliquer un effet de l'homéopathie sur le corps humain sans présence de molécule active, il faut remettre en cause les lois de la physique et de la chimie telles qu'on les connaît aujourd'hui...

Pourtant, dans une méta-analyse sur l'efficacité de l'oscilloccinum – l'un des produits les plus connus en homéopathie –, le réseau Cochrane (référence de revue de la littérature médicale) conclut de manière surprenante : « *Le niveau de preuve n'est pas suffisant pour permettre de conclure de manière solide sur l'efficacité de l'oscilloccinum dans la prévention ou le traitement de la grippe et du rhume. Nos recherches ne permettent pas d'exclure une certaine efficacité clinique mais, compte tenu de la faiblesse méthodologique des études retenues dans notre analyse, les preuves ne sont pas suffisamment convaincantes.* » [1] Pourquoi cette conclusion est-elle étonnante ? Tout simplement parce que le processus de fabrication de l'oscilloccinum à lui seul devrait être suffisant pour conclure à l'inefficacité de ce produit. Pour mémoire, il s'agit de remplir un récipient avec une substance composée de foie et de cœur de canard de Barbarie, vider ce récipient, le rincer avec de l'eau et répéter l'opération 200 fois¹. La deux-centième eau de rinçage est alors utilisée pour imprégner des granules de sucre que l'on va ensuite avaler. Que reste-t-il dans cette eau de rinçage ? Scientifiquement, il ne reste... rien [2]. Il est donc curieux que la méta-analyse de Cochrane ne soit pas plus tranchée dans sa conclusion : si les preuves ne sont pas suffisamment convaincantes pour montrer une efficacité, il semble important de déclarer ce produit *inefficace*.

¹ Voir Michel Rouzé, « Oscilloccinum : le joli grand canard », *SPS* n° 202, mars-avril 1993. Sur le site <http://www.pseudo-sciences.org>

Le coût des évaluations inutiles

Le NCCIH (Centre national de médecine complémentaire et intégrative), anciennement NCCAM (Centre national pour la médecine complémentaire et alternative) est l'un des 27 instituts et centres qui composent le National Institutes of Health (NIH) à l'intérieur du ministère de la Santé et des Services humains du gouvernement fédéral des États-Unis. En fonction depuis 1991, et après avoir dépensé des sommes astronomiques (plus de deux milliards de dollars¹), il n'a pas trouvé la moindre preuve d'efficacité pour aucune de ces médecines. Son existence fait l'objet de controverses. En effet, les nombreuses études initiées par l'organisme portent souvent sur des remèdes et thérapies farfelues pour lesquelles il n'y avait aucun indice suggérant une possible efficacité. Mais le Centre n'a pas non plus apporté la moindre contribution à l'information générale du grand public, par exemple, pour les informer de ces résultats négatifs ou les mettre en garde contre une espérance infondée. Les détracteurs du NCCIH l'accusent en outre d'entretenir *de facto* une activité à image scientifique sur des pratiques douteuses ou ésotériques. Ils soulignent également un usage bien plus utile qui aurait pu être fait pour la santé publique avec les deux milliards partis en fumée inutilement. Parmi les études financées par le NCCIH, notons par exemple² les 250 000 \$ pour déterminer si agiter ses mains devant un lapin gras faisait diminuer le taux de cholestérol, les études sur l'impact de la prière sur le virus du SIDA ou la chirurgie de reconstruction mammaire, celles sur les effets d'aimants sur l'arthrite, le syndrome du canal carpien ou les migraines, ou encore celle sur les vertus des lavements à base de caféine pour lutter contre le cancer du pancréas.

¹ <https://nccih.nih.gov/about/budget/institute-center.htm>

² <https://www.sciencebasedmedicine.org/foolishness-or-fraud-bogus-science-at-nccam/>

En France, l'Académie de médecine semble également s'être laissée leurrer par les résultats trompeurs de méta-analyses. Dans son rapport de 2013 consacré aux médecines alternatives [4], tout en soulignant dans sa conclusion que « *leur efficacité n'est évoquée que dans un nombre limité de situations et fondée sur un niveau de preuve insuffisant* », l'institution recommande de « *les considérer avec sérieux* » (voir l'analyse de Jean Brissonnet dans *SPS* n° 305 [5]).

La non-prise en compte de notions de base scientifiques est en cela révélatrice d'un problème : une défense trop rapide de la médecine basée sur les preuves tend à mettre les études cliniques randomisées sur un piédestal en oubliant de prendre en compte certaines considérations de science élémentaire. En réalité, la médecine basée sur les preuves fait le pari suivant : une hypothèse ne peut atteindre le stade des études cliniques randomisées que s'il existe suffisamment de bonnes raisons (par exemple des observations précliniques, ou encore un mécanisme pertinent) de penser que cette thérapie peut fonctionner. Ce n'est malheureusement pas toujours le cas.

Le cas de l'acupuncture ou celui des études sur les « pouvoirs paranormaux » illustrent bien le fait qu'on ne peut pas toujours statuer avec une simple méta-analyse, aussi rigoureuse soit-elle. Les biais méthodologiques existeront toujours, et rien que le biais de publication² est parfois suffisant pour donner une impression légère d'efficacité. Ainsi, un article couvrant la période de 1966 à 1995 montrait que 99 % des études cliniques rando-

² Le biais de publication est la constatation que, dans la littérature scientifique, on tend à publier des résultats positifs en oubliant de citer les négatifs, faussant ainsi la donne quand on fait une analyse globale.

misées sur l'acupuncture provenant de Chine étaient positives [3]. Or cette efficacité hors norme ne semble se produire qu'en Chine, justement. Comme en tant que scientifique nous adhérons, même implicitement, au réalisme de principe³, il faut bien alors admettre qu'il s'agit ici d'un biais de publication. Une méta-analyse de ces études conclurait inévitablement (et faussement) à l'efficacité de l'acupuncture.

Au-delà de ces biais qui peuvent brouiller les résultats, nous avons aussi besoin d'adopter plus largement une philosophie bayésienne en médecine. Le raisonnement bayésien permet en effet d'actualiser la probabilité qu'une proposition soit vraie en fonction de sa probabilité *a priori* et des nouvelles données acquises. Ici, cela consisterait à actualiser l'estimation de l'efficacité d'une thérapie en fonction des nouveaux tests effectués et de l'idée que l'on a, à la base, de cette efficacité (par exemple en fonction de sa cohérence avec le corpus scientifique existant).

On pourrait penser que l'on cherche ici à mettre de côté les thérapies dont on ne connaîtrait pas les mécanismes d'action. Ce n'est pourtant pas le cas, et de nombreux exemples historiques montrent que les scientifiques ne sont en rien bornés sur ce point. Ce n'est pas parce qu'on ne comprend pas le mécanisme de quelque chose qu'on ne peut pas en voir les effets ou l'étudier. Ainsi, par exemple, l'effet antalgique de l'aspirine est connu depuis longtemps, mais son mécanisme d'action n'a été élucidé que dans les années 1970. Ce n'est pas le mécanisme qui importe ici mais la *plausibilité* d'un traitement donné. Bouger les mains autour d'une personne ne va pas guérir cette personne de sa tumeur, ce n'est pas une question de mécanisme d'action mais de plausibilité : au vu des connaissances scientifiques actuelles, elle reste très faible. Avant de se lancer dans de grandes études de types essais randomisés contrôlés, il faudrait au moins avoir de bonnes



³ Par réalisme de principe, on suppose que le monde existe indépendamment de notre existence. Cela peut sembler aller de soi mais ce principe est parfois contesté par certains courants de pensées (cf. les travaux du sociologue Bruno Latour). Or sans ce principe, l'idée même de résultats reproductibles et validés par d'autres tombe à l'eau : en effet, pour qu'un résultat puisse être corroboré, il faut bien accepter l'idée que le monde va se manifester de la même manière, qu'on se trouve dans un endroit de l'univers ou un autre.

Références

[1] "Homeopathic Oscillocochin® for preventing and treating influenza and influenza-like illness", revue Cochrane, sur le site www.cochrane.org

[2] « Qu'est-ce que l'homéopathie ? », Jean Brissonnet. Sur le site www.pseudo-sciences.org

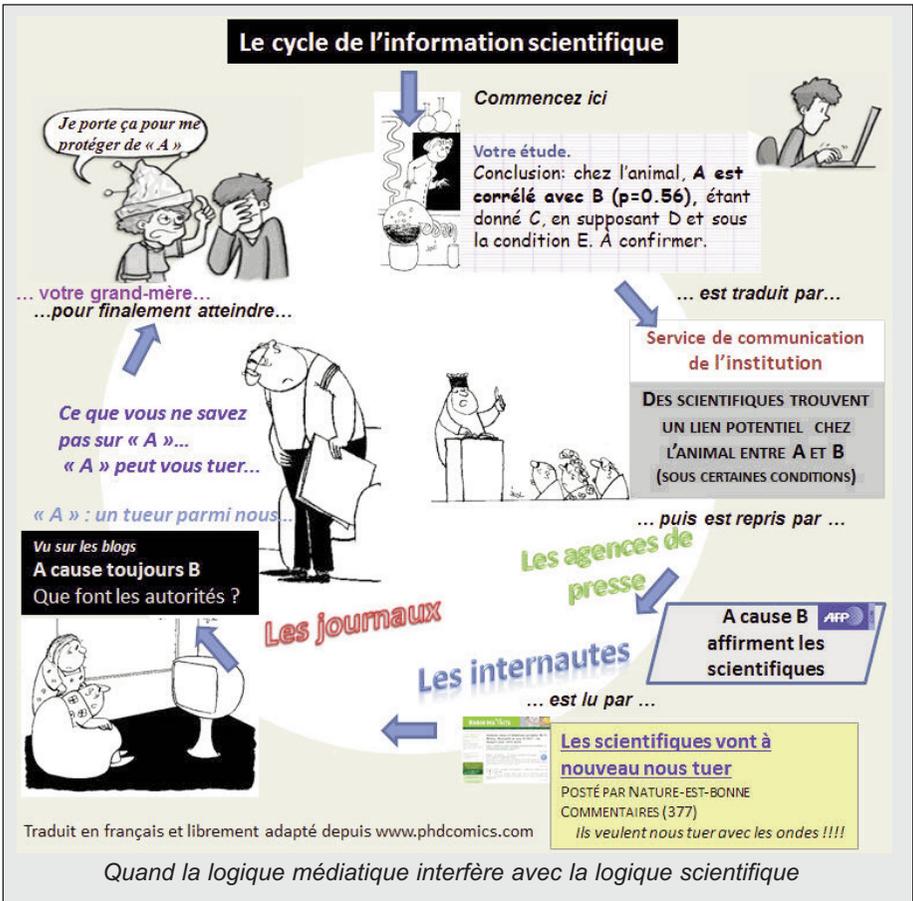
[3] Andrew Vickers et al. "Do Certain Countries Produce Only Positive Results? A Systematic Review of Controlled Trials", *Controlled Clinical Trials*, Volume 19, Issue 2, avril 1998. www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9551280

[4] Rapport de l'Académie de médecine, mars 2013, « Thérapies complémentaires – acupuncture, hypnose, ostéopathie, tai-chi – leur place parmi les ressources de soins ». Sur le site de l'Académie.

[5] Jean Brissonnet, « Les académiciens baissent les bras », SPS n° 305, juillet 2013, sur le site www.pseudo-sciences.org

raisons de le faire, par exemple la constatation répétée que les tumeurs disparaissent et, encore une fois, une certaine adéquation entre le phénomène observé et le corpus théorique existant.

Si les considérations théoriques ne sont pas suffisantes pour statuer sur l'efficacité d'un traitement, cela ne veut pas dire qu'elles ne sont pas *utiles*. Autrement dit, si l'on ne peut pas conclure à l'efficacité d'un traitement juste en considérant les aspects scientifiques de base (comme le mécanisme d'action), on peut néanmoins estimer que cette efficacité est si peu probable qu'il n'est pas utile de se lancer dans de grandes études de type essais randomisés contrôlés, à moins d'obtenir des indices suffisamment forts les justifiant. ■



Comment justifier l'autorité scientifique ?

Jean Bricmont

Jean Bricmont est physicien et essayiste. Ancien président de l'AFIS (2001-2006), Jean Bricmont est membre du comité de parrainage de l'AFIS et de la revue *Science et pseudo-sciences*. Cet article est une adaptation et une actualisation d'un exposé fait au Colloque d'ouverture du Collège de France, le 19 octobre 2007.



Beaucoup de scientifiques se plaignent du fait que, sur des questions telles que les OGM, le nucléaire, l'évolution des espèces ou le réchauffement global, le public, ainsi qu'un certain nombre d'hommes politiques, ne leur font plus confiance.

Le but de ce texte n'est pas de déterminer jusqu'à quel point cette plainte est justifiée ou non, mais plutôt de discuter dans quelle mesure il est rationnel d'accepter les théories scientifiques et de rejeter celles qui ne le sont pas (par exemple, les religions et les pseudosciences).

Science, rationalité et scepticisme

Tout d'abord, il faut remarquer que, même si les théories scientifiques sont vraies, ou approximativement vraies, il n'est pas nécessairement rationnel de les accepter. La vérité dépend du monde tel qu'il est, la rationalité dépend de l'information dont nous disposons. Il peut être rationnel pour quelqu'un qui vit dans une forêt dense et qui n'en sort jamais de penser que la Terre est plate, et on peut multiplier à l'infini de tels exemples.

De plus, la question de savoir s'il est rationnel pour les non-scientifiques, étant donné l'information dont ils disposent, d'accepter les théories scientifiques et de rejeter celles qui ne le sont pas, ne se réduit pas non plus à celle de la rationalité des chercheurs qui inventent ou perfectionnent ces théories, parce que ces derniers possèdent une information que le grand public n'a pas.

Par ailleurs, on pourrait se demander s'il est important que l'adhésion du public au discours scientifique soit rationnelle. On entend parfois dire que la science est « une nouvelle religion ». Face à cela, les scientifiques protestent en soulignant, à juste titre, que les théories scientifiques sont établies sur des bases radicalement différentes des religions ; par exemple, sur l'expérience et non sur l'interprétation de textes supposés être sacrés. Mais cette expression de « nouvelle religion » peut très bien s'appliquer à la façon dont le public non-scientifique adhère aux théories scientifiques : on peut très bien y adhérer avec une foi aveugle, la « foi du charbonnier ».



Raphaël, *L'École d'Athènes* (1509-1510).
Détail de la fresque : Platon tenant le *Timée*

Le problème est que la confiance dont jouit la science dans le public peut difficilement reposer, à long terme en tout cas, sur la foi du charbonnier. En effet, le principal impact culturel de la science sur la société est d'avoir mis en question les différentes formes de « foi ». L'attitude scientifique exige que nos assertions soient justifiées par une combinaison de raisonnements logiques et d'observations factuelles. Les discours justifiant les traditions et les religions se fondent presque toujours sur des assertions qui ne sont pas de ce type et ne résistent pas à un examen inspiré par l'esprit de la démarche scientifique. Parler d'autorité scientifique est, en un sens, un

oxymore, parce que l'essence de l'attitude scientifique consiste précisément en un scepticisme radical par rapport à l'argument d'autorité.

Au cours des XVII^e et XVIII^e siècles en Europe, et ensuite un peu partout dans le monde, le scepticisme scientifique a joué un rôle d'acide dissolvant petit à petit les croyances irrationnelles qui légitimaient les autorités supposées naturelles, qu'il s'agisse de la prêtrise, de la monarchie, de l'aristocratie, ou des classes et des prétendues races supérieures. Par conséquent, s'il est vrai que la science n'a pas de conséquences morales d'un point de vue strictement rationnel (à cause de l'impossibilité de passer directement de jugements de faits à des jugements de valeur), elle a eu et continue à avoir un immense impact sur les doctrines morales et politiques qui reposent sur des croyances irrationnelles.

De ce point de vue, le rôle de la science a été extraordinairement progressiste ; on pourrait même dire que les idées progressistes en politique ne sont rien d'autre que l'application du scepticisme scientifique aux doctrines qui justifient, à un moment donné de l'histoire, l'ordre social existant¹.

Le paradoxe, qui nous amène au problème qui nous occupe, c'est que le scepticisme contemporain à l'égard de la communauté scientifique² (souvent vue comme une caste privilégiée) et de ses théories est en partie le

¹ Ce qui ne veut pas dire que les scientifiques appliquent leur scepticisme spontané à ces doctrines. En tant qu'individus relativement privilégiés des sociétés dans lesquelles ils vivent, ils peuvent très bien succomber aux illusions auto-justificatrices auxquelles le pouvoir et les privilèges mènent naturellement, dans toute société.

² J'utiliserai dans ce texte plusieurs fois cette expression de « communauté scientifique », mais elle sera prise dans un sens vague, et je ne veux nullement suggérer qu'il n'existe pas de désaccords profonds au sein de celle-ci. Mais, comme on le verra plus loin, la perception par le public de cette communauté, vue à tort ou à raison comme relativement homogène, joue un grand rôle dans l'opinion que celui-ci se fait des sciences.

fruit de la révolution culturelle anti-autoritaire qui a été induite par la science moderne. Les scientifiques se trouvent un peu dans la situation de l'arroseur arrosé : comment vont-ils répondre au scepticisme qu'ils ont eux-mêmes encouragé, face par exemple aux religions, lorsque ce scepticisme se retourne contre eux ?

L'épistémologie peut-elle nous sauver ?

Une première tentative de réponse consiste à se tourner vers les discours sur la science, ceux des philosophes, sociologues ou historiens des sciences. Ces discours sont souvent plus facilement accessibles que les discours scientifiques, même s'ils restent évidemment réservés à un public relativement restreint. Dans un sens, c'est ce qu'ont tenté de faire divers philosophes des sciences pendant la première moitié du XX^e siècle, qu'on pourrait appeler pro-scientifiques ou classiques (comme par exemple Popper ou les positivistes logiques, tels que Carnap et Reichenbach). Mais la période actuelle est dominée par le discours de penseurs « post-positivistes », comme on les appelle parfois (par exemple Kuhn ou Feyerabend), et ceux-ci insistent sur les aspects non-rationnels de l'entreprise scientifique.

On peut donc considérer que les efforts de justification du discours scientifique « de l'extérieur », par les philosophes ou les historiens, ont échoué. Au contraire, le discours qui domine souvent aujourd'hui a tendance à produire des effets de délégitimation de l'entreprise scientifique. Le but des épistémologues classiques était de décrire la « logique de la science », la façon de raisonner des scientifiques. Ils essayaient de caractériser ce qui fait que l'entreprise scientifique est une entreprise rationnelle. Mais si l'on soutient, comme il me semble raisonnable de le faire, que la rationalité scientifique n'est pas différente de la rationalité de la vie quotidienne et n'est qu'un raffinement et une extension de celle-ci³, alors on comprend facilement pourquoi la tentative des épistémologues devait nécessairement se heurter à de grandes difficultés.

En effet, pensons d'abord à la rationalité de la vie quotidienne. Tous nos discours sur le monde ont inévitablement un aspect inductif. Et justifier cet aspect-là est compliqué. Pourquoi est-il rationnel de penser que le soleil va se lever demain, que les corbeaux sont noirs



Raphaël, *L'École d'Athènes* (1509-1510).
Détail de la fresque : Aristote

³ Comme le dit très bien Susan Haack ([1], p. 137), « [...] il n'y a pas de raison de penser que [la science] soit en possession d'une méthode de recherche spéciale qui ne soit pas à la disposition des historiens, ou des détectives, ou du commun des mortels ». Cité dans Susan Haack [2].

et les cygnes blancs ou encore que la façon la plus rapide d'aller en train de Paris à Bruxelles consiste à se rendre à la gare du Nord, plutôt qu'à une autre gare ? Je ne veux évidemment pas dire que les assertions ci-dessus ne sont pas vraies ou qu'il n'est pas rationnel de les accepter ; je veux simplement souligner qu'il est extrêmement difficile de caractériser abstraitement ce qui fait qu'elles sont rationnelles. S'il est difficile de caractériser la rationalité d'idées simples et évidentes comme celles mentionnées ici, et qui sont à cent lieues des moindres subtilités du discours scientifique, quel espoir a-t-on de caractériser la rationalité de ce discours ?

Le problème est que la rationalité dépend d'une façon extrêmement compliquée du contexte, et c'est cette dépendance qu'on est incapable de décrire précisément. C'est cette difficulté qui permet à tant de gens de contester l'existence d'une distinction entre rationnel et irrationnel. L'astuce, si l'on peut dire, est toujours la même : exiger des rationalistes qu'ils fournissent des règles de rationalité (autres que les lois de la logique) universellement valides et, cela, nous ne pouvons pas le faire. Nous ne pouvons que donner les exemples, dans des circonstances données où certains jugements, par exemple que le soleil se lèvera demain, sont manifestement plus rationnels que d'autres.

En ce sens, la discussion sur la rationalité est parallèle à celle sur des « questions » comme la vérité (entendue comme correspondance avec la réalité) ou l'existence du monde extérieur à ma conscience : dans tous les cas, on ne peut jamais répondre au sceptique que par des exemples.

Observons par ailleurs que les scientifiques, dans leurs écrits proprement scientifiques, ne cherchent jamais à démontrer qu'ils font de la science ; ou à expliquer en quoi leur démarche est vraiment scientifique, par opposition à celle des astrologues, de Freud, de Marx, etc. Ces questions-là sont typiquement de nature épistémologique ; les scientifiques tendent aussi parfois d'y apporter des réponses, mais en dehors de leur travail proprement scientifique. Dans celui-ci, ils donnent des arguments, et des arguments souvent valides, mais cette validité dépend du contexte et « saute aux yeux » de celui qui le comprend mais est impossible à caractériser sans justement comprendre ces arguments et le contexte dans lequel ils s'insèrent.

Cela explique aussi la relative indifférence des scientifiques face aux débats épistémologiques. Pour reprendre une boutade de Richard Feynman, les scientifiques réagissent aux débats entre épistémologues un peu comme les oiseaux réagissent à ceux des ornithologues : ils continuent à faire de la science, comme les oiseaux continuent à voler.

Néanmoins, les critiques de l'épistémologie classique ont contribué au changement assez radical qui s'est produit, à partir des années 1960, dans les discours « cultivés » sur la science, lesquels ont incontestablement eu des effets de décrédibilisation des sciences ; et c'est cette évolution qui devrait inquiéter les scientifiques.

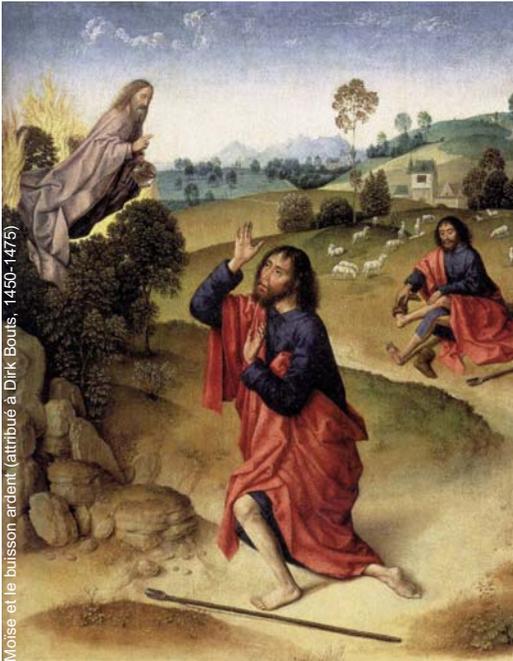
Faut-il revenir à la « foi du charbonnier » ?

On peut évidemment répondre que, pour apprécier la rationalité des scientifiques, il suffit de lire leurs travaux ; mais les scientifiques eux-mêmes savent très bien qu'un individu donné n'est jamais capable de comprendre plus qu'une toute petite fraction de ces travaux. Que faire pour le reste ? Faut-il revenir à la foi du charbonnier ?

Pas nécessairement ; pour illustrer la différence de rationalité entre science et non-science, on peut utiliser une généralisation d'un argument classique, dû au philosophe David Hume, qui montre pourquoi il n'est pas rationnel de croire aux miracles (voir encadré).

Nous avons déjà indiqué [3] comment étendre le raisonnement humien à d'autres types de propositions, comme par exemple : « la matière est composée d'atomes », « certaines substances gardent un effet thérapeutique même après avoir été hautement diluées » ou « Dieu est amour ».

En ce qui concerne la physique et les sciences naturelles, on dispose de deux types d'arguments pour répondre au sceptique : d'une part, la technologie est réellement un « miracle » (indépendamment des jugements de valeur que l'on peut porter sur ses bienfaits ou ses méfaits) ; nous y sommes trop habitués pour penser en ces termes, mais si l'on pouvait voyager dans le temps et amener des voitures ou des avions au XVIII^e siècle, ils seraient sûrement considérés (du moins à première vue) comme des miracles. Mais, à la différence des miracles auxquels fait allusion par exemple la Bible, les miracles technologiques sont reproductibles et visibles par tous et fournissent donc une réponse au sceptique.



Moïse et le buisson ardent (attribué à Dirk Bouts, 1450-1475)

Mais il existe un deuxième « miracle », à savoir l'adéquation entre une multitude d'observations et d'expériences et les prédictions déduites des théories scientifiques. De nouveau, il y a quelque chose de réellement miraculeux dans le fait que, dans un monde où l'avenir est tellement imprévisible, l'on puisse prévoir avec une grande précision où va s'arrêter une aiguille sur un cadran à la fin d'une expérience. Bien sûr, ce genre d'arguments laisse ouvertes de nombreuses questions, mais il indique comment, en principe, répondre au sceptique et montrer que le discours scientifique n'est ni une pure illusion ni une pure tromperie.

David Hume (1711-1776) et les miracles



Allan Ramsay (1713-1784)

Supposons, dit Hume, que, comme c'est le cas pour la plupart des gens, vous n'ayez jamais vu un miracle vous-même, mais que vous ayez simplement entendu des gens vous rapporter (par exemple via la Bible) l'existence de miracles. Est-il rationnel d'y croire ? Non, répond Hume, parce que vous savez, par votre expérience personnelle, qu'il existe des gens qui se font des illusions ou qui cherchent à tromper d'autres personnes. Par contre, un miracle, vous n'en avez aucune expérience personnelle. Par conséquent, il est plus rationnel de croire que le fait que vous entendiez un récit de miracle s'explique en supposant que quelqu'un se trompe ou vous trompe plutôt qu'en supposant qu'un miracle s'est réellement produit.

Hume ne dit évidemment pas qu'il ne faut croire qu'en ce qu'on perçoit directement, mais plutôt qu'il faut exiger de son interlocuteur que, si ce qu'il dit contredit l'ensemble de toutes nos expériences passées, il apporte des preuves de ce qu'il avance qui soient plus crédibles que ces expériences elles-mêmes, en particulier que l'expérience quasi-quotidienne de gens qui se trompent ou nous trompent. Hume était manifestement content de son argument puisqu'il écrivait qu'il « doit au moins réduire au silence la bigoterie et la superstition les plus arrogantes et nous délivrer de leurs impertinentes sollicitations »¹.

L'argument est important non plus tant en ce qui concerne les miracles religieux traditionnels, auxquels peu de gens croient aujourd'hui, au moins en France, mais parce qu'il donne un bon exemple de la façon rationnelle de procéder pour effectuer un tri entre les diverses opinions auxquelles nous sommes confrontés. On peut et on doit poser la même question au garagiste qui vend des voitures d'occasion, au banquier qui fait miroiter des dividendes fabuleux, au politicien qui promet la sortie du tunnel après des années d'austérité, au journaliste qui rend compte d'événements se passant dans des pays lointains, ainsi qu'au physicien, au prêtre ou au psychanalyste : quels arguments me donnez-vous pour qu'il soit plus rationnel de croire ce que vous dites plutôt que de supposer que vous vous trompez ou que vous me trompez ? De plus, la longue liste des erreurs scientifiques passées rend le défi du sceptique encore plus difficile à relever. Ce point mérite d'être souligné, parce que les erreurs scientifiques sont souvent invoquées, comme argument indirect, par les partisans des religions et des pseudo-sciences, alors que ces erreurs fournissent en réalité des arguments en faveur d'un scepticisme accru, y compris évidemment à l'égard des doctrines non scientifiques.

Notons également que Hume ne dit pas que cette façon de raisonner permet toujours d'arriver à des conclusions correctes. En effet, il donne l'exemple d'un prince indien qui refusait de croire que l'eau gèle chez nous en hiver et il approuve sa façon de raisonner : l'eau se solidifie abruptement autour de zéro degré et le prince, vivant dans un climat chaud, n'avait aucune raison de penser qu'un tel phénomène soit possible ; il était par conséquent rationnel pour lui de ne pas croire sur parole son interlocuteur venu d'Europe. Hume donne une règle méthodologique qu'il est rationnel de suivre en toutes circonstances ; mais que cette règle mène ou non à la vérité dans un cas particulier ne peut être garanti *a priori* et dépend du degré d'information que nous possédons dans ce cas-là.

¹ Lucide, Hume ajoutait que cet argument « servira aussi longtemps que le monde durera. Car, je présume, c'est aussi longtemps qu'on trouvera des récits de miracles et de prodiges dans toute l'histoire, sacrée et profane. » David Hume, *Enquête sur l'entendement humain*, traduit par Philippe Baranger et Philippe Saltel, GF-Flammarion, Paris 1983 [1748], 247p (p. 184).

Les conclusions que l'on peut tirer de la généralisation de l'argument de Hume sont plus modestes que celles que tentaient d'établir les épistémologues classiques. En effet, on ne caractérise pas ici la rationalité de l'entreprise scientifique, mais on montre qu'elle n'est pas une pure illusion, contrairement à bien d'autres discours. Cet argument permet de voir qu'il existe un immense écart entre science et non-science, mais sans permettre de le décrire précisément⁴.

La réponse esquissée ci-dessus est d'ailleurs probablement, dans ses grandes lignes, la réponse apportée par les scientifiques à leurs contradicteurs sceptiques. Un siècle de débats épistémologiques nous a menés à une conclusion malheureusement relativement banale : les succès spectaculaires des sciences montrent qu'on a affaire à une activité extrêmement rationnelle, mais l'on est incapable de « saisir » celle-ci de l'extérieur sans entrer dans la logique du discours scientifique lui-même.

Les limites de l'argument de Hume sur les miracles

Malheureusement, l'argument de Hume et sa généralisation (la technologie, et les expériences menées en laboratoire) ne permettent pas de répondre entièrement au sceptique. Le grand public n'a accès qu'à la technologie ; seuls les effets de celle-ci sont visibles aux yeux de tous. De plus, certains des sujets sur lesquels porte la contestation idéologique sur les sciences sont parfois très éloignés de toute application technologique : la théorie de l'évolution par exemple n'a pas, en tant que telle, d'applications technologiques manifestes (la théorie du Big Bang non plus). On peut très bien imaginer que le monde a été créé il y a X années par une divinité quelconque de façon à être ce qu'il est aujourd'hui, c'est-à-dire de façon à ce que toutes les applications médicales ou génétiques de la biologie fonctionnent exactement comme elles le font. Dans une telle vision des choses, la théorie de l'évolution est fautive, mais il est impossible de réfuter ces vues en invoquant uniquement les succès de la technologie. Il faut faire appel à l'étude des fossiles et ce sont bien ces études qui sont jugées avec suspicion par les adeptes du créationnisme. Ceux-ci penseront, par exemple, que les scientifiques ont un biais laïque qui les pousse à accepter l'évolution plus qu'il ne serait rationnel de le faire. Que peut-on répondre ?

Les cas des récentes controverses

Un autre problème se pose en ce qui concerne les technologies « récentes » comme le nucléaire, les OGM, les nanotechnologies ou les ondes électromagnétiques, où ce qui est contesté n'est pas le fonctionnement de la technologie ou son explication scientifique, mais les assertions des scientifiques sur les dangers potentiels.

⁴ Alan Sokal introduit l'idée qu'il existe un continuum entre sciences et pseudo-sciences, plutôt qu'une ligne de démarcation, comme le voulaient les épistémologues classiques ; avec, à un extrême, les théories scientifiques bien établies, comme la théorie atomique, et à l'autre extrême, l'astrologie, le christianisme, etc. Entre les deux, on trouve des théories peu établies ou spéculatives, comme la théorie des cordes ou la fusion froide ([4], p. 45).

Il existe toutefois une analogie conceptuelle avec la question du créationnisme. En effet, diront les sceptiques, qu'est-ce qui nous dit que des risques dont les conséquences se manifesteront dans l'avenir ne nous sont pas « cachés » (volontairement ou non) par les scientifiques dont les discours se veulent rassurants ? Les jugements de ces scientifiques ne sont-ils pas biaisés par leurs liens avec les gouvernements ou l'industrie ? Répondre en invoquant les succès actuels de la technologie ne permet pas de dissiper ces craintes, puisqu'elles concernent précisément l'avenir. De nouveau, que répondre (même si, répétons-le, ces craintes concernant la technologie sont à bien des égards très différentes du créationnisme) ?

Avant de tenter de discuter de ces problèmes, il faut éliminer une réponse assez fréquente chez les scientifiques et, en général, chez ceux qui veulent défendre la science, et qui consiste à rejeter ces critiques en les accusant de commettre « l'erreur génétique », c'est-à-dire de juger les opinions en fonction du statut, ou des sources de revenus, de ceux qui les émettent et non pas des qualités (empiriques ou logiques) de ces opinions. Pour comprendre le problème tel qu'il se pose au commun des mortels, imaginons un magistrat qui soit directement payé par une des parties et qui rende un jugement favorable à celle-ci. Supposons que le jugement soit rédigé dans un jargon juridique incompréhensible (pour un non spécialiste). Il semblerait alors parfaitement rationnel de se méfier du jugement et c'est rejeter cette méfiance, en la taxant « d'erreur génétique », qui serait une erreur. En effet, il faut tenir compte de l'information dont on dispose (le fait que le magistrat est payé ; le texte du jugement étant incompréhensible). Le scepticisme humien, qui après tout est un scepticisme par rapport à l'honnêteté et aux capacités cognitives humaines, mènerait justement, dans ce cas, à considérer comme rationnel le fait de douter du jugement.



Mais pourquoi est-ce différent en ce qui concerne les sciences ? Les articles scientifiques sont encore plus incompréhensibles que les textes juridiques (même pour les scientifiques ne travaillant pas directement dans la discipline concernée), alors pourquoi ne pas juger de la fiabilité de leurs travaux en se basant sur le fait qu'ils sont payés, comme ils le sont très souvent, par des gens (laboratoires pharmaceutiques, gouvernements ou multi-nationales) qui ont intérêt à ce que les résultats annoncés par les scientifiques (sur la sécurité des OGM ou du nucléaire ou sur l'analyse des fossiles) soient précisément ce qu'ils sont ?

Cette attitude sceptique se mêle parfois à des considérations irrationnelles, mais elle est loin d'être aussi irrationnelle que ne le supposent bon nombre de scientifiques ; en fait, prise en tant que telle, elle est parfaitement rationnelle et est en fait du même type que le scepticisme humien (méfiance vis-à-vis d'assertions non directement vérifiables faites par d'autres êtres humains). Pour répondre à ce scepticisme, il faut donner des raisons de faire confiance à la communauté scientifique et cela suppose un minimum d'analyse psychologique et sociologique du fonctionnement de cette communauté. Si l'on pense que le débat est suffisamment ouvert à l'intérieur de cette communauté, malgré les sources de financements « suspectes », et qu'il y a suffisamment de gens compétents qui y travaillent, alors on aura tendance à lui faire confiance en ce qui concerne la multitude d'opinions qu'elle émet sur les sujets à propos desquels nous n'avons aucun moyen de vérifier directement ce qui est affirmé. Et cette confiance sera rationnellement justifiée pour autant que les prémisses du raisonnement (sur l'ouverture et la compétence) le soient.

Pour prendre l'exemple de l'évolution, on pourrait argumenter de la façon suivante : la communauté des biologistes a démontré son efficacité de multiples façons (c'est l'argument de la technologie). Les gens qui étudient l'évolution (soit les fossiles, soit les mécanismes liés à la sélection naturelle) font partie de cette communauté, ou au moins sont en contact direct avec elle et, donc, si ces chercheurs se livraient à une fraude massive ou faisaient preuve d'une extrême incompetence (au point de se tromper, mettons, sur le fait même de l'évolution), cela serait détecté et dénoncé par le reste de la communauté qui a donné, elle, des preuves directes de son efficacité. Et on peut faire des raisonnements semblables à propos du nucléaire ou des OGM, au moins en ce qui concerne les craintes exagérées qui existent à leur sujet⁵.

La plupart des scientifiques trouvent cette façon de raisonner très convaincante. Mais c'est, en partie au moins, parce qu'ils ont une expé-

⁵ Il n'est pas simple de déterminer exactement la portée de ce genre d'arguments. En effet, il existe des universités ayant des départements de théologie ou des départements de sociologie capables de décerner un titre de docteur à une astrologue (Mme Teissier, voir [5]), et on ne peut pas dire que, dans ces cas-là, la communauté scientifique ou académique exerce, sur ce qui se fait dans ces départements, le contrôle indirect dont l'existence est invoquée ci-dessus. Il faudrait analyser en détail les lignes de partage entre les différentes disciplines pour raffiner l'argument développé ici.



Eugène Delacroix (1847-1848), La Vérité sortant du puits

rience directe du fonctionnement de la communauté scientifique, une espèce de sociologie intuitive du milieu, qui les mène à penser que les idées vraies, en général, finissent tôt ou tard par l'emporter. Mais ce n'est pas nécessairement le cas pour les non-scientifiques. Quelles raisons ont-ils, eux, voyant les choses de l'extérieur, d'accorder à la communauté scientifique le minimum de confiance nécessaire pour qu'il soit alors rationnel d'accepter ce qu'elle dit ?

De la justice, on dit que, pour être crédible, elle ne doit pas seulement être neutre, mais paraître neutre. Est-ce que la communauté scientifique donne les apparences de neutralité qui permettraient au public d'avoir rationnellement « confiance dans la science » ?

Neutralité et apparence de neutralité

Indiquons brièvement certains facteurs qui peuvent mettre en péril cette apparence de neutralité.

Le problème des fraudes et des erreurs, par exemple la publication de l'article de Benveniste sur la « mémoire de l'eau » dans *Nature* ou la thèse des frères Bogdanov [6]. Si l'on prend en considération le fait que la communauté scientifique est composée d'êtres humains et non d'anges, ces fraudes et erreurs ne sont pas si fréquentes que cela et sont, malgré tout, assez souvent dénoncées. Mais le grand public n'a pas les moyens d'évaluer la fréquence de ces fraudes et erreurs et cela produit certainement un fort effet de délégitimation de la science.

Le problème de la corruption ou de la décadence (possible) de l'institution scientifique. L'idée étant ici que la science a peut-être réalisé des choses extraordinaires dans le passé, mais qu'elle ne le fait plus de nos jours, à cause, soit de la commercialisation de la culture, soit de la crise de l'enseignement, soit de la nécessité croissante d'obtenir des financements, soit de la bureaucratisation de la recherche, soit de l'influence croissante des effets de mode (ou d'une combinaison de ce qui précède).

La question des sources de financement. La recherche a évidemment besoin d'argent ; si celui-ci ne vient pas du secteur public, il sera recherché dans le secteur privé. Il est évident que cette dernière source ne paraît pas neutre (même en supposant que la recherche ainsi financée le soit).

Malheureusement, les sources publiques elles-mêmes paraissent de moins en moins neutres, parce que les gouvernements donnent de façon croissante l'impression d'être liés aux grandes entreprises et aux multinationales (ou, du moins, ils ne se soucient pas beaucoup de ne pas donner cette impression).

Finalement, il y a le lien entre scientifiques et militaires. Pendant la guerre du Viêt-Nam, comme durant la probablement longue période actuelle de « guerre à la terreur », des milliers de scientifiques ont travaillé et travaillent directement pour l'armée et les organisations chargées de l'espionnage. Ils construisent de (véritables) armes de destruction massives, capables d'éliminer une bonne partie du genre humain. D'autres, plus nombreux encore, acceptent de l'argent venant de sources militaires pour accomplir des recherches civiles, sans se soucier des effets de légitimation du militaire (ou de délégitimation de la science) que cela produit. Dans de nombreux endroits du monde, la science est dénoncée, pour des raisons religieuses ou politiques, comme « occidentale ». Cette idée est, il est vrai, facilement critiquable d'un point de vue théorique : la science, comme toutes les assertions de fait, est vraie ou fausse, pas occidentale ou non, et elle est de plus en plus pratiquée par des non-occidentaux. D'autre part, que des gens aient des pratiques moralement condamnables n'implique absolument pas que leurs assertions factuelles soient fausses. Mais le problème de la confiance se repose. Il est parfaitement rationnel de se méfier de gens que l'on considère comme étant sans scrupules. Et, comme la domination occidentale sur le reste du monde a été entièrement fondée sur sa supériorité militaire, qui repose elle-même sur la technologie, tenter de maintenir cette supériorité (même si c'est en vain), contribue fortement à faire apparaître la science comme suspecte. Pourquoi tant de scienti-

ifiques sont-ils indifférents au discrédit que la collaboration entre eux et les militaires jette sur la science, particulièrement dans le tiers-monde ?

Il est évident que répondre convenablement à ces interrogations, à supposer que cela soit possible, prendrait beaucoup de temps. Néanmoins, elles suggèrent au moins une chose : pour être crédible, la communauté scientifique, ainsi que celle qui l'entoure et la finance, devrait suivre des règles éthiques extrêmement strictes, dont on voit mal comment elles pourraient être acceptées ou imposées. Par conséquent, il y a tout lieu de craindre que le scepticisme à l'égard des sciences ait de beaux jours devant lui, et que, de plus, il ne soit pas uniquement dû, comme on aimerait peut-être le croire, à l'irrationalité des masses. ■

Références

[1] Susan Haack, *Evidence and Inquiry. Towards Reconstruction in Epistemology*, Blackwell, Oxford, 1993.

[2] Susan Haack, « Le bras long du sens commun : En guise de théorie de la méthode scientifique », *Philosophiques*, Volume 30, numéro 2, Automne 2003.

[3] Jean Bricmont, « Comment peut-on être positiviste ? », sur le site www.pseudo-sciences.org

[4] Alan Sokal, *Pseudosciences et postmodernisme. Adversaires ou compagnons de route ?*, Odile Jacob, Paris, 2005.

[5] Analyse de la thèse de Mme Élizabeth Teissier intitulée « Situation épistémologique de l'astrologie à travers l'ambivalence fascination/rejet dans les sociétés postmodernes », 2001. Bernard Lahire, Philippe Cibois, Dominique Desjeux, Jean Audouze, Henri Broch, Jean-Paul Krivine, Jean-Claude Pecker, Denis Savoie et Jacques Bouveresse. Sur le site www.pseudo-sciences.org

[6] Suzy Collin-Zahn, « Les frères Bogdanov : science ou fable ? », *Science et pseudo-sciences* n° 313, juillet 2015. Sur www.pseudo-sciences.org

Incertitudes technologiques

Y a-t-il vraiment une demande de « participation citoyenne » ?

Virginie Tournay

Virginie Tournay est directrice de recherche au CNRS, au centre de recherches politiques de SciencesPo. Elle travaille sur les politiques du vivant et a publié de nombreux ouvrages sur la sociologie des institutions dont un de vulgarisation, sous la forme d'un échange entre un physicien et un sociologue (*S'il te plait, dessine-moi une institution*, Glyphes, 2012). Cette pièce politique met en scène les différentes manières d'appréhender les phénomènes institutionnels.



La question n'est pas de modifier la tapisserie pour que rien ne change, de jouer un peu à la démocratie participative pour flatter le public et donner du grain à moudre aux militants.

Guy Hermet,
L'hiver de la démocratie ou le nouveau régime,
Armand Colin, 2007, p. 13.

Pourquoi assistons-nous depuis vingt ans à une prolifération des dispositifs participatifs dans les situations d'incertitude technologique ? Lorsqu'elle est organisée par les pouvoirs publics, l'entrée des citoyens dans les affaires scientifiques prend la forme de débats sur des sujets tels que les organismes génétiquement modifiés, les nanotechnologies ou les ondes électromagnétiques. D'où proviennent ces dispositifs ? Deux scénarios sont régulièrement proposés.

Le premier place les « sciences participatives » contemporaines dans la lignée des observateurs amateurs qui ont contribué à l'astronomie et aux sciences naturelles. Ces dispositifs seraient un gage d'amélioration scientifique. Pour le second, il s'agirait d'une forme institutionnalisée de la contestation des risques technologiques émergents. Ces dispositifs répondraient à une demande sociale et constitueraient, par ce fait même, un réel progrès démocratique.

À l'encontre de ces intuitions communément partagées, les lignes qui vont suivre visent à montrer l'inconsistance de ces entreprises participatives qui prétendent, en définitive, encadrer et anticiper l'indécidable.

L'idée que la délibération participative en contexte d'incertitude serait scientifiquement utile et constituerait forcément une plus-value démocratique repose sur des biais cognitifs. Cette injonction participative pose en fait problème, tant dans la recherche scientifique que dans le fonctionnement de nos démocraties.

Des cas utiles de consultation citoyenne

Certaines formes de participation de groupes habituellement non représentés dans les débats autour de l'entreprise scientifique constituent un progrès scientifique et démocratique indéniable. Voici quelques exemples :

1) Caractériser les valeurs morales et éthiques d'une société sur un sujet donné. Par exemple, la conférence de citoyens sur la fin de vie, organisée en 2013 par le Comité consultatif national d'éthique pour les sciences de la vie et de la santé [1] visait à constituer un panel de citoyens illustrant la variété des points de vue sur ce sujet. Dans ce cas précis, cette méthodologie fait émerger certaines caractéristiques de l'opinion publique que le vote ou les positions politiques ne suffisent pas à mettre en lumière, notamment parce que les positionnements autour de la fin de vie dépassent les clivages politiques partisans.

2) Prendre en charge des risques avérés. Par exemple, l'association communautaire Marie-Madeleine, investie dans la lutte contre le SIDA, répond aux besoins spécifiques de communautés étrangères en matière d'information et de prévention contre les infections sexuellement transmissibles.

3) Inventorier des formes très particulières d'activisme médical visant à la reconnaissance institutionnelle de maladies rares (comme l'association de lutte contre les myopathies) ou au partenariat étroit entre patients et médecins (au début de l'épidémie de SIDA). Le vécu de la maladie enrichit le savoir des cliniciens.

4) Contribuer à la consolidation de connaissances. L'histoire de disciplines comme l'astronomie ou les sciences naturelles est marquée par la participation d'amateurs ayant contribué à la consolidation de connaissances [2].

Inadapté en situation d'incertitude technologique

Face à ces dispositifs participatifs en contexte incertain, trois points au moins posent question :

- le principe de précaution quand il est invoqué pour l'instauration de ces dispositifs *a priori* ;
- la correspondance automatique établie entre les anticipations techniques et l'injonction collective à l'intervention des non-experts dans la recherche ;
- l'affirmation d'une demande sans ambiguïté alors qu'il s'agit fréquemment d'une politique de l'offre.

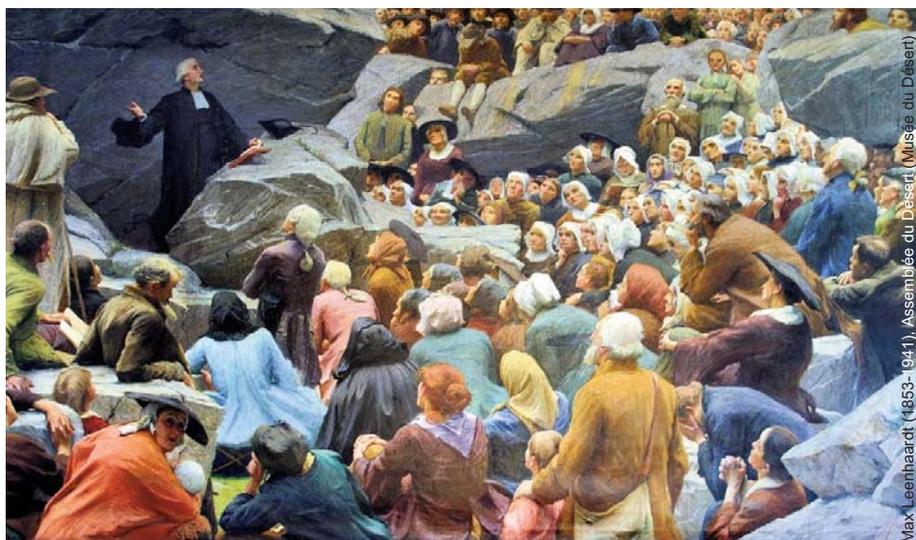
L'illusion du risque « zéro »... ou les dangers du populisme précautionniste

Gérald Bronner et Etienne Géhin [3] ont montré les dangers de la confusion entre risque avéré et incertitude. Inséré dans la constitution en 2005, le principe de précaution concerne des situations où « *la réalisation d'un dommage, bien qu'incertaine en l'état des connaissances scientifiques, pourrait affecter de manière grave et irréversible l'environnement* ». Cette injonction, élevée au rang constitutionnel, oblige à une recherche ininterrompue d'un « risque zéro » que personne ne peut garantir, en particulier dans les démocraties modernes [4]. Elle favorise la mise en place de procédures de concertation à des étapes de l'innovation où les dangers ne sont pas identifiés, dans des phases expérimentales ou au niveau des études d'impact.

Membre de la commission Bartolone qui a réexaminé ce principe constitutionnel, la députée Karine Berger s'interroge à ce propos : « *La loi Neuwirth aurait-elle pu être promulguée sans être censurée par le Conseil constitutionnel en 1969 si le principe de précaution avait été inscrit dans notre Constitution, sachant qu'il n'y avait alors aucun moyen de s'assurer qu'une généralisation de la contraception ne comportait pas un risque pour la santé des femmes ? C'est d'ailleurs sur cet argument que s'était appuyée une grande partie de la majorité de l'époque pour faire obstacle à la loi* » [5]. Également opérée par Bernard Accoyer, la critique de l'opérationnalité de ce principe constitutionnel va donc au-delà des clivages politiques. L'introduction du principe de précaution crée une confusion entre ce qui n'est pas mesuré et ce qui n'est pas mesurable. Les contextes d'incertitude sont très différents des situations dans lesquelles les risques techniques sont identifiés, comme l'exposition à l'amiante ou le risque de transmission du VIH. Dans ces cas de figure, il faut des concertations élargies afin d'étudier les pratiques, de mettre en place des mesures de protection et de fournir une information accessible au plus grand nombre.

L'illusion de la rupture historique... ou les dangers de l'oubli du passé

L'institutionnalisation de la participation publique en contexte scientifique incertain repose sur l'idée qu'il y aurait aujourd'hui une conscience collective accrue des risques techniques. Nous serions davantage en mesure d'anticiper, suite en particulier aux horreurs de la seconde guerre mondiale. Les réflexions éthiques sur les sciences de la vie et de la santé invoquent souvent le comportement des physiciens impliqués dans le projet Manhattan [6]. Comme l'illustrent dès le milieu des années soixante-dix les actions de Paul Berg (conférence Asilomar qui demande un moratoire sur certaines expériences de génie génétique) ou de Jean Dausset (mise en place du Mouvement universel de la responsabilité scientifique),





Lucas Cranach the Elder (1472-1553). L'arbre de la connaissance du bien et du mal.

des membres de la communauté scientifique prennent l'initiative d'examiner leur responsabilité en tant que représentant de ce corps professionnel.

Pour autant, la contestation des sciences et des techniques est bien plus ancienne que le nucléaire militaire. C'est un fait structurel, lié au décalage constant et universel entre les capacités techniques d'une société à un moment donné et ses capacités de prévision sur le long terme. Ce décalage s'accompagne d'une difficulté constitutive à penser aux conséquences lointaines de ce qui émerge et il engrange une technophobie structurelle difficilement réductible. L'incapacité à prédire le futur technique ne date pas de ces trente dernières années. Ce

n'est pas donc pas elle qui a « naturellement » conduit à la nécessité de démocratiser les tenants et les aboutissants de la recherche scientifique. Penser que nous sommes aujourd'hui plus effrayés par les risques techniques est en partie une illusion rétrospective qui conduit au « présentisme ». Travaillée par l'historien François Hertog, cette notion renvoie à l'inquiétude face à un avenir frappé d'incertitude, avec pour conséquence un enfermement de l'individu dans un présent qui obère le futur, jugé forcément menaçant [7].

L'illusion d'une politique de l'offre... ou les dangers d'une « industrie » de la participation

Des travaux comme ceux de Cécile Blatrix ou Guillaume Gourgues [8] suggèrent qu'il y a des situations innombrables dans lesquelles les dispositifs de participation sont adoptés sans qu'aucun conflit apparent ne puisse les expliquer. La pression sociale pour des procédures délibératives demeure indétectable. Tout comme l'allongement du cou de la girafe n'est pas lié à sa volonté propre d'atteindre les plus hautes branches des arbres, l'injonction à la participation dans le travail scientifique ne résulte pas d'une demande émanant d'une majorité de nos concitoyens.

Les dispositifs publics ne sont pas toujours directement connectés à une demande sociale. Il serait intéressant de tester le désir réel des citoyens d'évaluer les nouvelles technologies. Quand demande il y a, ne porte-t-elle pas plutôt sur des garanties relatives aux procédures d'évaluation ? Cette voie nous rapprocherait de travaux d'électoralistes américains montrant que les citoyens, en majorité, privilégient la sphère privée et ne souhaitent pas intervenir outre mesure dans le politique (concept de démocratie furtive) [9].

De loin, c'est quelque chose, et de près, ce n'est rien...

« De loin, c'est quelque chose, et de près, ce n'est rien » (Jean de La Fontaine [11]). Au fur et à mesure que nous nous rapprochons des dispositifs formels de la démocratie participative, leur inconsistance logique et démocratique devient patente. Comment expliquer alors leur maintien dans la vie politique ? Des éléments explicatifs se trouvent dans les formes d'attestation de la demande sociale et dans la médiation scientifique qui perd progressivement sa composante culturelle.



« La demande sociale se mesure » : la « preuve » par l'indicateur d'acceptabilité sociale

Une faible acceptabilité sociale de la biologie de synthèse signifie-t-elle réellement que l'opinion publique est d'emblée réfractaire à ces objets ? Au-delà du flou de la notion « d'acceptabilité », cet indicateur serait sensible à ce que chacun entend dire de menaces à plus ou moins long terme. La nature même de ce qui est mesuré reste confuse. Ce que transmettent les médias constitue une variable déterminante dans le positionnement des répondants [12]. Les résistances de riverains face à la modernisation d'un aéroport synonyme de nuisances sonores ne font aucun doute. Les conséquences sur la qualité de vie des populations locales sont prévisibles, le conflit d'intérêt est flagrant. La situation est totalement différente pour les biotechnologies. Les personnes interrogées ne sont pas nécessairement en mesure d'explicitier précisément les propriétés scientifiques de l'objet incriminé, ni de dire quels effets néfastes ils craignent.

« La demande sociale existe » : la « preuve » par les structures participatives

La simple mise en place de structures participatives accrédite l'idée d'une « demande sociale de participation » sans questionner sa réalité, ses conditions de production et son caractère inégalement réparti, selon les territoires et les thématiques. Comme l'ont souligné les auteurs préalablement cités, beaucoup de travaux universitaires s'intéressent au sujet concernent l'observation ethnographique des mises en scène des participations citoyennes, mais trop peu portent sur l'analyse des conditions de mise en place de ces dispositifs.

Des politiques scientifiques amnésiques de leur composante culturelle

Pourquoi tant de rejet vis-à-vis des OGM ? La cacophonie contestataire autour du génie génétique se propage sur un malentendu sémantique. L'histoire de la classification dite « naturelle » des organismes biologiques

Références

- [1] « Avis citoyen et vidéo de la conférence de citoyens sur la fin de vie », 16 décembre 2013. Sur le site du comité consultatif national d'éthique pour les sciences de la vie et de la santé : www.ccne-ethique.fr
- [2] Ces deux derniers points ont été abordés dans : Virginie Tournay, « Les paradoxes d'une discussion participative sur les choix technologiques. Pourquoi la parole démocratique est-elle aujourd'hui revendiquée dans la République des Sciences ? », (dir. Michel Wieviorka), *La Science en question*, Sciences Humaines, 2011.
- [3] *L'inquiétant principe de précaution*, PUF, Paris, 2010. L'expression « populisme précautionniste » est extraite de cet ouvrage.
- [4] Myriam Revault d'Allonnes, *La crise sans fin. Essai sur l'expérience moderne du temps*, Seuil, Paris, 2012.
- [5] Rapport de la commission Bartolone-Winock, *Refaire la démocratie*, Assemblée nationale, Rapport n° 3100, p. 159.
- [6] François Gros, François Jacob et Pierre Royer, *Sciences de la vie et société : Rapport présenté à monsieur le Président de la République*, Documentation française, Paris, 1979.
- [7] François Hartog, *Régime d'historicité*, Seuil, Paris, 2003.
- [8] Cécile Blatrix, « Des sciences de la participation : paysage participatif et marché des biens savants en France » et Guillaume Gourgues, « Penser la participation publique comme une politique de l'offre, une hypothèse heuristique », *Quaderni*, n° 79, 2012, p. 59-80.
- [9] John Hibbing et Elisabeth Theiss-Morse, *Stealth Democracy: American's Beliefs about How Government Should Work*, New York, Cambridge University Press, 2002. Je remercie Bruno Cautres d'avoir porté ce concept à ma connaissance.
- [10] Pascale Laborier, Frédéric Audren, Paolo Napoli et Jakob Vogel (dir.), *Les sciences camérales. Activités pratiques et histoire des dispositifs publics*, PUF, 2011.
- [11] Jean de la Fontaine, *Le chameau et les bâtons flottants*, Livre IV, 10.
- [12] Lire à ce propos les belles analyses de Marcel Kuntz, *OGM, la question politique*, PUG, 2014.
- [13] Virginie Tournay et Jean-Christophe Pagès, « Organismes génétiquement modifiés (OGM) : un terme polysémique à l'épreuve de la communication et de l'évaluation », *Hermès*, n° 73, 2015.
- [14] Sur la problématique de sa mesure en sociologie électorale, Bruno Cautres, « La culture impacte-t-elle les votes ? », *Œil*, n° 666, mars 2014.

est surtout une histoire culturelle. En effet, il y a un écart irréductible entre le monde vivant tel qu'il est, et les constructions culturelles que nous utilisons pour décrire ces organismes [13].

Ne pas prendre cela en considération, c'est oublier que les pères de la biologie évolutive, Darwin et Lamarck, n'ont jamais appréhendé la notion « d'es-pèce » autrement que comme une manière commode de découper et de décrire le monde, sans volonté particulière d'essentialiser davantage ce terme. Aussi, il est fort probable que l'impact des classifications scientifiques passées dans le langage courant joue un rôle non négligeable dans le rejet du « génétiquement modifié ». Les raccourcis du langage courant entretiennent la confusion générale autour des risques et la diabolisation de l'incertitude. Si « science sans conscience n'est que ruine de l'âme », que dire d'une politique scientifique devenue amnésique de sa composante culturelle ? On oublie trop fréquemment que l'ingénierie à l'origine de l'insuline recombinante est la même que celle qui produit des plantes génétiquement modifiées...

On peut fortement douter que la confiance de nos concitoyens dans les institutions scientifiques se construise à travers une diversification des outils formels de la démocratie telle que l'ingénierie participative. L'attention doit plutôt porter sur le renforcement de structures existantes, comme l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques (OPECST).

Il y a également fort à parier que les contenus culturels des politiques retentissent sur les structures d'opinion politique [14]. Point non négligeable dans une époque où l'obscurantisme va bon train... ■

Dépakine et Mediator : repensons la pharmacovigilance

Catherine Hill

Catherine Hill est épidémiologiste et biostatisticienne, chercheuse à l'institut Gustave Roussy et ancienne membre du Conseil scientifique de l'Agence du médicament. Ce texte est une adaptation et un développement d'une tribune publiée dans *Le Monde Science et médecine* (22 mars 2016).



La pharmacovigilance consiste à surveiller les effets indésirables des médicaments ou des vaccins mis sur le marché. Les études réalisées avant la mise sur le marché n'ont généralement pas inclus suffisamment de sujets pour détecter des effets un peu rares et ont exclu certaines catégories de sujets, notamment les personnes âgées et les femmes enceintes.

Les professionnels de santé doivent déclarer immédiatement tout effet indésirable suspecté d'être dû à un médicament. Ces notifications sont à adresser au centre régional de pharmacovigilance dont ils dépendent. Depuis juin 2011, les patients peuvent

aussi déclarer un effet indésirable en ligne sur le site de l'Agence nationale de sécurité du médicament et des produits de santé (ANSM). Il y a certainement énormément de biais, mais ils sont inévitables. Certains médecins ne déclarent jamais d'événements indésirables, d'autres probablement en déclarent trop. Un événement grave et rare survenant juste après une vaccination sera très probablement notifié, même si en réalité, le vaccin n'augmente pas ce risque. Une alerte médiatique, pas nécessairement pertinente, peut entraîner une volée de déclarations.

Le système est d'autant plus efficace que les événements sont rares et surprenants comme les narcolepsies après vaccination contre la grippe H1N1. Il fonctionne moins bien pour un traitement qui augmente de 50 % un risque fréquent. Il fonctionne relativement mal, voire pas du tout, pour les risques à long terme, notamment parce que les diagnostics seront alors souvent faits par un médecin indépendant de celui qui a prescrit le médicament (les neurologues et les psychiatres qui prescrivent Dépakine et Dépakote à une femme en âge de procréer, ou plus jeune, ne sont pas ceux qui observeront les malformations congénitales ou les troubles neuro-développementaux de son enfant exposé *in utero*).

Les notifications spontanées sont, en France, évaluées en termes d'imputabilité, c'est-à-dire que les spécialistes de pharmacovigilance décident sur la base des informations disponibles si l'événement est considéré comme imputable au médicament ou pas. Les informations sont souvent lacunaires, ce qui rend

l'exercice difficile. Les industriels produisent des rapports périodiques de surveillance (ou PSUR pour *Periodic Surveillance Update Reports*), les services de pharmacovigilance hospitalière font des enquêtes. L'ANSM évalue les signalements issus des centres régionaux de pharmacovigilance et des industriels, et publie un bulletin des vigilances trimestriel qui est en ligne [1].

Si l'analyse des notifications spontanées ne démontre pas de façon convaincante l'augmentation d'un risque chez les personnes exposées à un médicament ou vaccin, on fait des enquêtes de pharmaco-épidémiologie. On peut par exemple comparer le risque chez des sujets exposés au traitement et chez des sujets aussi comparables que possible mais non exposés ; ce type d'étude est facilité par la disponibilité des données de remboursements de médicament et des données d'hospitalisation. On peut aussi comparer l'exposition au produit suspecté chez des sujets atteints et chez des sujets non atteints par la maladie étudiée.

La vigilance s'arrête le plus souvent quand le risque est signalé dans la notice, les signalements ultérieurs sont alors simplement classés dans la rubrique « effet indésirable connu » et l'agence déclare en général « la balance bénéfico-risque reste positive ».

Le valproate de sodium

Un médicament efficace peut cacher un risque épouvantable. Le valproate de sodium, commercialisé en 1967 est un très bon traitement de l'épilepsie et des troubles bipolaires.

Malheureusement, il est extrêmement toxique pour les enfants exposés *in utero* : 10 % ont des malformations souvent multiples (la plus connue étant le

Diverses appellations autour d'un même produit actif



L'acide valproïque fait partie de la liste des médicaments essentiels définie par l'Organisation mondiale de la santé. L'acide valproïque, ainsi que ses sels, principalement le valproate de sodium, sont des médicaments antiépileptiques (anticonvulsivants), thymorégulateurs et calmants. Le principe actif, le valproate de sodium, est présent, soit directement, soit sous forme de précurseur dans les spécialités regroupées sous le terme générique de « valproate » et commercialisées sous diverses appellations, principalement :

- Dépakine, dénomination commune internationale (DCI) : valproate de sodium ;
- Micropakine, DCI : acide valproïque et valproate de sodium ;
- Dépamide, DCI : Valpromide ;
- Dépakote, DCI : divalproate de sodium.

Les deux premières spécialités ont obtenu l'AMM pour le traitement de l'épilepsie [...], les deux suivantes sont autorisées pour le traitement des troubles bipolaires.

Source : « Enquête relative aux spécialités pharmaceutiques contenant du valproate de sodium », rapport de l'IGAS, février 2016. Sur le site www.igas.gouv.fr

Éléments de chronologie

Voici quelques repères chronologiques tirés du rapport de la mission d'enquête de l'IGAS (Inspection générale des affaires sociales, février 2016).

C'est en 1967 que le valproate de sodium est commercialisé comme antiépileptique (sous le nom d'Eurekene). Son indication est élargie au traitement des troubles bipolaires.

Les effets tératogènes (risques de malformation du fœtus) sont identifiés au début des années 1980 (en particulier les anomalies de fermeture du tube neuronal – spina bifida). Lorsque l'AMM (autorisation de mise sur le marché) de la Dépakine est accordée en 1986, son RCP (résumé des caractéristiques du produit, ensemble d'informations plus particulièrement destiné aux professionnels de santé et constituant une des annexes de la décision d'AMM) mentionne le risque de spina bifida, mais le produit n'est pas déconseillé aux femmes enceintes.

Dans les années 1980 et 1990, les malformations congénitales attribuables au valproate de sodium font l'objet de publications scientifiques de plus en plus précises. Les centres régionaux de pharmacovigilance signalent de plus en plus de cas de malformation sous Dépakine.

Entre 1995 et 2000, « *les risques malformatifs désormais mieux connus sont insuffisamment pris en compte dans le RCP et la notice* » du médicament (rapport IGAS, page 36).

Fin des années 2000, sur la base d'études prospectives, des effets délétères sur le développement cognitif et comportemental des enfants exposés *in utero* est attribué avec certitude au valproate de sodium. En 2013, la relation entre l'exposition *in utero* au valproate de sodium et une forme d'autisme est établie.

Pour l'IGAS, c'est en 2004 que l'« on peut considérer [que] l'accumulation des signaux justifiait des mesures d'information à l'attention des prescripteurs et des patients ». La mission d'enquête relève cependant que ce n'est qu'en 2010 que les risques de grossesses sous traitement au valproate de sodium sont clairement mentionnés, alors qu'auparavant, « un simple renvoi de type "consultez votre médecin en cas de grossesse" était notifié ». Sur la base des registres de malformations en Rhône-Alpes, et par extrapolation au niveau national, le nombre d'enfants exposés *in utero* au valproate entre 2006 et 2014 et porteurs d'une malformation congénitale a été estimé aux alentours de 450 cas¹.

¹ Depuis, l'ANSM et la CNAM ont recensé toutes les grossesses exposées au valproate entre 2007 et 2014 et trouvé 14 322 grossesses et 8701 naissances vivantes. Ceci pourrait correspondre à 870 enfants malformés en 8 ans, nettement plus que 450 en 9 ans !

Source : « Enquête relative aux spécialités pharmaceutiques contenant du valproate de sodium », rapport de l'IGAS, février 2016. Sur le site www.igas.gouv.fr

spina-bifida, un défaut de fermeture du tube neural exposant à un handicap grave), 60 % un visage particulier et 30 à 40 % des retards du développement psychomoteur ou des troubles autistiques. Ces atteintes peuvent se cumuler. La ministre de la santé vient d'annoncer (7 mars 2016) une série de mesures pour éviter la prescription de ces médicaments aux femmes enceintes et améliorer la prise en charge des enfants atteints.

Le retard de prise en compte des effets du valproate pendant la grossesse, pourtant connus chez l'animal au moins depuis 1976 et décrits en 1982 chez l'homme, succédant à l'affaire du Mediator, montrent les insuffi-

sances de la surveillance des médicaments en France. L'objectif de cette surveillance semble ambivalent : s'agit-il de protéger le patient, l'industriel, les prescripteurs ou l'ANSM elle-même ?

Est-ce la mauvaise information ou l'imprudence des médecins qui les a conduits pendant 40 ans à prescrire la Dépakine à des femmes enceintes malgré l'accumulation d'observations de ses effets nocifs ? Les nombreuses publications décrivant les conséquences sur le fœtus de l'exposition au valproate des femmes pendant la grossesse auraient dû aboutir à l'interdiction du médicament chez les femmes enceintes. Cependant l'impact de ces études a été limité par trois types de critiques infondées.

La première critique portait sur le caractère rétrospectif des études, présenté comme un défaut. Ceci est une erreur fondamentale en matière de pharmacovigilance, l'observation rigoureuse de données déjà collectées permet très souvent d'aboutir à une conclusion indiscutable. La plupart des effets indésirables des médicaments ont été mis en évidence sur la base de données rétrospectives, notamment les effets du thalidomide, du diéthylstilbestrol, du benfluorex, et des pilules de 3^e et 4^e générations. Dans le cas du valproate de sodium, l'exposition et les risques sont faciles à identifier : les femmes épileptiques ou bipolaires ont un traitement au long cours, les malformations et les particularités du visage sont faciles à reconnaître et les troubles du développement sont mesurables. La plupart des publications présentant des données rétrospectives considèrent que le caractère rétrospectif des études limite la portée de leurs résultats¹.

La deuxième critique portait sur le niveau de preuve de la responsabilité du médicament, considéré comme faible dans la mesure où les données ne provenaient pas de méta-analyses d'essais thérapeutiques randomisés (cf. Rapport IGAS [3], page 23). Ceci est une autre erreur fondamentale. Les effets indésirables des traitements sont heureusement souvent rares et surviennent parfois longtemps après le début du traitement ; les essais n'apportent donc que très peu d'information. Qui, de plus, aurait osé proposer à une femme enceinte épileptique un tirage au sort entre la Dépakine et un autre traitement après 1982, date de démonstration du risque de spina bifida [4,5,6] ? Par ailleurs, les essais, en général, n'incluent pas, et à raison, de femmes enceintes. Pour étudier la nocivité d'un médicament pendant la grossesse, en dehors de l'expérimentation animale, on ne peut pas faire mieux que d'analyser l'ensemble des observations.

¹ Ainsi, en 1986, une étude a comparé le risque de malformation chez 116 enfants nés de mère épileptique et chez 116 enfants témoins nés de mère non épileptique, les mères étant appariées sur le statut socioéconomique, l'âge, la parité, la maternité et le tabagisme. Le risque de malformations majeures chez les 26 enfants nés de mère épileptique traitée par acide valproïque était de 15 %, contre 7,7 % chez 26 témoins appariés aux cas et 6,0 % dans l'ensemble des témoins. Il y avait aussi quatre fois plus d'anomalies mineures chez les enfants exposés à l'acide valproïque in utero que chez les témoins. Les données suggéraient une relation dose-effet, et sept enfants avaient un syndrome fœtal du valproate. Cette étude montre une augmentation statistiquement significative ($p=0,01$) de la fréquence des anomalies chez les 14 enfants exposés à l'acide valproïque *in utero* seul, comparés à l'ensemble des 116 enfants témoins non exposés. Pourtant, cette étude conclut : « *Certainly, more prospective studies on infants born after VPA monotherapy are required to ascertain the risk of VPA to the fetus* » [2].

La troisième critique consistait à invoquer systématiquement, sans aucun argument, des causes non identifiées autres que le valproate pour expliquer les anomalies observées. L'idée sous-jacente était que les femmes exposées au valproate avaient des enfants malformés ou présentant des troubles du développement parce qu'elles étaient épileptiques ou bipolaires, ou parce qu'elles appartenaient à des sous-populations à risque de malformations ou de troubles du développement. Ce sont des hypothèses légitimes. Cependant, l'analyse des données des enquêtes d'observation permet de comparer les risques en tenant compte de ces facteurs de confusion, s'ils sont connus. Par ailleurs, et c'est une règle générale, pour qu'un facteur de confusion explique la multiplication d'un risque par cinq par exemple (ou par vingt), il faut qu'il soit cinq fois (vingt fois) plus fréquent chez les sujets exposés et qu'il multiplie lui-même le risque par cinq (ou par vingt) ; ceci rend cette hypothèse très peu plausible pour des risques élevés [7].

Le niveau de preuve ne doit en aucun cas être le même pour évaluer le bénéfice d'un médicament et pour mesurer ses risques.

Au lieu de faire des études approfondies pour préciser la réalité du risque, les industriels et l'ANSM se sont contentés d'accumuler pendant des décennies les signalements d'effets indésirables par les prescripteurs (notifications spontanées). Les rapports de pharmacovigilance de l'industriel contiennent ainsi de nombreuses alertes qui ont été ignorées. L'ANSM a elle aussi accumulé les notifications spontanées d'effets indésirables observés chez des personnes exposées à la Dépakine sans les étudier. Elle a envoyé à l'Association d'aide aux parents d'enfants souffrant du syndrome de l'anticonvulsivant (APESAC) un dossier de 765 pages contenant 8 000 signalements d'effets indésirables associés au valproate [8]. Ces données ne sont triées ni sur la date, ni sur l'âge, ni sur le type de problème. On peut y recenser 376 cas concernant des avortements ou des naissances de 1986 à avril 2015. Ces exemples illustrent la façon négligente, voire erro-



© Dolgachov | Dreamstime.com

née, dont les notifications spontanées sont considérées par la pharmacovigilance institutionnelle et industrielle.

Un autre problème de cette pharmacovigilance est le concept d'imputabilité dans le contexte des notifications spontanées. Quand il s'agit d'évaluer des risques qui ne sont pas encore identifiés, écarter les signalements d'effets indésirables sous prétexte qu'ils ne sont pas attribuables de façon certaine au médicament est une erreur de raisonnement aussi majeure que circulaire ; c'est pourtant une pratique courante.

Repenser la pharmacovigilance

Il apparaît donc urgent de repenser entièrement la pharmacovigilance, en comprenant la différence entre preuve d'efficacité et preuve de toxicité et en renonçant aux raisonnements erronés ayant conduit à ignorer des signaux qui se sont accumulés depuis plus de quatre décennies.

Il faut examiner les notifications spontanées d'une façon beaucoup plus ouverte au lieu de les éliminer quasi systématiquement au motif que les dossiers sont incomplets ou que l'effet indésirable n'est pas imputable au traitement en cause. Il faut cesser de classer les notifications spontanées en fonction de l'imputabilité. Si un médecin prend la peine de signaler un événement indésirable, l'écarter sous prétexte qu'il n'est pas lié au traitement possiblement incriminé interdit toute découverte de nouveau problème. C'est ainsi que les valvulopathies à Mediator ont été systématiquement imputées à un antécédent de rhumatisme articulaire aigu, alors même que cette maladie infectieuse avait disparu de France depuis les années 50, en tout cas en métropole.

Il faut aussi et surtout apprendre à réaliser, beaucoup plus vite et plus systématiquement, des études comparatives en cas de suspicion d'effet nocif d'un médicament. Les questions fondamentales sur l'utilisation du valproate pendant la grossesse (« est-ce que le valproate de sodium augmente le risque de malformations et de troubles du développement plus que l'épilepsie, ou plus que les autres médicaments antiépileptiques ? ») auraient, de fait, trouvé une réponse beaucoup plus tôt. On aurait probablement évité plusieurs milliers de naissances d'enfants handicapés. Et on aurait également mis en évidence des risques augmentés de défauts de vision et d'audition, comme suggéré dans un rapport industriel dès 2001.



Il ne faut pas cesser la surveillance parce qu'un risque a été identifié et est signalé dans le résumé des caractéristiques du produit et sur la notice ; cette stratégie a notamment conduit à ignorer l'importance des risques de l'acide valproïque pendant la grossesse. On ne devrait déclarer que la balance bénéfice-risque reste positive qu'après avoir mesuré les risques et les bénéfices.

Parce qu'il s'agit de contrôler d'énormes intérêts financiers et humains, l'agence responsable de la pharmacovigilance devrait s'appuyer sur des principes scientifiques solides et renoncer aux erreurs de raisonnement du passé. Elle devrait aussi disposer de moyens financiers conséquents assurant son indépendance vis-à-vis d'éventuelles influences extérieures et lui permettant de commander les études nécessaires. Enfin, il lui faudrait aussi assumer ses responsabilités pénales en cas de négligence ou de mauvaise pratique.

Aujourd'hui, on voit bien que l'industriel s'abrite derrière l'ANSM, qui s'abrite derrière les prescripteurs, qui s'abritent derrière l'efficacité du médicament et leur respect des règles édictées par l'ANSM et l'industriel, bouclant ainsi la boucle.

L'étendue des dommages

La caisse nationale d'assurance maladie et l'ANSM ont recensé 14 322 grossesses exposées au valproate en France entre 2007 et 2014, ayant donné naissance à 8701 enfants nés vivants [9]. Par ailleurs, la direction Générale de la Santé a communiqué les ventes annuelles de valproate en France entre 1983 et 2015, en séparant les traitements de l'épilepsie et ceux des troubles bipolaires. Les ventes annuelles ont été supposées avoir augmenté de façon linéaire entre 1967 et 1983 pour le traitement de l'épilepsie et entre 1977 et 1983 pour le traitement des troubles bipolaires.

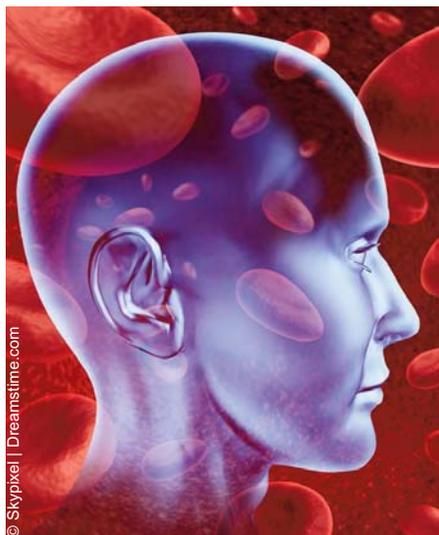
Références

- [1] *Vigilances*, Bulletin de l'Agence nationale de sécurité du médicament et des produits de santé (ANSM) n° 69, avril 2016. En ligne sur ansm.sante.fr
- [2] Elke Jäger-Roman MD et coll. "Fetal growth, major malformations, and minor anomalies in infants born to women receiving valproic acid". *The Journal of Pediatrics*, 1986, 108(6):997-1004
- [3] « Enquête relative aux spécialités pharmaceutiques contenant du valproate de sodium », rapport de l'IGAS, février 2016. Sur le site www.igas.gouv.fr
- [4] Robert E, Guibaud P. "Maternal valproic acid and congenital neural tube defects". *Lancet*, 1982, 2:937
- [5] Robert E, Robert JM, Lapras C. "[Is valproic acid teratogenic?]" *Rev Neurol (Paris)*, 1983, 139(6-7):445-7
- [6] Tomson T, Battino D, Perucca E. "Valproic acid after five decades of use in epilepsy: time to reconsider the indications of a time-honoured drug". *Lancet Neurol*, 2016, 15:210-218
- [7] Bouyer J. *Méthodes statistiques : médecine-biologie*, ESTEM, 2000
- [8] Données de pharmacovigilance de l'ANSM. Sur le site de l'APESAC : www.apesac.org
- [9] « Exposition à l'acide valproïque et ses dérivés au cours de la grossesse en France de 2007 à 2014 : une étude observationnelle sur les données du SNIIRAM », ANSM et CNAM, 24 août 2016. Sur le site ansm.sante.fr/

En faisant l'hypothèse que le rapport grossesses exposées sur ventes était constant avant 2007 et égal au rapport observé en 2007, et qu'il était en 2015 égal au rapport observé en 2014, on peut estimer que 50 000 femmes ont été exposées au valproate pendant une grossesse. De ces 50 000 grossesses, 30 000 enfants sont nés vivants. Or l'on sait que 10% des enfants exposés *in utero* au valproate de sodium ont des malformations, ce qui correspond à 3 000 enfants malformés, et que 40% de ces enfants auront des troubles neuro-comportementaux, soit 12 000 enfants. Comme certains cumulent ces troubles, on ne peut pas additionner. Ainsi, entre 1967 et 2015 inclus, 12 000 enfants au moins sont nés en France avec des problèmes imputables à la Dépakine. ■

Essai thérapeutique chez Biotrial à Rennes Les leçons d'une affaire étouffée

Catherine Hill



À Rennes, un homme est mort lors d'un essai de phase 1, essai au cours duquel un produit est administré pour la première fois chez l'Homme. Cet essai était réalisé chez des volontaires sains. Le laboratoire portugais BIAL a étudié chez l'animal une molécule inhibitrice de la FAAH (Fatty Acid Amide Hydrolase) BIA 10-2474 et en a confié l'expérimentation chez l'Homme au laboratoire Biotrial à Rennes.

Résumé des faits

Le protocole

Le protocole de l'étude de phase 1 (voir encadré) chez l'Homme comportait quatre essais successifs.

Le premier essai, *Single Ascending Dose* (SAD), consistait à inclure huit sujets par palier de dose, six recevant le produit actif et deux un placebo. Chaque sujet recevait une dose unique. Les doses prévues étaient de 0,25 mg, 1,25 mg, 2,5 mg, 5 mg, 10 mg, 20 mg, 40 mg et enfin 100 mg. Au premier palier, deux sujets, l'un recevant le produit actif et l'autre le placebo devaient être traités d'abord, les six autres sujets étant traités 24 heures plus tard. Aux autres paliers, les huit sujets étaient traités simultanément. Le protocole prévoyait la possibilité de poursuivre l'escalade de dose en ajoutant aux huit paliers prévus jusqu'à quatre paliers supplémentaires si la dose maximale tolérée n'était pas atteinte, portant ainsi le nombre de sujets de 64 à 96.

Le deuxième essai prévoyait d'administrer à douze autres sujets une dose unique une fois à jeun et une fois non à jeun à quatorze jours d'intervalle, pour étudier l'interaction du produit avec les aliments. La dose n'était pas précisée dans le protocole qui indiquait seulement que celle-ci serait définie durant l'essai SAD (et MAD – *Multiple Ascending Dose* – si disponible).

Les essais cliniques



© Mikanaka | Dreamstime.com

Les essais cliniques qui étudient les effets d'un nouveau médicament chez l'Homme se déroulent dans un ordre précis.

Phase I : étude de l'évolution de la molécule testée dans l'organisme en fonction du temps (cinétique) et analyse de la toxicité sur l'être humain. Cette phase est menée sur un petit nombre de personnes volontaires et non malades.

Phase II : administration du médicament à un petit nombre de patients pour rechercher la plus petite dose efficace et observer des effets secondaires nocifs en utilisant différentes doses.

Phase III : comparaison de l'efficacité du nouveau médicament par rapport au traitement de référence (lorsque celui-ci existe) ou à un placebo (lorsqu'aucun traitement n'existe). Cette phase s'adresse à un grand nombre de patients et dure plusieurs années. Les patients sont sélectionnés sur des critères précis qui permettront de répondre à la question de l'efficacité et du bénéfice du médicament testé comme nouveau traitement standard de la maladie concernée.

C'est à l'issue de ces essais que les autorités sanitaires délivrent l'autorisation de mise sur le marché (AMM). Le nouveau médicament peut être prescrit.

Phase IV : il s'agit du suivi des effets nocifs secondaires des médicaments qui ont été mis sur le marché, cela pour un grand nombre de patients chez qui le nouveau médicament a été prescrit et dans des conditions normales d'utilisation.

Qui autorise les recherches ?

Les procédures administratives réglementaires destinées à autoriser la mise en œuvre d'une recherche clinique et en santé visent avant tout à évaluer la balance bénéfico-risque pour les participants qui se prêteront à cette recherche. Le promoteur de la recherche adresse le protocole de cette dernière à l'autorité administrative compétente, l'Agence nationale de sécurité du médicament et des produits de santé (ANSM) ainsi qu'à un Comité de protection des personnes (CPP) pour vérifier les conditions de sécurité et de protection des personnes participantes. Ces démarches administratives réglementaires aboutissent à une autorisation officielle de la recherche qui peut alors démarrer.

Source : www.inserm.fr/volontaires-a-un-essai-clinique

Le troisième essai, *Multiple Ascending Dose* ou MAD, devait inclure simultanément huit nouveaux sujets par palier de dose, six recevant le produit actif et deux le placebo, comme dans le premier essai, la différence étant que chaque sujet recevait la même dose une fois par jour pendant dix jours. Les doses n'étaient pas précisées dans le protocole qui indiquait seulement qu'elles dépendraient des résultats antérieurs et qu'il y aurait entre quatre et huit paliers de dose.

Le quatrième essai devait inclure vingt personnes recevant chacune successivement pendant dix jours le produit ou un placebo dans un ordre aléatoire, avec un période sans traitement entre les deux, pour une étude de pharmacodynamique. La dose n'était pas précisée.

Le protocole a été soumis à l'Agence nationale de sécurité du médicament et des produits de santé (ANSM) et au Comité de protection des personnes (CPP) de Brest, qui l'ont accepté.

La réalisation du protocole

Le premier essai a commencé le 9 juillet 2015. Il a inclus comme prévu huit sujets à chacun des huit paliers de doses, ces dernières allant de 0,25 mg à 100 mg. Le second essai a inclus douze sujets et la dose étudiée a été de 40 mg.

Le troisième essai a inclus huit sujets dans chacun des cinq premiers paliers qui ont été de 2,5 mg, 5 mg, 10 mg, 20 mg et 50 mg. L'état très grave d'un sujet inclus dans ce dernier palier de dose a entraîné l'arrêt des essais. En effet, le dimanche 10 janvier, après avoir reçu la cinquième dose de 50 mg, correspondant à une dose cumulée de 250 mg, dose jamais administrée à l'Homme jusque-là, un volontaire a eu des problèmes de vue, de déglutition et d'élocution qui ont conduit le médecin de Biotrial à l'envoyer aux urgences du CHU de Rennes à 20h30. Dans la nuit et dans la matinée du lundi, son état s'est aggravé et vers midi, il était dans un coma profond. Il décédera une semaine plus tard. En dépit de cette hospitalisation le dimanche soir, le médecin de Biotrial en charge des administrations a délivré une sixième dose aux sept autres sujets à 8 heures du matin le lundi 11 janvier.

Le mardi, un autre sujet a éprouvé des troubles semblables à ceux du premier patient : vision floue et double, puis violents maux de tête. Il a été hospitalisé le mercredi.

Trois autres volontaires, dont les noms n'ont pas été rendus publics, ont eux aussi eu des troubles neurologiques et ont été hospitalisés entre le mercredi et le vendredi. Les IRM cérébrales réalisées à ce moment-là ont montré des lésions. C'est le jeudi que l'ANSM a été prévenue.

Fin février, les volontaires des paliers de dose précédents ont été convoqués au CHU de Rennes pour une IRM de contrôle.



Les enquêtes

Les autorités ont procédé assez rapidement à deux enquêtes administratives, l'une réalisée par un Comité spécialisé scientifique temporaire commandité par l'ANSM, et l'autre par l'Inspection générale des affaires sociales (IGAS), et une information judiciaire pour homicide a été ouverte le 14 juin [1].

Globalement, ces enquêtes administratives ont trouvé assez peu à redire à la conduite des essais. Les experts nommés par l'ANSM ont conclu dans un rapport de 30 pages en ligne le 19 avril [2] que c'était bien le produit qui était en cause. L'enquête de l'IGAS a abouti à un rapport en deux tomes (respectivement de 120 et de 151 pages) [3], incluant une réponse de Biotrial aux critiques (tome 1, pages 85–110 et 117–120, et tome 2, pages 75–146).

Alors que l'IGAS a été missionnée sur l'ensemble du dossier (conditions d'autorisation de l'essai clinique, respect des dispositions de recrutement des volontaires sains, modalités de réalisation de l'essai et de signalement d'événements indésirables graves), ses critiques portent exclusivement sur la gestion de crise. Ainsi, « *au terme de ses investigations, la mission estime qu'il n'y a pas lieu de remettre en cause l'autorisation accordée* » en faisant toutefois remarquer que « *l'économie d'ensemble du protocole et la latitude laissée pour sa mise en œuvre n'offraient pas un cadre suffisant pour la protection des personnes participant à l'essai* ». Les trois critiques majeures concernent le comportement de Biotrial lors de l'accident : « *ne pas s'être enquis de l'état du sujet hospitalisé lundi matin avant de ré-administrer la molécule* » ; « *ne pas avoir éclairé, ni recueilli le consentement à poursuivre l'essai des volontaires lundi* » ; « *ne pas avoir signalé cet effet grave survenu dimanche avant jeudi soir aux autorités de santé* » (page 3, synthèse du Tome 1).

Ni l'ANSM ni le CPP de Brest ne sont mis en cause dans le rapport, le protocole et sa validation par les deux organismes étant jugés conformes à la réglementation.

Les investigations des journalistes

LE FIGARO · fr

Le Figaro a mis le protocole en ligne (21 janvier 2016), ce que l'ANSM refusait de faire sous prétexte que c'était la propriété de l'industriel. Devant le fait accompli, l'ANSM a ensuite aussi mis ce protocole en ligne sur son site.



Médiapart a révélé le 24 mai qu'un volontaire du troisième palier de MAD, qui a reçu 10 mg pendant dix jours en novembre 2015, a souffert d'un trouble visuel à deux reprises (en fait, c'est même deux volontaires du palier 10 mg qui ont eu chacun à deux reprises des problèmes de vision, voir rapport du CSST page 20). L'IRM de contrôle réalisée au CHU de Rennes en février lui a été rendue avec un diagnostic d'accident vasculaire cérébral (AVC) non récent. Le Figaro a soumis cette IRM à quatre experts qui ont conclu que cet AVC s'est produit pendant que le patient prenait la molécule, et a donc probablement un lien avec celle-ci. Depuis, un compte-rendu rectificatif a été envoyé au patient par le CHU de Rennes.

Médiapart a publié le 1^{er} juin le fac-similé de la lettre du médecin de Biotrial envoyée au CHU de Rennes avec le premier patient hospitalisé le dimanche soir. Cette lettre précise que « *cette symptomatologie est possiblement en lien avec le produit administré* ».

Des questions plus générales

L'affaire de Rennes soulève des questions plus générales quant à la mise en œuvre de tels essais.

1) Pourquoi continue-t-on à administrer simultanément à six personnes un produit nouveau à une dose jamais testée sur l'Homme ? Cette pratique avait pourtant déjà conduit six hommes jeunes en réanimation à Londres en 2006, et le CPP de Marseille en 2006 [4] et l'Agence Européenne du Médicament en 2007 [5] ont recommandé d'inclure les sujets un par un. Malgré cela, l'IGAS et l'ANSM considèrent cette mesure comme optionnelle, son application dépendant de l'évaluation du niveau de risque « pres senti » (rapport IGAS, tome 1, pages 23 et 24), notion non définie. La règle devrait être la prudence, et son non-respect une exception à argumenter.

2) Comment une équipe médicale qui a administré un produit à une personne à une dose jamais testée sur l'Homme, qui a ensuite envoyé cette personne aux urgences et qui, enfin, est responsable de la sécurité de sept autres personnes, peut-elle s'abriter derrière le secret médical (rapport IGAS, tome 1, page 91) pour ne pas s'enquérir de la santé du patient transféré ? Et comment invoquer le fait que le lien de cause à effet n'était pas établi (rapport IGAS, tome 1, page 97 et tome 2, pages 81–87) pour ne pas informer les patients ? Le doute devrait en priorité protéger les volontaires, au lieu de protéger le protocole.

3) Comment l'ANSM et le CPP ont-ils accepté un protocole qui décrivait quatre essais différents en ne précisant les doses que pour le premier de ces essais, laissant ainsi carte blanche aux expérimentateurs pour les trois essais suivants ? Sur quelles bases et par qui ont été déterminées les doses du troisième essai, celui qui a vu les effets graves se manifester ?

4) Pourquoi l'IGAS ne s'est-elle pas procurée le dossier du patient hospitalisé aux urgences de l'hôpital de Rennes le 10 janvier ? Elle semble faire reposer son analyse sur un narratif fourni par Biotrial, y compris une chronologie (rapport IGAS, tome 1, pages 117–120) dans laquelle tous les troubles sont systématiquement omis et remplacés par des points de suspension. Le fac-similé de la lettre du médecin de Biotrial publié par *Médiapart* permet d'ailleurs de compléter les informations.

Les descriptions des communications entre Biotrial et le CHU de Rennes le dimanche soir sont discordantes. Biotrial affirme avoir reçu un appel leur demandant de reprendre le patient pour la nuit, par manque de place au CHU, ce qui a été interprété comme signalant un état non inquiétant. Le CHU ne mentionne aucune trace de cette conversation, mais le rapport du CHU a été rédigé par l'administration de l'hôpital. Pour justifier la demande de retour du patient le dimanche soir à Biotrial, ce dernier indique que l'hôpital a invoqué l'indisponibilité de l'IRM (rapport IGAS, tome 1, page 89) alors que le site du CHU indique qu'une IRM est dédiée vingt-quatre heures sur vingt-quatre au service des urgences.

5) Pourquoi les deux enquêtes ne se sont-elles pas intéressées au devenir des autres volontaires exposés à six fois 50 mg, ni à celle des sujets exposés

aux paliers de dose inférieurs ? Tout ce qu'on sait, c'est que les plus atteints ont été transférés dans des centres de rééducation plus proches de leur domicile, ils se sont ainsi retrouvés soustraits à toute surveillance de la part des autorités censées les protéger.

Indépendance et conflit d'intérêt

Les enquêtes ont été faites par des personnes qui dépendent de l'agence et du ministère des affaires sociales et de la santé, or l'agence, et donc le ministère, sont impliqués dans l'affaire. Les inspecteurs de l'IGAS déclarent s'être appuyés sur l'expertise de l'ANSM et ne trouvent rien à redire au protocole de l'essai qui a été approuvé par l'ANSM.

Conclusion

Les essais de phase 1 posent des problèmes complexes de sécurité et l'évaluation de leur protocole demande des compétences multiples.

À la suite de l'accident de Londres en 2006, l'agence européenne a émis une recommandation insuffisamment claire sur l'échelonnement des inclusions des sujets dans les essais de phase 1, et tous les CPP de France n'ont pas été informés de ce problème. Le protocole de l'essai de phase 1 de BIA 10-2474 était à la fois compliqué et imprécis, mais les autorités ont considéré qu'il était dans les limites acceptables, entérinant ainsi l'inclusion simultanée des sujets dans chaque palier de dose.

La mort d'un volontaire dans un essai de phase 1 est un événement tragique, mais c'est un risque en partie imprévisible ; en général, on retrouvera *a posteriori* des signaux antérieurs qui, sur le moment, n'avaient pas

paru inquiétants. En faire reproche aux investigateurs serait une erreur de jugement. Cependant, Biotrial a failli au devoir de protection des volontaires en administrant une dose supplémentaire aux sept autres sujets après avoir envoyé une personne aux urgences, et les arguties juridiques ou réglementaires invoquées n'arrivent pas à diminuer la responsabilité du laboratoire.

En conclusion, les leçons de cette tragique histoire devraient être : (1) l'échelonnement systématique de l'inclusion des sujets dans les essais de phase 1 et (2) l'abandon de la notion de « risque identifié » dans les essais de phase 1 : tout événement grave survenant au cours d'un essai de phase 1 doit être, jusqu'à preuve du contraire, considéré comme attribuable au produit testé. ■

Références

[1] « Essai clinique de Rennes : information judiciaire ouverte pour homicide », Le Monde.fr avec AFP et Reuters, 14 juin 2016.

[2] Rapport du Comité Scientifique Spécialisé Temporaire (CSST) « Inhibiteurs de la FAAH (Fatty Acid Amide Hydrolase) » sur les causes de l'accident survenu à Rennes lors d'un essai clinique de Phase 1 en janvier 2016. Sur le site <http://ansm.sante.fr>

[3] « Suites de l'accident grave survenu à Rennes : Marisol Touraine renforce la sécurité des volontaires qui participent à des essais cliniques ». Communiqué du 23 mai 2016 accompagnant la mise en ligne des deux tomes du rapport de l'IGAS. www.igas.gouv.fr/spip.php?article531

[4] « L'accident de Londres, 13/03/06 », sur le site www.cpp-sudmed2.fr

[5] European Medicines Agency (Agence européenne du médicament), 19 juillet 2007. « Guideline on strategies to identify and mitigate risks for first in-human clinical trials with investigational medicinal products ». Sur le site www.ema.europa.eu/ema/

Les ruminations mentales

Jacques Van Rillaer

Jacques Van Rillaer est professeur émérite de psychologie à l'Université de Louvain. Il est également membre du comité de parrainage de l'AFIS et de la revue *Science et pseudo-sciences*.



Dès l'éveil, un flux de pensées défile dans le champ de la conscience. Nous pouvons l'orienter, mais ce n'est pas la conduite la plus fréquente. La majorité des pensées défilent sans que nous les ayons choisies. Ainsi nous bénéficions d'idées neuves et parfois fécondes, mais aussi d'idées inutiles, absurdes, détestables.

Pensées répétées négatives

Parmi les pensées automatiques qui causent le plus de souffrances, les obsessions occupent la première place.

Des troubles apparentés sont, d'une part, les souvenirs pénibles, involontaires, répétitifs et envahissants, qui font suite à un traumatisme et, d'autre part, les inquiétudes excessives qui caractérisent le « trouble anxieux généralisé ». Ces inquiétudes sont deux fois plus fréquentes chez les femmes [1]. Elles s'accompagnent d'une suractivation du système nerveux orthosympathique et de tensions musculaires.

L'étude des inquiétudes doit beaucoup aux recherches de Thomas Borkovec. Le point de départ a été le traitement de l'insomnie par la relaxation musculaire. Borkovec a constaté que le principal facteur de l'insomnie n'est pas la suractivation physiologique, mais l'activité mentale. L'efficacité de la relaxation tient plus à l'occupation de l'esprit par cette technique qu'au processus physiologique. Beaucoup d'insomniaques sont des « *chronic worriers* ». Une des principales inquiétudes est la peur de ne pouvoir s'endormir comme ils le veulent [2]. Les autres concernent surtout l'estime de soi, la peur d'être désapprouvé ou rejeté.

L'importance de pensées répétées négatives est apparue chez les « phobiques sociaux », des personnes qui redoutent les situations où elles pourraient être jugées négativement, notamment à cause de leurs manifestations de peur. Dans les situations sociales, leur attention tend à se focaliser sur des expressions de l'émotivité que d'autres pourraient percevoir mais auxquelles, en réalité, la plupart des interlocuteurs prêtent peu ou pas d'attention [3].

À la fin des années 1980, Susan Nolen-Hoeksema a passé en revue les raisons pour lesquelles les femmes dépriment deux fois plus souvent que les hommes [4]. Elle s'est surtout intéressée aux ruminations. Elle a constaté



que ce mode de réaction – opposé à la distraction, la réflexion méthodique et l’engagement dans des actions – est plus fréquent chez les femmes [5]. Par ailleurs, les femmes « co-ruminent » avec des amies ou des psys plus souvent que les hommes [6].

On distingue les inquiétudes et les ruminations. Les inquiétudes visent surtout à anticiper de futurs dangers (même si on remâche des événements passés), les ruminations triturent en boucle quelques thèmes (perte, erreur, échec, jugement autodépréciatif), leurs causes « profondes », les affects (pénibles) du moment, dans l’espoir de comprendre et de changer.

Le rôle pathogène des ruminations est apparu dans d’autres troubles : colères récurrentes, alcoolisme, boulimie, hypocondrie, automutilations. Aujourd’hui, les « pensées répétées négatives » s’appellent un trouble transdiagnostique, c’est-à-dire à l’œuvre dans différents troubles [7].

Effets délétères de ruminations

Anticiper des événements à venir, tirer des leçons du passé et imaginer des solutions sont des comportements indispensables à notre survie et à notre bien-être. Les pensées répétées négatives sont simplement des dysfonctionnements de ces processus.

Ceux qui ruminent croient réfléchir alors qu’ils triturent des « pourquoi ça m’arrive ? », « pourquoi suis-je dans cet état ? », etc. Comme l’écrit Christophe André, « *on pourrait comparer la rumination à l’inflammation, un mécanisme naturel de défense et de cicatrisation de notre corps, qui a dépassé son objectif et devient lui-même une pathologie : ce qui devait n’être qu’une réflexion destinée à régler un problème devient une interminable chaîne d’états d’âme douloureux et inutiles* » [8].

Les ruminations perturbent la concentration et la mémorisation. Exemple : Paula Hertel a soumis des étudiants, dont une partie présentait le diagnostic de dysphorie, à une tâche de mémorisation. Ensuite, durant sept minutes, un tiers des étudiants était invité à réfléchir à leur état émotionnel, un tiers avait l’occasion de se distraire et un tiers ne recevait pas de consigne. La remémoration des étudiants dysphoriques invités à se centrer sur l’état affectif a été la moins bonne [9].

Les personnes qui ruminent ont tendance à être attentives à des informations négatives. Elles se les rappellent davantage que les informations positives [10]. Elles passent du temps à retourner en tous sens des problèmes plutôt qu’à penser à des solutions réalistes et à les essayer. Ainsi,

les femmes qui ont l'habitude de ruminer mettent davantage de temps que d'autres pour consulter un médecin lorsqu'elles découvrent un indice qui fait penser à la possibilité du cancer du sein [11].

Les personnes qui font part de nombreuses ruminations à leurs proches les lassent, les agacent et les font s'éloigner. Il en résulte une perte de relations affectives génératrice d'un cercle vicieux.

De plus en plus de recherches longitudinales confirment que la pensée ruminative a un effet médiateur entre des événements pénibles et, d'autre part, l'anxiété, la dépression et d'autres troubles [12]. Exemple : Nolen-Hoeksema et Morrow ont interrogé des étudiants par questionnaire sur l'habitude de ruminer. Le hasard a fait qu'un tremblement de terre s'est produit deux semaines plus tard. Dix jours et sept semaines après cette catastrophe, les étudiants ont été interrogés sur leur niveau de dépressivité. Les étudiants ayant un style ruminatif avant le tremblement sont apparus plus déprimés que les autres [13].

Les effets des ruminations et coruminations apparaissent dans des psychothérapies qui détériorent l'état des patients. C'est particulièrement le cas de la cure freudienne : le patient y est invité à « associer librement », c'est-à-dire à parler indéfiniment, surtout de son passé et de ses rêves, dans l'espoir d'arriver un jour à l'illumination censée modifier sans effort des réactions bien ancrées. La psychanalyse est clairement contre-indiquée en cas de dépression.

Facteurs de ruminations

L'habitude de ruminer tient à plusieurs facteurs. Nous en présentons trois.

1. Les souvenirs, les pensées et les affects forment des réseaux interconnectés autour de thèmes (le travail, l'aspect physique, etc.). L'affect éprouvé à un moment donné favorise des pensées et des souvenirs de même tonalité, et il inhibe l'accès à des souvenirs associés à des affects de nature différente. Ces pensées peuvent alors entretenir ou renforcer l'état affectif [14].

2. Les pensées typiques du trouble anxieux généralisé sont essentiellement conceptuelles, verbales, et comportent peu d'images mentales. La prédominance de la pensée conceptuelle permet d'éviter des images mentales de dangers et l'activation physiologique provoquée par la visualisation mentale de dangers. En fin de compte, ces ruminations ont une fonction d'évitement de situations redoutées [15]. Les ruminations des déprimés sont semblables : ce sont des pensées abstraites, décontextualisées,



analytiques, évaluatives (« pourquoi ça arrive toujours à moi ? », « pourquoi suis-je un raté ? »), à l'opposé des pensées concrètes et expérimentielles (« qu'est-ce que je ressens ? », « que puis-je faire maintenant ? ») [16].

3. On constate des corrélations avec des processus physiologiques qui sont peut-être des déterminants. Les ressasseurs présentent une activité moindre du cortex préfrontal, moins de défenses immunitaires, une suractivation orthosympathique et une diminution lente de la tension artérielle après un épisode émotionnel [17].



Traitements des ruminations

Des ruminations sont généralement provoquées et entretenues par des événements externes (p. ex. la mésentente conjugale) ou internes (p. ex. une maladie). Il est essentiel de tenter d'agir sur ces événements. Ceci n'empêche pas de traiter la façon de penser en tant que telle. Nous nous limitons ici aux ruminations et renvoyons à des publications antérieures pour les obsessions [18] et les souvenirs traumatiques [19], et à l'ouvrage de Ladouceur et al. pour le trouble anxieux généralisé [20].

1. La prise de conscience du caractère néfaste du ressassement

Les personnes qui ruminent adoptent une attitude ambivalente à l'égard des pensées répétitives : elles croient à leur utilité tout en déplorant de trop réfléchir. Il importe donc de se convaincre que des répétitions interminables sont inutiles et néfastes.

2. Les distractions

Beaucoup de personnes gênées par des ruminations cherchent à se distraire, par exemple par une activité physique qui demande de l'attention. L'effet est souvent satisfaisant mais seulement à court terme [21]. Les personnes qui essaient de repousser des pensées indésirables sont généralement victimes du « processus ironique » mis en évidence, expérimentalement, par Daniel Wegner en 1987 : ces pensées deviennent obsédantes [18].

3. Les séances de rumination contrôlée

Borkovec a mis au point une procédure efficace : réfléchir activement aux idées tournoyantes durant des séances quotidiennes d'au moins 30 minutes, sans pause, si possible toujours au même endroit et à la même heure (pas au lit ni en soirée) [22]. On a intérêt à mettre alors les pensées

par écrit en veillant à les concrétiser le plus possible. Les séances doivent être l'occasion de regarder bien en face les problèmes, les événements, les pensées et les images qui perturbent, en tolérant des émotions pénibles [23]. Au cours des séances, on essaie de passer à une démarche méthodique de résolution concrète de problèmes. On cherche à modifier des éléments de la réalité ou la façon de les envisager pour les rendre acceptables.

En dehors des séances, on s'efforce de détecter les démarrages de ruminations. Dès qu'ils surviennent, on se crie « Stop ! » et on essaie de les reporter à la prochaine séance. On cherche alors à se focaliser sur ce qu'on perçoit à l'extérieur de soi ou sur ce qu'on ressent concrètement. Un moment de décontraction musculaire et de respirations conscientes peut aider.

En définitive, il n'est pas question de vouloir supprimer les ruminations, mais d'apprendre à les postposer et à les remplacer par une réflexion méthodique en vue de solutions concrètes.

4. La relaxation musculaire

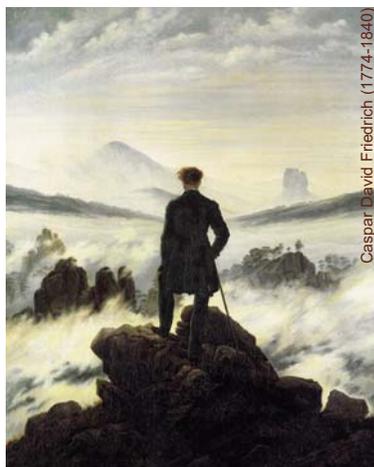
Les personnes qui ruminent sont souvent musculairement tendues. L'apprentissage de la relaxation permet de diminuer le tonus et par conséquent la suractivation du système orthosympathique. D'autre part, la capacité de se relaxer sur le champ facilite l'interruption des ruminations au moment où l'on s'aperçoit qu'elles démarrent [24]. Malheureusement les personnes fort déprimées ont du mal à réaliser cet apprentissage.

5. Le détachement à l'égard de pensées et d'affects

Les pensées que nous produisons ne « sont » pas nous. Elles ne sont même pas toujours le reflet de ce que nous pensons ou désirons vraiment. Les prendre à la lettre, c'est s'exposer à une vue distordue de notre réalité psychologique et de notre environnement. Les comportementalistes ont repris à la tradition bouddhique la pratique de la « méditation attentive », l'observation détachée du flux mental, comme lorsqu'on regarde passer des nuages dans le ciel. Chacun peut s'y exercer : s'installer confortablement ; fermer les yeux ; durant dix à vingt minutes devenir le spectateur détaché du défilé des pensées, des affects et des sensations corporelles. Cette pratique, sous le nom de « pleine conscience » (*mindfulness*), a été l'objet de nombreuses recherches, notamment pour le traitement des ruminations [25].

6. La redirection de l'attention

Faire attention est un comportement qui se développe avec l'âge et s'améliore avec l'exercice. À cet effet, une autre procédure également reprise à la tradition bouddhique s'avère utile : la « méditation concentrée », qui consiste à s'asseoir en silence et à focaliser toute l'attention sur la respiration, un mot ou une image, en veil-



lant à revenir sans cesse à l'élément choisi. Des exercices réguliers permettent de mieux se concentrer et de se recentrer en cas de ruminations [26].

Le recentrage se fait, grâce au dialogue intérieur [27], sur des éléments de la situation présente ou sur le souvenir de conduites heureuses. Les personnes qui souffrent de pensées négatives ont beaucoup à gagner de la visualisation mentale, volontaire et répétée, de réussites.

7. L'action envers et contre tout

Une procédure qui a largement fait la preuve de son efficacité pour sortir d'un état dysphorique entretenu par des ruminations est « l'activation comportementale ». Il s'agit de programmer des activités selon une hiérarchie de difficultés [28]. Tout en agissant, on peut essayer de ne voir dans les ruminations que du « bruit psychologique ». La métaphore du chauffeur de bus scolaire peut aider à garder le cap. La voici. Le chauffeur sait où il veut aller. Dans son dos, des enfants crient : « Arrête », « Va à gauche »... Les cris le perturbent, mais il avance sans obéir aux injonctions des passagers. Il ne peut pas débarquer les perturbateurs, mais il essaie de garder le cap, envers et contre tout [29]. ■

Une version plus longue de ce texte est disponible sur notre site Internet.

Références

- [1] Vesga-Lopez, O. et al. (2008) "Gender differences in Generalized Anxiety Disorder". *Journal of Clinical Psychiatry*, 69.
- [2] Borkovec, T. (1982) "Insomnia". *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 50:880-95.
- [3] Wells, A. & Clark, D. (1997) "Social phobia". In G. Davey (ed) *Phobias*. Wiley, p. 3-26.
- [4] Nolen-Hoeksema, S. (1987) "Sex differences in unipolar depression". *Psychological Bulletin*, 101:259-82.
- [5] Nolen-Hoeksema, S. (2012) "Emotion Regulation and Psychopathology". *Annual Review of Clinical Psychology*, 8:161-87.
- [6] Hankin, B. et al. (2010) "Corumination, interpersonal stress generation and internalizing symptoms". *Development and Psychopathology*, 22:217-35.
- [7] Monestès, J.-L. & Baeyens, C. (2016) *L'approche transdiagnostique en psychopathologie*. Dunod, 214 p.
- [8] André, C. (2009) *Les états d'âme*. Odile Jacob, p. 71.
- [9] Hertel, P. (1998) "Relation between rumination and impaired memory in dysphoric mood". *Journal of Abnormal Psychology*, 107.
- [10] Lyubomirsky, S. et al. (1998) "Effects of ruminative and distracting responses to depressed mood on retrieval of autobiographical memories". *Journal of Personality and Social Psychology*, 75:166-77.
- [11] Lyubomirsky, S. et al. (2006) "Ruminative response styles and delay of seeking diagnosis for breast cancer symptoms". *Journal of Personality and Clinical Psychology*, 25:276-304.
- [12] Nolen-Hoeksema, S. et al. (2008) "Rethinking Rumination". *Perspectives on Psychological Science*, 3:400-24. — Kinderman, P. et al. (2015) "Causal and mediating factors for anxiety, depression and well-being". *The British Journal of Psychiatry*, 206:456-60.
- [13] Nolen-hoeksema, S. & Morrow, J. (1991) "A prospective study of depression and posttraumatic stress symptoms after a natural disaster". *Journal of Personality and Social Psychology*, 61.
- [14] Bower, G. (1981) "Mood and memory". *American Psychologist*, 36:129-48.
- [15] Borkovec, T. & Inz, J. (1990) "The nature of worry in generalized anxiety". *Behaviour Research and Therapy*, 28:153-58.
- [16] Watkins, E. (2008) "Constructive and unconstructive repetitive thought". *Psychological Bulletin*, 134:163-206.
- [17] Siegle, G. & Thayer, J. (2004) "Physiological aspects of depressive rumination". In Papageorgiou, C. & Wells, A., *Depressive rumination*. Wiley, p. 79-104.
- [18] « Le trouble obsessionnel-compulsif ». SPS, 292:7-14. sur www.pseudo-sciences.org
- [19] « L'impact psychologique des traumatismes et son traitement ». SPS, 294:6-17. www.pseudo-sciences.org
- [20] Ladouceur, R. et al. (2008) *Arrêtez de vous faire du souci pour tout et pour rien*. Odile Jacob, 160 p.
- [21] Nolen-Hoeksema, S. (1991) "Responses to depression and their effects on the duration of depressive episodes". *Journal of Abnormal Psychology*, 100:569-582.
- [22] Borkovec, T. et al. (1983) "Stimulus control applications to the treatment of worry". *Behaviour Research and Therapy*, 21.
- [23] « Pourquoi il faut parfois tolérer des émotions pénibles ». SPS, 317:72-77.
- [24] Borkovec, T. (2006) "Applied relaxation and cognitive therapy for pathological worry and generalized anxiety disorder". In Davey, G. & Wells, A. (eds) *Worry and its psychological disorders*. Wiley, p. 273-87.
- [25] Exemple : Delgado, L.C. et al. (2010) "Treating chronic worry: Psychological and physiological effects of a training programme based on mindfulness". *Behaviour Research and Therapy*, 48:873-882.
- [26] Segal, Z. et al. (2002) *La thérapie cognitive basée sur la pleine conscience pour la dépression*. Trad., De Boeck, 2006.
- [27] Cf. Le dialogue intérieur : principal outil de gestion de soi. SPS, 307:38-43. Sur www.pseudo-sciences.org
- [28] Un ouvrage de chercheurs réputés proposant un programme détaillé : Addis, M. & Martell, C. (2004) *Vaincre la dépression*. Trad., Éditions de l'Homme, 2009, 240 p.
- [29] Métaphore de S. Hayes in *Acceptance and commitment therapy*. Guilford, 1999, 304 p.

Petites nouvelles...

Un monde fou, fou, fou...



L'Arche de Noé du Kentucky



« Je prétends qu'il n'y a pas de honte pour un homme à avoir un singe pour grand-père. Si je devais avoir honte d'un ancêtre, ce serait plutôt d'un homme. »

Thomas Henry Huxley (1825-1895), ami de Charles Darwin, lors de la présentation de la théorie de l'évolution par Darwin, le samedi 30 juin 1860, à la session annuelle de l'Association britannique pour le progrès de la science tenue à Oxford [1].

Pascal Picq, paléontologue au Collège de France, écrivait en 2007 dans *Lucy et l'obscurantisme* : « Les tenants du créationnisme ont pour doctrine de prendre pour argent comptant les textes bibliques de la Genèse, et ainsi dénoncer les théories darwiniennes de l'évolution. » Il évoquait les récentes offensives des créationnistes, destinées à apporter des « preuves » que le monde observable a été créé par Dieu. Il citait

quelques événements notoires parmi des centaines, dont l'ouverture d'un musée créationniste à Cincinnati en Alabama, aux États-Unis, le 27 mai 2007. Des dinosaures et autres bêtes préhistoriques y étaient exposés dans une arche de Noé, sans crainte de l'anachronisme, alors qu'il y a 6 000 ans, époque supposée de la mythique arche de Noé, les dinosaures tels le *Tyrannosaurus* avaient bien évidemment disparu de la surface de la Terre depuis des dizaines de millions d'années.

Cette année, les créationnistes ont ajouté à la liste de leurs réalisations monumentales l'immense *Ark Encounter* de Williamstown (Kentucky), dont la pièce maîtresse est justement une Arche de Noé (conçue comme un véritable parc d'attraction¹).



La légende biblique de la création du monde

La Genèse raconte que, déplorant la méchanceté des hommes qu'il avait lui-même créés et la perversion

¹ Les photos qui suivent, issues du site officiel de l'arche, l'illustrent bien.

répandue sur terre, Dieu décida d'exterminer les humains, les bestiaux, les bestioles et les oiseaux du ciel, en amenant le déluge. Il choisit Noé, un des seuls hommes justes, le fit entrer dans l'arche et lui dit : « *De tout ce qui vit, de tout ce qui est chair, tu feras entrer dans l'arche deux de chaque espèce pour les garder en vie avec toi ; qu'il y ait un mâle et une femelle.* » [Genèse 6:19]

Dès que Noé fut monté à bord avec sa famille et les animaux, la pluie tomba pendant 40 jours et 40 nuits et les eaux finirent par recouvrir les plus hautes montagnes. Toute vie disparut de la surface de la Terre. Après 220 jours de navigation, l'arche s'échoua sur le mont Ararat. Puis Noé fit sortir une colombe, qui revint avec un brin d'olivier dans le bec, signe que les eaux avaient baissé. Dieu permit alors à Noé et sa famille, ainsi qu'à tous les êtres vivants, de sortir, afin qu'ils se répandent et se multiplient sur terre.



« Reconstitution » de scènes de la vie de Noé

Telle est la légende de la re-création du Monde après sa destruction par les eaux, que les créationnistes n'ont cessé de chercher à propager de différentes manières, au mépris de la science.

L'ambition prosélyte

C'est bien l'objectif de l'opération. Elle est clairement affichée par l'as-

sociation *Answers in Genesis*, littéralement « Réponses dans la Genèse », organisation étasunienne fondée en 1994 et dirigée par Ken Ham, un des leaders australiens du mouvement créationniste aux États-Unis. Elle est sœur de la *Creation Science Foundation (CSF)*, fondée en Australie dans les années 80. Ken Ham est l'un des conférenciers chrétiens les plus demandés en Amérique du Nord. En 1993, Ken Ham s'adressa directement à plus de 100 000 personnes et à des millions d'autres lors de plusieurs émissions radiophoniques. La même année, des milliers de spectateurs virent son film, *The Genesis Solution* (« La solution de la Genèse »). *Answers in Genesis* avait annoncé en 2010 son ambition de créer un nouveau lieu destiné à vulgariser la doctrine créationniste. L'idée d'un parc *Ark Encounter* et d'une Arche de Noé, sur le thème d'une lecture rigoriste de l'Ancien Testament, avait alors été retenue.

En construction depuis deux ans, inaugurée le 7 juillet 2016 par Ken Ham, l'Arche de Noé du Kentucky est une manifestation de plus de la démesure possible aux États-Unis. La date du 7 juillet pour l'inauguration n'a pas été choisie au hasard. Elle correspond au verset 7:7 de la Genèse qui raconte l'entrée de Noé et sa famille dans le navire : « *Noé, avec ses fils, sa femme et les femmes de ses fils, entra dans l'arche pour échapper aux eaux du déluge.* » (Gn 7:7)

Annoncée aux États-Unis dans un concert médiatique assourdissant, l'Arche, qui est la plus grande structure en bois du monde, a coûté plus de 100 millions de dollars. Avec ses 155 m de longueur, 26 m de largeur

et 25 m de hauteur et les matériaux de construction utilisés, elle se conforme en tout point aux recommandations que Dieu fit à Noé d'après la Bible, lors de la construction de l'arche : « Fais-toi une arche en bois résineux, tu la feras en roseaux et tu l'enduiras de bitume en dedans et en dehors. Voici comment tu la feras : trois cents coudées pour la longueur de l'arche, cinquante coudées pour sa largeur, trente coudées pour sa hauteur. Tu feras à l'arche un toit et tu l'achèveras une coudée plus haute, tu placeras l'entrée de l'arche sur le côté et tu feras un premier, un second et un troisième étage. » (Gn 6:14-16)

L'inauguration s'est faite en présence de milliers d'invités. Ken Ham avait dit : « Nous attendons des milliers et des milliers d'invités, non pas seulement d'Amérique mais du monde entier. » En outre, dans les semaines précédant son ouverture, plus de 200 journalistes du monde entier auraient été accrédités pour venir la voir. Plus de deux millions de visiteurs sont attendus par an. Ils verront en grandeur nature Adam, Ève, Caïn, en tenue d'époque, le serpent, et une trentaine de paires d'animaux, des mammouths, des lions, des pingouins, des manchots empereurs, des gorilles, des lamas, des ours, des girafes, des dinosaures, et j'en passe.



Une des paires d'animaux

Animaux et personnages sont l'œuvre d'artistes renommés : « Nous avons nos propres concepteurs, fabricants, sculpteurs, artistes – beaucoup d'entre eux ont été formés à Hollywood ou ont travaillé à Hollywood [...] », a dit Ken Ham. Et la place pour caser tout ça ne manque pas : l'Arche est aussi longue que deux terrains de football sans compter les sept étages, alors que les recommandations divines n'en demandaient que trois ! Ken Ham a bien prévu : « Ici, ce ne sera pas le monde de Disney ou d'Universal, où les gens viennent pour s'amuser. Le but est religieux. Nous sommes chrétiens et nous voulons diffuser le message chrétien. » Son projet est d'en faire un lieu de pèlerinage international rentable [2].



Un atelier permet de rechercher des fossiles dans une rivière artificielle. Vous pourrez les emporter avec une explication biblique de leur origine.

Discriminations

Pas très charitable, Ark Encounter a décidé de n'embaucher pour la construire que des personnes partageant les convictions chrétiennes et créationnistes. Elles ont donc dû signer une déclaration de foi et attester qu'elles n'étaient pas athées ni homosexuelles [2]. En 2015, compte tenu de cette discrimination, l'administration du Kentucky a projeté de

La religion et les autres croyances des Américains

Sondage Harris Interactive (2007)

• 82 % des adultes américains interrogés croient en Dieu, résultat inchangé par rapport à cette même question posée en 2005 d'après Harris, mais le site de la *Pew Foundation* nuance ce résultat en disant qu'il y a « *des signes forts que beaucoup d'Américains sont moins certains de cette croyance que les années précédentes.* » [6] ;

• une large majorité des personnes interrogées croit aux miracles (79 %), au paradis (75 %), aux anges (74 %), que Jésus est Dieu ou le fils de Dieu (72 %), à la résurrection de Jésus (70 %), à la survie de l'âme après la mort (69 %), à l'enfer (62 %), au diable (62 %), et à la virginité de Marie (60 %) ;

• à peu près la même proportion de personnes croit à la théorie de l'évolution de Darwin (42 %) et au créationnisme (39 %) ;

• des minorités assez importantes croient aux fantômes (41 %), aux OVNI (35 %), aux sorcières (31 %), à l'astrologie (29 %) et à la réincarnation (21 %).

Par ailleurs, une enquête *Gallup* [7] réalisée en 2011 par téléphone auprès de 1 018 adultes vivant dans les cinquante États d'Amérique et le District de Columbia, rapporte que 30 % des adultes américains disent interpréter la Bible littéralement. Parmi les personnes interrogées :

• 65 % pensent que les découvertes archéologiques ont confirmé l'authenticité des personnes et des incidents enregistrés dans l'Ancien Testament ;

• 60 % pensent que tous les hommes descendent d'un homme et une femme, Adam et Eve ;

• 50 % pensent que la Bible décrit la création de la vie exactement comme elle a eu lieu, en six jours ;

• 39 % pensent que Dieu a créé l'Univers, la Terre, le Soleil, la Lune, les étoiles, les plantes, les animaux, et les deux premières personnes au cours des 10 000 dernières années.

bloquer les aides financières au projet, qui avaient été accordées en 2014 en raison du potentiel impact économique de l'Arche sur la région. Ken Ham a alors porté plainte contre l'État du Kentucky et a obtenu gain de cause auprès des juges fédéraux, grâce au premier amendement de la Constitution qui garantit la liberté religieuse. Les subventions ont finalement été maintenues. Lily Smith, dans *Le Figaro* du 7 juillet 2016, écrit : « *De plus, à la différence de la République française qui revendique sa laïcité, le principe de séparation de l'Église et de l'État ne régit pas l'esprit des lois aux États-Unis. Respectant ces principes, les juges fédéraux ont statué en faveur des créationnistes.* » [3]. Plusieurs personnes continuent toutefois de protester contre l'Arche, notamment le groupe local de libres penseurs athées *Tri-State Freethinkers*, qui a organisé une manifestation lors de l'ouverture [4].

Les croyances aux États-Unis

Un sondage *Harris Interactive* [5] a été réalisé en ligne du 7 au 13 novembre 2007, auprès de 2 455 adultes. Il montre entre autres qu'à peu près la même proportion de personnes croit à la théorie de l'évolution de Darwin (42 %) et au créationnisme (39 %) - voir détails en encadré.

Ces dernières années, des études ont été conduites et rapportées par le *Pew Forum on Religion & Public Life* pour évaluer les croyances de chaque groupe religieux présent aux États-Unis et « *sa position sur la question de l'évolution comme la meilleure explication pour les origines de la vie humaine* ». On a constaté que les différences religieuses sur la question du créationnisme sont importantes. Au moins sept églises évangéliques protestantes sur dix, les Mormons et les Témoins de Jéhovah, rejettent l'idée

que l'évolution est la meilleure explication pour le développement de la vie humaine, alors que la grande majorité des catholiques, des juifs, des bouddhistes, des hindous et ceux qui ne sont affiliés à aucune Église conviennent que l'évolution explique le mieux le développement de la vie sur Terre [8,9]. En ce qui concerne les musulmans, *Science et pseudo-sciences* avait évoqué l'émoi provoqué, au début de l'année 2007, par « un luxueux ouvrage de 800 pages intitulé *L'Atlas de la Création*, richement illustré, [...] diffusé dans les établissements scolaires français. » et dont l'auteur était « un prédicateur islamiste turc, *Harun Yahya*, qui réfute le darwinisme et la théorie de l'évolution. » [10]. Le 22 août 2007, l'Agence Science Presse faisait ce commentaire : « Comme si les États-Unis n'en avaient pas assez avec leur créationnisme local, voici que la version musulmane pénètre également leur territoire. Il y a quelques semaines, une offensive publicitaire majeure a fait entrer un livre lourd et coûteux chez des milliers... d'universitaires. [...] il « envahit » les États-Unis, mais de la même curieuse façon qu'il avait pénétré en France : de nombreux

enseignants ont rapporté l'avoir reçu par la poste, alors qu'ils ne l'avaient non seulement jamais demandé, mais qu'en plus, ils n'adhèrent pas au dogme créationniste. Parmi eux, le paléontologue Kevin Padian, cité par le New York Times, qui se trouve être le président d'un organisme faisant la promotion... de l'enseignement de l'évolution ! Des membres du Congrès ont également reçu le livre, de même que des musées de science tout à fait sérieux, aux quatre coins du pays. » [11]

Par ailleurs, dans la dernière décennie, il y a eu des débats dans les commissions scolaires, les conseils municipaux et des assemblées législatives dans plus de la moitié des États-Unis sur la façon dont l'évolution devrait être enseignée dans les écoles. En ce qui concerne l'enseignement du créationnisme, après avoir été interdit en 1925 dans certains États, son interdiction a été abolie en 1967, lorsqu'elle a été déclarée anticonstitutionnelle, en opposition au premier amendement de la Constitution des États-Unis, qui garantit la liberté religieuse et la liberté d'expression.



Enseigner la théorie de l'évolution...

Enseigner la théorie de l'évolution peut s'avérer difficile dans certaines universités... en particulier à l'Université du Kentucky, comme en témoigne James J. Krupa, professeur de biologie : « *J'enseigne l'évolution de l'homme à l'Université du Kentucky. Il y a un certain nombre d'étudiants que je ne toucherai jamais* » [12]. Le 8 juillet 2016, il dit dans le *Telegraph* [13] que cette arche est une « *perversion de ce que la religion est censée faire* », fédérer et non diviser. Au grand désespoir de nombreux scientifiques, c'est un biologiste, Nathaniel Jeanson, diplômé d'Harvard, qui a soutenu le projet de l'Ark Encounter, prétendant que

l'évolution est un mythe et que l'œuvre de Darwin a été mal interprétée. Dans le rapport de l'enquête de *Pew Forum on Religion & Public Life* (2009), David Masci écrit : « *Près de 150 ans après que Charles Darwin a publié son travail novateur sur l'origine des espèces par la voie de la sélection naturelle, les Américains se battent encore sur la question de l'évolution [...] la controverse a grandi en taille et en intensité.* » [14]

De quoi en perdre son latin ! Ou son anglais !



Rubrique réalisée
par Brigitte Axelrad

Références

- [1] Thomas Henry Huxley (1825-1895), professeur de zoologie au Collège royal des mines, puis professeur de physiologie et d'anatomie comparée au Collège royal des chirurgiens de Londres, co-fondateur de la revue *Nature* en 1869 et grand-père d'Aldous Huxley, auteur du *Meilleur des mondes* (1931). Cité par Pascal Picq dans *Lucy et l'obscurantisme* (2007). Note de lecture d'Élie Volf et Jean-Pierre Thomas, SPS 281, avril 2008.
- [2] *L'Obs*, 8 juillet 2016, Richard Duclos, « États-Unis : déluge de critiques contre l'arche de Noé du Kentucky ». Sur le site tempsreel.nouvelobs.com
- [3] *Le Figaro*, 7 juillet 2016, Lily Smith, « Une arche de Noé fait polémique dans le Kentucky ».
- [4] *Advocate.com*, Nico Lang, mars 2016, "Atheist Billboard Campaign Trolls 'Noah's Ark' Theme Park That Won't Hire Gays". Sur le site www.advocate.com
- [5] Sondage *Harris Interactive*, « La religion et les autres croyances des Américains : Méthodologie » : ce sondage a été réalisé en ligne aux États-Unis du 7 au 13 Novembre 2007, auprès de 2 455 adultes (âgés de 18 ans et plus). Les données pour les facteurs tels que l'âge, le sexe, le niveau d'éducation, la région et les revenus du ménage ont été redressés, si nécessaire, afin de les faire correspondre avec les proportions actuelles dans la population. Lire la suite sur le site de *Harris-Interactive.fr*.
- [6] Le site de la *Pew Foundation* nuance ce résultat avec une remarque sur la méthodologie du sondage. Michael Lipka, « Americans' faith in God may be eroding », 4 novembre 2015.
- [7] Gallup, 2011, Rapport d'enquête « Evolution,

Creationism, Intelligent Design ». www.gallup.com

[8] *U.S. Religious Landscape Survey – Religious Beliefs and Practices: Diverse and Politically Relevant*, The Pew Forum, juin 2008/

[9] Cependant, le sondage Gallup montre que si 61 % des sondés pensent que l'évolution devrait être enseignée à l'école, 43 % pensent que l'*Intelligent Design* (dessin intelligent) devrait l'être aussi. www.gallup.com/poll/21814/evolution-creationism-intelligent-design.aspx Voir aussi : Pew Research Center, « Religious Groups' Views on Evolution », février 2014.

[10] Philippe Le Vigouroux, « L'Europe et le créationnisme », SPS 281, avril 2008. Et dossier « Création, évolution et éducation », SPS 281, avril 2008. Sur le site www.pseudo-sciences.org. Voir également le blog de Harun Yahya, « Des faits scientifiques réfutent la théorie de l'évolution », www.islam-paradise.com/mensonge_evolution.php

[11] *Agence Science Presse*, « Créationnisme musulman aux USA », 22 août 2007. Sur le site www.sciencespresse.gc.ca.

[12] James J. Krupa, "Science – Defending Darwin, The State of the Universe", 26 mars 2015. Sur le site www.slate.com

[13] *The Telegraph*, 8 juillet 2016, Harriet Alexander. "Noah's Ark 'replica' unveiled in Kentucky amid anger at 'scientifically preposterous' museum",

[14] Rapport de David Masci, 2009, "Pew Forum on Religion & Public Life. Overview: The Conflict Between Religion and Evolution".

Energie libre : quand les esprits se déchaînent



L'énergie libre est une fonction mathématique quantifiant le travail fourni par un système thermodynamique fermé lors d'une transformation réversible à température constante. C'est en tout cas la définition que l'on trouvera dans un manuel de physique... Mais sur la Toile, le terme *énergie libre* renvoie le plus souvent à une source d'énergie nouvelle qui serait largement ignorée par la communauté scientifique mais dont dépendrait l'avenir de l'humanité dans le contexte actuel de crise énergétique et environnementale. Réalité ou mythe moderne ?

Des hommes entêtés...

Il semblerait que cette énergie libre foisonne autour de nous, et que « *les preuves de cette source d'énergie libre sont démontrées par des dizaines, voire des centaines de personnes* » [1]. Elle aurait le bon goût d'être « *disponible gratuitement* », occuperait « *tout le "vide" qui nous entoure* » et pour la mettre en œuvre, nul besoin d'être « *ingénieur ou docteur en physique* » [2] puisqu'il vous suffit de potasser l'un des ouvrages disponibles pour concevoir une machine qui saura transformer « *quelque chose que l'on ne sait pas détecter en quelque chose d'utilisable* » [3]... Mais comme l'énonçait Aristote, « *la définition fait connaître ce qu'est la chose* ». Alors, quèsaco ?

On apprend, en naviguant sur plusieurs sites web qui reproduisent assez inlassablement le même discours, qu'elle serait « *une énergie électromagnétique dont la moyenne est nulle et semble être neutre du point de vue électrique* » et dont l'origine « *est supposée être liée à la présence de champs de paires de particules et d'antiparticules (photons), occupant le vide [...] créant entre elles une tension, donc une énergie qui se transforme en une onde qui se propage dans l'espace* »¹ [4]. La plupart des physiciens continueraient de nier son existence « *pendant que l'évidence leur montre chaque jour la réalité, par le jeu des mouvements planétaires, lunaires, stellaires et des atomes et électrons* » [1] tandis que d'autres, « *des chercheurs courageux et désintéressés sont en train de faire advenir en ce moment*

¹ Ce galimatias est truffé d'erreurs et d'approximations qu'il est difficile de lister tout en gardant un esprit apaisé... Soulignons simplement qu'une onde électromagnétique transportant une densité d'énergie nulle ne peut correspondre qu'à une onde dont le champ électrique est nul et qui n'est donc pas une onde électromagnétique... Et que si les photons étaient bien des antiparticules de matière, alors les rayons lumineux de notre soleil réduiraient brutalement notre espérance de vie.



Quelques livres permettant de « comprendre »
et de construire une machine à énergie libre

même » le « miracle » de l'énergie libre [5]. Mais la technologie mise au point par ces courageux chercheurs et qui permettrait de « *générer de l'électricité absolument gratuite et ne plus payer un seul centime aux fournisseurs d'énergie* » serait « *étouffée et réprimée par les grandes corporations* » [2] qui « *tyrannisent les chercheurs* » menant des recherches sur l'énergie libre [6]... Un exemple parmi d'autres : Bruce DePalma, un ingénieur électrique qui un jour « *se mit à la recherche de son âme* », « *s'initia à la méditation* » et entreprit de se retirer dans une ferme pour mener des recherches sur les objets tournants : il aurait ainsi inventé un générateur utilisant des aimants en rotation pour extraire l'énergie de l'espace mais n'a jamais osé pousser son concept au bout, de peur qu'on lui fasse « *sauter la cervelle* » [7]. Malgré cette « tyrannie », il reste heureusement possible (mais pour combien de temps encore, pourrait-on dire ?) de consulter sur le Net de nombreuses vidéos ou descriptifs de machines à énergie libre qui sont présentés comme autant de preuves... invérifiables. Comme ce « *générateur d'énergie à aimant* » révolutionnaire, dénommé VTA pour *Vacuum Triode Amplifier*, mis au point dans les années 80 par un dénommé Floyd Sweet et qui « *produisait beaucoup plus d'énergie qu'il n'en consommait* »... Mais son inventeur « *n'a jamais soumis le VTA à des tests indépendants* » et des adeptes de l'énergie libre considèrent aujourd'hui « *que les tentatives de reproduire les résultats [...] peuvent se heurter à de gros problèmes, parce qu'on ne trouve plus le genre d'aimant utilisé à l'époque* » [7]. L'avenir du monde tient décidément à peu de chose...

À voir ces vidéos et lire tous les espoirs suscités par la perspective de délivrer l'humanité « *des lobbys maléfiques contrôlant ce monde* », de rétablir la vérité scientifique face à des universités qui « *lavent le cerveau des étudiants* » [8] et de garantir un avenir propre à la planète [9], on pourrait être tenté d'y croire...

...mais des lois têtues

Hélas ! les lois de la nature sont mal faites. Au XVIII^e siècle, Antoine Laurent de Lavoisier, en précurseur de la chimie moderne et reprenant une thèse proposée jadis par Anaxagore, qui vécut 500 ans avant J-C,

énonçait une règle devenue célèbre : « *dans la nature, rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme* ». Cette maxime sera formalisée au cours du XIX^e siècle par les principes² fondamentaux de la thermodynamique, notamment le premier principe³, ou principe de conservation de l'énergie. Le recours systématique des « sceptiques » à ce premier principe de la thermodynamique pour tuer dans l'œuf l'idée même d'une machine à énergie libre est vivement dénoncé par ses partisans qui affirment qu'une telle machine « *ne viole pas le sacro-saint principe de conservation de l'énergie* » car elle ne fait que « *pomper un peu [...] l'énergie du vide* » [10] dont serait rempli l'Univers... Certains citent le cas des aimants suspendus en lévitation magnétique se demandant « *quelle énergie inépuisable vainc ici la gravitation ?* » [11] et en supposant qu'elle est extraite du vide. Ce type de raisonnement découle en fait d'une mauvaise compréhension du concept même d'énergie qui est souvent imaginée comme un fluide échangeable présent en nous et autour de nous. Mais l'énergie est une propriété inhérente de la matière, et n'a pas d'existence propre en dehors d'elle. Cette identité entre matière et énergie est un concept fondamental sous-tendu par la célèbre et pourtant souvent mal comprise équation⁴ produite par Albert Einstein : $E = mc^2$. L'énergie est en outre une notion toute relative : une voiture dans son garage, immobile par rapport au référentiel terrestre, ne vous amènera nulle part ni ne percute personne car son énergie cinétique dans ce référentiel est nulle. Pourtant, son énergie cinétique est immense dans le référentiel héliocentrique puisque la Terre l'entraîne avec elle dans son périple autour du Soleil à 30 km/s... On ne peut donc isoler un paquet d'énergie pure, et chercher à se faire une représentation de l'énergie par le biais de l'imagination ou de l'intuition n'est qu'une impasse génératrice de paradoxes propices aux interprétations mystiques : comme le rappelle le professeur Sadri Hassani⁵, si en physique « *il y a des paradoxes, c'est simplement parce que nous essayons de comprendre un phénomène physique par l'intermédiaire de notre intuition limitée, incomplète et souvent fautive* » [12]. Nous devrions nous contenter de considérer l'énergie comme elle nous apparaît dans les expériences de physique expérimentale, c'est-à-dire comme une grandeur quantifiant les changements d'organisation de la matière qui se transforme, s'échange et se meut sous

² Un principe en physique est une loi fondamentale qui n'a pas été démontrée mais que l'expérience n'a jamais pu contredire.

³ Le premier principe de la thermodynamique énonce que l'accroissement d'énergie d'un système est égal à la quantité de chaleur que le système reçoit de l'extérieur à laquelle on soustrait le travail que le système fournit vers l'extérieur. Lorsque le système est isolé, les échanges avec l'extérieur sont nuls, l'accroissement d'énergie du système est donc nul. L'Univers lui-même semble être un système isolé.

⁴ Pour une particule au repos et qui peut bien entendu s'écrire aussi $m = E/c^2$, ce qui implique par exemple qu'en chauffant un objet de masse m (c'est-à-dire en augmentant l'agitation de ses atomes) et en élevant ainsi son énergie interne de e , alors on augmente la masse de l'objet de e/c^2 (ce qui ne veut pas dire que l'on crée de la matière)... Mais cette augmentation de masse est indiscernable à notre échelle compte-tenu de la valeur de c (c étant la vitesse de la lumière dans le vide).

⁵ Professeur émérite de Physique à l'Université de l'Illinois, auteur du blog skepticaleducator.org.

⁶ Traduction de l'auteur.

l'action des quatre forces de la nature (gravitationnelle, électromagnétique, nucléaire forte et nucléaire faible) dans un référentiel donné. Se risquant à une comparaison anthropocentrique, on pourrait dire que si les atomes étaient monnaies, alors l'énergie serait taux de change...

Une perte de temps et... d'énergie

On ne peut pas *créer* d'énergie à partir de rien, cela reviendrait à créer de la matière... Et croire que l'industrie de l'énergie étouffe des avancées dans le domaine, c'est faire peu de cas des industries du matériel électrique, notamment portatif, qui rêveraient de pouvoir mettre au point des outils sans batteries, donc moins lourds et moins coûteux à la production, et qui constitueraient des innovations de rupture pour le grand public qui serait sans doute prêt à les acheter plus chers... Les travaux pour créer de l'énergie du vide ou pour violer le principe de conservation de l'énergie sont donc effectués en pure perte. La seule chose que nous apportent les efforts de tous ces gens, persuadés de pouvoir diffuser l'énergie à foison comme Jésus multipliait les pains, c'est la confirmation du penchant immémorial de l'homme pour la profusion et la gratuité, rien ne différenciant le mythe moderne de l'énergie libre de celui, ancien, de la lampe éternelle [13]...

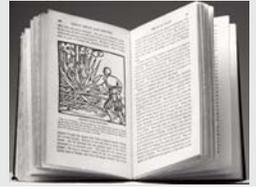


Rubrique réalisée par Sébastien Point

Références

- [1] wikistrike.com/article-energie-libre-mode-d-emploi
- [2] secrets-energie-libre.com
- [3] josephnewman.unblog.fr/2011/04/13/energie-libre/
- [4] espritsciencemetaphysiques.com/plusieurs-scientifiques-confirment-realite-lenergie-libre-en-voici-preuve
- [5] unepetitelumierepourchacun.com/2015/10/l-energie-libre-elle-va-changer-la-face-du-monde
- [6] la-grande-revelation.com/l-energie-libre-de-nikola-tesla
- [7] arsitra.org/ Energie-Libre-et-Technologies.pdf
- [8] energie-sante.net
- [9] quanthomme.info
- [10] electra2zeiss.tonempire.net/energie-libre-illimitee-et-non-polluante-disponible-pour-tous
- [11] magnetosynergie.com/Pages-Fr/Dogmes
- [12] "Does E=mc2 implies Mysticism?", Sadri Hassani, Skeptical Inquirer, Vol.40 n° 4, July/August 2016.
- [13] inmysteriam.fr/oopart/les-lampes-perpetuelles-et-autres-systemes-electriques-dans-un-passe-lointain.html

Livres



La science au pluriel

Essai d'épistémologie pour des sciences impliquées

Léo Coutellec

Editions Quae, Coll. Sciences en questions, 2015, 88 pages, 9,50 €



Dans ce court essai, prolongé par la transcription de la discussion qui a suivi une conférence-débat, Léo Coutellec réussit à renouveler le vocabulaire du canal historique des Sciences Humaines et Sociales postmodernes¹. Il se démarque d'un relativisme et d'un constructivisme devenus trop encombrants et ridiculisés par Alan Sokal et d'autres². La science simple « *construction sociale* » devient ici : « *les sciences sont nécessairement impliquées, c'est-à-dire [...] immergées dans un paysage de valeurs et d'intentions, portées par des collectifs humains* » (p. 55-56).

L'auteur « *cherche à créer un espace épistémologique entre des positions positivistes et des positions relativistes qui, respectivement, réduisent la science à l'une de ses déterminations (le couple théorie/expérience) ou la diluent dans un ensemble de pratiques sociales* » (p. 44). Avec un talent rhétorique indéniable, l'auteur se place ainsi dans un juste milieu. En apparence seulement, car le constructivisme refait régulièrement surface : la science doit « *assumer et expliciter la façon dont les valeurs interviennent au cours des différentes étapes de la démarche scientifique* » ; elle doit abandonner « *son idéal d'autonomie et de neutralité sans abandonner son exigence d'impartialité* ».

Quelques définitions sont nécessaires ici. L'auteur réserve le concept d'autonomie aux orientations de la recherche, à ses stratégies et au choix des méthodologies. La neutralité, à abandonner elle-aussi, est définie comme « *l'absence d'implications des valeurs dans les résultats d'une science impartiale* » (p. 38). Reste donc l'impartialité, c'est-à-dire « *l'absence d'influence des valeurs non-épistémiques dans la motivation interne de la science, en son cœur démonstratif* » (p. 36). Les valeurs non-épistémiques sont « *celles qui influencent indirectement l'élaboration des connaissances [...] comme le bien-être, la justice [ou au contraire] le racisme, le sexisme, etc.* » (p. 25). Ainsi, l'auteur ne nie pas les valeurs épistémiques de la science définies par Thomas Kuhn (cohérence, complétude, simplicité et fécondité³), mais c'est pour mieux les relativiser : « *la pluralité axiologique s'exprime aussi selon les valeurs non-épistémiques* » (p. 26). Derrière le jar-

gon, il s'agit, pour l'idéologie postmoderne, d'imposer dans la pratique scientifique, à côté des valeurs épistémiques (relatives à la connaissance), des valeurs contextuelles, notamment sous couvert d'éthique, ce qui est justifié par un impératif de « pluralité ».

Les thèmes classiques des Sciences Humaines et Sociales postmodernes (notamment les *Science and Technology Studies*) réapparaissent sous la forme de la « co-construction des savoirs » (que l'auteur renouvelle par un usage fréquent de la notion de « pluralisme ») ou encore de « l'entrée de la démocratie dans les sciences » (« il s'agit d'exiger [le] partage [de la science] pour assumer collectivement la responsabilité des savoirs produits ») (p. 50). Ce dernier point étant lié à l'obsession du risque à la suite des thèses de Hans Jonas⁴.

On peut prédire un grand avenir à l'auteur qui, comme c'est habituel dans le postmodernisme décliné en science, sait habilement convoquer les thèmes de la démocratie, du pluralisme, des valeurs, de la responsabilité, et de l'air du temps, pour habiller l'entreprise qui vise à tirer la science vers la politique. Et ainsi la contrôler...

Marcel Kuntz

¹ Voir *Lettre d'informations sur les plantes génétiquement modifiées*, n° 232, 29 mars 2015, sur www.marcel-kuntz-ogm.fr

² Voir « L'esprit postmoderne et le relativisme : la science raconte-t-elle des histoires ? » par Brigitte et Constant Axelrad, 17 janvier 2011, sur www.pseudo-sciences.org

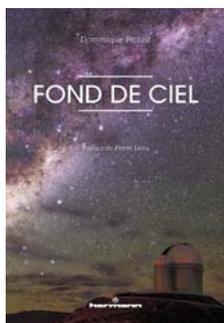
³ Voir « Anastasios Brenner : Raison scientifique et valeurs humaines », par Frank Smith, 17 juin 2012, sur www.actu-philosophia.com

⁴ Voir Note de lecture de Martin Brunschwig sur *La planète des hommes – Réenchanter le risque*, de Gérald Bronner, janvier 2015 sur www.pseudo-sciences.org

Fond de ciel

Dominique Proust

Éditions Hermann, 2016, 231 pages, 28 €



À la tribune de cet ouvrage pour décrire les profondeurs du ciel, Dominique Proust, astrophysicien à l'Observatoire de Paris et de surcroît organiste, interprète ici tous les phénomènes de la cosmologie contemporaine, des plus grandioses aux plus extravagants, des plus harmonieux aux plus discordants.

Il commence par un panorama actualisé et précis sur la relativité, la nucléosynthèse, le Big Bang... comme dans une sorte de fugue serrée et dense, et donne ainsi les bases fondamentales pour comprendre l'organisation et le destin de la matière. Il met alors en scène les galaxies en traitant d'abord de leur morphologie, des majestueuses spirales avec leurs flambées d'étoiles aux elliptiques plus stériles, puis en détaillant comment elles s'orchestrent en amas et superamas. La troisième partie, intitulée « la face obscure des étoiles », nous conduit de la formation des étoiles aux plus pointus développements sur les trous noirs. Le chapitre suivant, « phares et

balises », traite des supernovae et des quasars, objets pouvant rayonner comme un millier de galaxies mais confinés dans un espace de la taille du système solaire, c'est-à-dire microscopique à cette échelle. Il enchaîne sur les sursauts gamma, ces rayonnements extrêmement énergétiques découverts en 1969 par des satellites américains et tenus secrets jusqu'en 1973¹. Enfin, de multiples sujets d'actualité sont traités, comme les exoplanètes ou les lentilles gravitationnelles, ce qui rend ce livre très complet.

Destiné à un public déjà passionné et averti, cet ouvrage met parallèlement l'accent sur ce qui est surprenant et sur la façon dont les idées surgissent face aux données inattendues. Le point fort du livre réside dans la présentation systématique du contexte historique de l'origine des théories et de la mise en lumière des dépendances et intrications dans une époque, par exemple les possibilités et limites de l'instrumentation qui orientent nos recherches.

En maniant adroitement l'art de la métaphore, de l'oxymore et de l'allitération – le « *bazar des quasars* », « *un Univers pensé et expansé* », « *une lagune de lacune* » – l'auteur ajoute une note personnelle dans l'expression de l'inconcevable et permet de se confronter un peu plus aux paradoxes. Avec plusieurs niveaux de lecture, des développements mathématiques de niveau universitaire et une profusion d'informations, cet ouvrage est également utile pour trouver une documentation approfondie. Il est bien complété par une iconographie remarquable et une préface éclairante de l'astrophysicien Pierre Léna. On notera que si l'auteur joue souvent sur des cordes descriptives, mettant en avant l'étrangeté des objets et l'extravagance des phénomènes, il n'aiguise pas toujours assez notre intérêt par un style parfois sec et dépouillé. Mais le lecteur découvrira néanmoins avec curiosité, en fin d'ouvrage, une hypothèse hardie, le *Big Ring*, avec ses échos de lumière.

Christine Mourlevat-Brunschwig

¹ En 1969, une batterie de satellites américains (série Vela) surveille, dans le contexte de la guerre froide, l'application du traité est-ouest sur l'interdiction des essais nucléaires atmosphériques. Détectant des sursauts énergétiques dans le domaine du rayonnement gamma incompatibles avec des essais militaires, ces observations sont néanmoins classées confidentielles jusqu'à ce que l'on puisse envisager leur origine extraterrestre (p. 130).

Les déchets

Du big bang à nos jours

Christian Duquennoi

Éditions Quæ, 2015, 168 pages, 23 € (broché) ou 13,99 € (numérique)



« *Combien de temps nous reste-t-il avant de faire face à des crises environnementales sévères et à répétition ? Nul ne le sait, pas même les scientifiques.* » (p. 28)

Contrairement à ce que pourrait laisser penser l'exergue, il ne s'agit pas d'un nouvel ouvrage catastrophiste. L'auteur, Christian Duquennoi, chercheur à l'IRSTEA (Institut national de recherche en sciences et

technologies pour l'environnement et l'agriculture), propose surtout d'exposer le regard que portent les scientifiques sur la notion de déchet. Et il partage avec virtuosité ses connaissances sur le sujet, dans un ouvrage accessible à tout public.

Le premier chapitre a valeur d'introduction : l'étude des déchets se nomme la « rudologie ». Et l'on apprend qu'il « *n'y a pas de vie possible sans déchets. On sait que le vivant est obligé de produire des déchets, et que le vivant se nourrit de déchets, depuis la nuit des temps* » (p. 11). Mais la production de déchets vaut aussi pour la société humaine...

Le chapitre suivant présente l'évolution biologique au regard de la production des déchets par les organismes vivants, certains pouvant être des ressources pour d'autres organismes. Leur recyclage est ainsi un constituant essentiel du fonctionnement des écosystèmes.

Le troisième chapitre présente la production de déchets depuis les premiers hominidés (il y a plus de deux millions d'années) jusqu'au début de la sédentarisation des humains (il y a environ 8000 ans). La consommation de nourriture et la fabrication d'outils entraînent la production de déchets, mais le nomadisme empêche leur accumulation.

Il y a environ 5000 ans, la « *révolution néolithique* » est achevée : les populations humaines sont sédentaires, élèvent des animaux domestiques et pratiquent l'agriculture. La production de déchets augmente alors de façon exponentielle en même temps que la population mondiale. Vers 1800, c'est la révolution industrielle qui marque le début d'une « *civilisation hyperconsommatrice de ressources et hyper-productrice de déchets qui se globalise* » (p. 111). Malgré la mise au point de procédés de recyclage de déchets (compostage, méthanisation, réutilisation de déchets industriels, etc.), les années 1950 voient l'émergence « *d'une société de consommation, dans laquelle tout, ou presque, est jetable et [...] peu de produits sont recyclés* » (p. 129), qui conduit à une « *explosion de la production de déchets, comme de la consommation des ressources* ». L'auteur décrit ensuite les atteintes environnementales : beaucoup de déchets finissent en effet dans les milieux naturels.

Le dernier chapitre, intitulé « *Les déchets au cœur de notre avenir* », présente des voies possibles pour diminuer le volume de déchets produits : économie circulaire, écoconception des objets, augmentation du recyclage, utilisation des biotechnologies...

La lecture de cet ouvrage me semble indispensable pour quiconque souhaite un regard complet et mesuré sur l'univers des déchets, des premiers organismes vivants à la société humaine d'aujourd'hui.

Kévin Moris

(retrouvez sur notre site une version longue de cette note de lecture)

SCIENCE...
& pseudo-sciences

Association Française pour l'Information Scientifique - AFIS

S'abonner

ABONNEZ-VOUS À LA REVUE

Fabricants d'intox

La guerre mondialisée des propagandes

Christian Harbulot

Lemieux Éditeur, 2016, 168 pages, 11 €



Les batailles perdues de la vérité

Il ne se passe plus une semaine sans que des vérités scientifiques élémentaires soient piétinées par des militants hostiles à une technologie quelconque (wifi, linky, OGM, pesticides, nanotechnologies, etc.). Le petit livre de Christian Harbulot, directeur de l'École de guerre économique de Paris, traite de politique internationale, d'économie et de guerre ; marginale de science. Il aide néanmoins à comprendre pourquoi les attaques contre la science sont souvent couronnées de succès, en allant au-delà des clichés sur la paresse des journalistes ou la crédulité du grand public.

Une méthode est à l'œuvre. Mêlant le mensonge pur et simple et la désinformation subtile, elle s'appuie beaucoup sur l'émotion et mobilise, paradoxalement, des sentiments plutôt positifs : compassion pour les victimes, refus de l'oppression, goût pour la transparence. Elle a été conceptualisée pendant la guerre froide, par les Russes comme par les Américains, puis adaptée à l'internet et aux réseaux sociaux. En lui-même, l'arsenal est neutre. Les armes de la guerre de l'information peuvent défendre la vérité comme le mensonge. À ce jeu, toutefois, celui qui arrive à passer pour le « faible » part avec un avantage sur le « fort ». Le guérillero attire plus spontanément la sympathie que le soldat de l'armée régulière. Il en va de même pour le « lanceur d'alerte » face au chercheur, surtout si le laboratoire de ce dernier a un contrat avec un puissant groupe privé.

Au fil des pages, apparaissent des noms familiers aux lecteurs de SPS : Marie-Monique Robin (p. 24), Greenpeace (p. 119), Jean-Paul Krivine (pour sa critique du rapport Bioinitiative, p. 149) ainsi que Pièces et Main d'Œuvre (p. 145). Christian Harbulot rattache ce dernier mouvement, anti-nanotechnologies, à une filière locale grenobloise de lanceurs d'alerte, qui a conquis sa légitimité en dénonçant les abus bien réels de la classe politique sous l'ère Carignon. « *La question qui se pose aujourd'hui* », et à laquelle ce petit livre ne prétend d'ailleurs pas répondre, « *est la manière de faire le tri entre les protestations fondées et infondées émanant de la société civile. N'importe qui peut prendre la parole sur n'importe quoi. Et c'est celui qui a la meilleure méthode d'attaque qui réussit souvent à faire passer un message* » (p. 151). Le propos est appuyé par de nombreux exemples. Une lecture stimulante¹.

Erwan Seznec

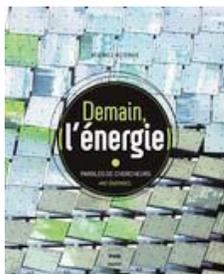
¹ Attention, nombreuses coquilles : l'éditeur Lemieux semble économiser sur les frais de correction.

Demain, l'énergie

Paroles de chercheurs

Béatrice Méténier

PUG, 2015, 192 pages, 30 €



« Ainsi, entre l'époque où l'homme ne pouvait compter que sur lui-même pour produire un travail et aujourd'hui, le rapport de l'énergie utilisée par l'être humain est largement supérieur à 50 pour les pays industrialisés. » (p. 189)

Le ton est donné : la consommation énergétique mondiale devrait continuer à augmenter dans les prochaines années. Comment répondre à la demande, étant donné l'enjeu du changement climatique annoncé ?

Il s'agit de réussir la transition énergétique, c'est-à-dire avoir une consommation d'énergie essentiellement renouvelable et décarbonée (avec peu de rejet de dioxyde de carbone). Ce livre fait justement le point sur les recherches scientifiques qui sont menées dans ce sens : économiser l'énergie dans les bâtiments, les transports, l'industrie... La diversification des ressources énergétiques est abordée : hydraulique, nucléaire, solaire, fossiles, biomasse... avec les avantages et inconvénients de chacune. Enfin, ce sont les thèmes cruciaux du stockage et du transport de l'énergie qui sont discutés.

Consultante, l'auteure a sollicité pour cet ouvrage des chercheurs de la région Rhône-Alpes¹, qui travaillent en milieu universitaire, ou bien dans des organismes tels que le CEA ou l'IFPEN². Ce qui explique la structure des chapitres : un jeu de questions et réponses avec les chercheurs est complété par des photographies (portraits et installations techniques), des schémas qui présentent le fonctionnement des procédés décrits, et de petits lexiques quand quelques définitions sont nécessaires. Les explications sont pertinentes et accessibles aux personnes qui n'ont qu'une formation scientifique de base. On pourra regretter que le dioxyde de carbone soit fréquemment désigné par sa formule chimique CO₂ et non par son nom, tout comme l'appellation vieillotte de « gaz carbonique » utilisée à plusieurs reprises pour le désigner. Et qu'une scientifique fasse référence aux « quatre éléments, la terre [...], le soleil, l'eau et l'air » (p. 32) est plutôt maladroit.

La lecture est instructive pour tout public, tant les enjeux sont clairement exposés. Une bibliographie d'une dizaine d'ouvrages est proposée à ceux qui voudront étudier le sujet plus avant. Ce livre est aussi une fenêtre sur la recherche en train de se faire, ce qui ne peut qu'être apprécié.

Kévin Moris

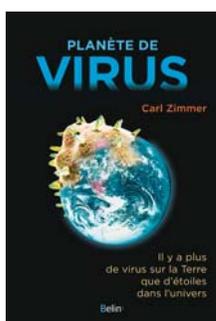
¹ La région Rhône-Alpes a financé le projet. Cette restriction géographique des chercheurs consultés n'enlève rien à l'intérêt de l'ouvrage.

² CEA : Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives. IFPEN : Institut français du pétrole – Énergies nouvelles (anciennement IFP).

Planète de virus

Carl Zimmer

Belin, Coll. Science à plumes, 2016, 126 pages, 16 €



Carl Zimmer est un journaliste scientifique, éminent vulgarisateur des connaissances sur le monde vivant¹. Dans *Planète de virus*, il montre, en une douzaine de récits, toute l'importance de ces structures à la frontière du vivant.

L'exploration de la virosphère (le monde des virus) s'ouvre à la fin du XIX^e siècle, quand le savant néerlandais M. Beijerinck met en évidence « *un fluide vivant contagieux* » responsable de la maladie de la mosaïque du tabac. Elle se poursuit toujours avec la découverte, depuis une quinzaine d'années, de virus géants affectant des amibes – les *Mimivirus* identifiés dans une tour de refroidissement de l'hôpital de Bradford en Angleterre, les *Pandoravirus* trouvés dans des sédiments au large du Chili et des vases d'une mare australienne, ou encore les *Mollivirus* découverts dans le pergélisol sibérien – et même de virophages, des virus qui infectent des... virus !

Parasites obligatoires des cellules pour leur multiplication, les virus sont de bien vieux compagnons du vivant, dont il est possible de reconstituer l'histoire. Tant l'histoire de leur évolution propre – les virus ont cette capacité d'intégrer de nouveaux gènes, que ce soit ceux des cellules qu'ils infectent ou ceux d'autres virus avec lesquels ils cohabitent au sein des cellules infectées – que l'histoire de leur diffusion dans le monde vivant, car si « *les virus ne laissent pas de fossiles derrière eux, ils laissent leurs traces dans le génome de leurs hôtes* » (p. 57).

Retrouvés partout, installés aussi bien au cœur de notre patrimoine génétique d'humain, où l'on évalue qu'ils constituent 8 % de notre ADN, que dans les océans dont on estime qu'un litre contient cent milliards de virus, leurs gènes peuvent conférer de nouvelles propriétés aux cellules infectées, participant ainsi à la diversification du vivant. Responsables d'épidémies difficilement prévisibles et parfois difficiles à endiguer, les virus peuvent aussi constituer une ressource face au problème de la résistance bactérienne aux antibiotiques : les bactériophages, des virus qui infectent les bactéries, peuvent être utilisés pour combattre certaines infections².

Ce ne sont là que quelques aspects abordés dans ce livre, dans un style agréable, avec un langage clair et accessible, proposant une courte bibliographie scientifique pour chacun des chapitres et disposant d'un index bien utile pour retrouver tant les savants cités que les virus décrits.

Carl Zimmer nous fait découvrir un monde époustouflant dont il est temps de prendre la mesure mais dont l'exploration ne semble pas prête d'être achevée.

Philippe Le Vigouroux

¹ Auteur de nombreux ouvrages, il publie des chroniques dans divers titres de presse américains et tient un blog (<http://carlzimmer.com/>). Il a obtenu le Prix Stephen Jay Gould 2016 de la *Society for the Study of Evolution*, qui récompense les personnalités œuvrant à la diffusion et à la vulgarisation de la science de l'évolution. On peut signaler *Introduction à l'évolution, ce merveilleux bricolage*, ouvrage traduit en français par Bernard Swynghedauw (De Boeck, 2012).

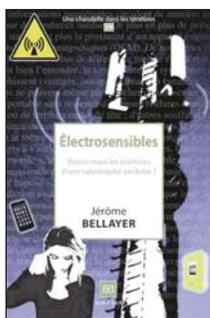
² Depuis quelques années, dans les pays occidentaux, certains médecins redécouvrent la phagothérapie, un traitement mis au point au sortir de la première guerre mondiale par Félix d'Hérelle (1873-1949). Sur la phagothérapie, on peut recommander la lecture du livre du Dr Alain Dublanquet *Des virus pour combattre les infections. La phagothérapie : renouveau d'un traitement au secours des antibiotiques* (Favre, 2009).

Electrosensibles

Vivons-nous les prémices d'une catastrophe sanitaire ?

Jérôme Bellayer

Book-e-book, Coll. Une chandelle dans les ténèbres, 2016, 76 pages, 11 €



Professeur de sciences physiques et collaborateur du laboratoire de zététique de l'Université Nice Sophia Antipolis, Jérôme Bellayer s'est penché sur le dossier de l'électrosensibilité. Voici ce qu'il écrit en conclusion (p. 75) : « *Tout se résume à une simple question : qu'est-ce qui est à l'origine des symptômes des électrosensibles ? Certains répondent : les OEM* », ou ondes électromagnétiques. « *La charge de la preuve revenant à celui qui affirme, c'est aux électrosensibles et à leurs soutiens de prouver que l'exposition aux ondes déclenche les symptômes. La prise en compte de l'ensemble du travail scientifique ne montre pas cette corrélation* ».

À de rares exceptions près, les chercheurs spécialisés ne pourront qu'approuver. Mais dans ce cas, pourquoi un livre ? Pour les « *indécis* », répond Jérôme Bellayer, « *cette catégorie de la population qui est la plus susceptible d'être "contaminée" par l'idéologie des électrosensibles* ». En matière d'électrosensibilité, il est question de croyance. Or, « *la croyance étant très dure à faire reculer, il faut agir avant la bascule idéologique* » (p. 76).

Jérôme Bellayer ne rejette pas en bloc les argumentaires des associations ou des médecins qui parlent au nom des électrosensibles. Avec beaucoup d'à-propos, il démonte au contraire ces argumentaires de l'intérieur. L'association Robin des Toits, par exemple, prédit une explosion du nombre de cas d'électrosensibles. Elle le fait depuis maintenant près de dix ans. Or, sur la base même des chiffres de Robin des Toits, Jérôme Bellayer montre (p. 21) qu'on peut conclure à un « *recul de la proportion d'électrosensibles* » depuis 2005 !

Les travaux du docteur Dominique Belpomme, animateur d'une consultation spécialisée, font l'objet d'un bref chapitre (p. 13). Jérôme Bellayer relève les zones de fragilité de ses conclusions. Il conclut que la logique qui les sous-tend est « *totalemtent erronée* ». Le docteur Belpomme a identifié des caractéristiques communes aux électrosensibles qu'il a examinés. « *Il en conclut que ces caractéristiques sont des critères permettant de diagnos-*

tiquer l'électrosensibilité. Ce raisonnement est totalement faux et relève d'un effet de probabilité inversée », sur le mode du slogan de la Française des jeux : « 100 % des gagnants ont tenté leur chance ». C'est une attaque judiciaire, car elle peut convaincre un public qui restera hermétique à des critiques pointues sur les taux de protéine HSP27 et les limites de l'analyse par effet doppler pulsé.

Jérôme Bellayer examine à la fin de son livre (p. 69) la polémique suscitée par le compteur Linky. Sur des bases physiques élémentaires, rien ne permet de dire que ce compteur est dangereux. C'est évident. Mais il est tout aussi évident que des dizaines, voire des centaines de milliers de citoyens, ont des craintes. C'est un fait, aussi réel que l'innocuité de Linky. L'électrosensibilité relève de « processus psychologiques », le débat est dominé par les « croyances », mais les scientifiques ne peuvent pas laisser « le marché cognitif aux mains des croyants », conclut l'auteur.

Il faut espérer que ce livre court et limpide regagnera un peu du terrain perdu.

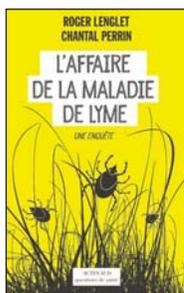
Erwan Seznec

L'affaire de la maladie de Lyme

Une enquête

Roger Lenglet et Chantal Perrin

Actes Sud, Coll. Question de santé, 2016, 155 pages, 19,80 €



L'enquête qui s'autodétruit

Les journalistes, comme les chercheurs, sont parfois contraints de publier alors que le filon qu'ils creusaient n'a pas tenu ses promesses. C'est vraisemblablement ce qui s'est passé avec cette enquête intitulée « L'affaire de la maladie de Lyme », de Roger Lenglet et Chantal Perrin. Fruit « de plusieurs années d'investigation » (p. 12), elle se résume à 155 pages en assez gros caractères.

Pour mémoire, la maladie de Lyme (prononcer « laïme ») est une infection causée par des bactéries *Borrelia* transmises par les tiques. Elle serait en voie d'explosion dans les pays développés. Elle profiterait, en France, de la passivité coupable des pouvoirs publics, de l'aveuglement des médecins et de l'avidité des industriels. Bref, comme l'annonce la quatrième de couverture, ce serait un « scandale sanitaire et politique d'une exceptionnelle gravité ».

Problème : le livre contient tous les éléments nécessaires pour dire que le scandale en question n'existe pas.

Roger Lenglet est un journaliste expérimenté, qui cosigne souvent des livres (sur les syndicats, les multinationales de l'eau, la maladie d'Alzheimer...). Chantal Perrin a réalisé en 2014 pour France 5 un documentaire, « Maladie de Lyme, quand les tiques attaquent ». Leur introduction est choc : « pandémie », « déni des autorités », « pathologies très inva-

lidantes, voire mortelles », « nouveau scandale du sang contaminé », « transmission fœtale, qui est scientifiquement avérée », et « risques de transmission sexuelle » (p. 12).

Ensuite, c'est l'effondrement. « Toutes les morsures de tiques ne transmettent pas la maladie de Lyme » (p. 43). « Une grande partie des patients » vont « tout simplement en être quittes pour une antibiothérapie de quelques semaines » (p. 64). Quant aux autres, de quoi souffrent-ils réellement, les auteurs se le demandent : « sous la dénomination maladie de Lyme, se cachent souvent un grand nombre de germes et de processus infectieux » (p. 43). « On peut même dire que cette notion est un parapluie, pour souligner qu'elle simplifie excessivement le diagnostic » (p. 45). La transmission par le sang ? Elle n'a « jamais été vraiment documentée, ce qui est plutôt rassurant » (p. 126). La transmission au fœtus ? Expédiée en deux paragraphes, faute de cas concret, tout comme la transmission sexuelle (p. 125). Les morts ? Introuvables, alors qu'il existe, soulignent les auteurs (p. 38), « des milliers de publications » sur les infections par *Borrelia* ! Le complot des industriels ? Peu convaincus par la forme chronique, qui générerait pourtant du chiffre d'affaire, ils défendent un traitement court et bon marché, « deux à quatre semaines d'antibiotiques » ! (p. 61).

Ces informations factuelles sont entrecoupées de témoignages de patients et d'insinuations, relançant, comme si de rien n'était, la théorie de la pandémie cachée et du scandale sanitaire. 80 % d'éléments anxiogènes pour assurer les ventes, 20 % de prudentes réserves pour garder les apparences du sérieux. À ce stade, le journalisme et la recherche divergent. Aucun article scientifique ne pourrait aller aussi loin dans l'inconséquence.

Erwan Sez nec

Nous signalons bien volontiers...

Antéversion. Ce qu'il faut retenir du futur *Entre science et fiction*

Didier Schmitt

Fauves Éditions, 2016, 160 pages, 15 €



Comme s'il lançait un boomerang vers l'avenir, Didier Schmitt ramène de ses explorations prospectives des récits aussi étonnants que captivants sur ce que pourrait être la société avant le milieu de ce siècle. Dans ce récit où la rigueur scientifique se conjugue avec une vision empreinte d'humour, voire d'ironie, il fait parler le futur comme si nous y étions, faisant la part belle aux révolutions technologiques imminentes. Tableau réaliste car issu d'une expérience multidisciplinaire, *Antéversion* est un rêve éveillé mais lucide qui nous amène à réfléchir sur la part inéluctable du futur – celle des confluences technologiques où le champ des possibles ne cesse d'augmenter.

Présentation de l'éditeur



Retrouvez sur
notre site
Internet des
notes de
lecture inédites



Galaxies à Lascaux
Les merveilles de l'archéoastronomie

Frédéric Lequèvre
Book-e-book, Coll. Une chandelle dans les ténèbres,
2016, 67 pages, 11 €

Une note de lecture de Philippe Le Vigouroux



Vive le nucléaire heureux !

Le livre qui bouscule les idées reçues en réconciliant l'écologie et le nucléaire...

Michel Gay
Autoédition, 2016, 160 pages, 18 €
Renseignements et extraits sur www.vive-le-nucleaire-heureux.com

Une note de lecture d'Hervé Nifenecker



La science expliquée à mes petits enfants

Jean-Marc Lévy-Leblond
Éditions du Seuil, 2014, 102 pages, 8 €

Une note de lecture de Christine Mourlevat-Brunschwig



60 questions étonnantes sur la musique et les réponses qu'y apporte la science

Valentine Vanootighem
Mardaga, Coll. In psycho veritas, 2015, 144 pages,
14,90 €

Une note de lecture de Martin Brunschwig



Là où croît le péril... croît aussi ce qui sauve

Hubert Reeves
Seuil, 2015, 157 pages, 7,50 €

Une note de lecture de Christine Mourlevat-Brunschwig



Gaz de schiste

Le vrai du faux
Olivier Blond, Roxane Crossley et Julien Leprovost
Delachaux et Niestlé, 2014, 156 pages, 13,90 €

Une note de lecture de Martin Brunschwig



L'Anatomiste

Marilyne Fortin
Éditions Terra Nova, 2016, 398 pages, 21 €

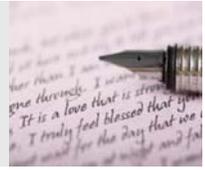
Une note de lecture d'Arkan Simaan



Rubrique coordonnée par **Philippe Le Vigouroux** et **Arthur de Montalembert**



Dialogue avec nos lecteurs



Nous ne pouvons pas publier tous les courriers reçus, ni les publier dans leur intégralité. Les choix opérés et les coupures faites sont de la seule responsabilité de la rédaction.

Des sujets préférentiels ?

J'ai découvert l'AFIS récemment et j'apprécie énormément le travail effectué pour donner du poids à la connaissance scientifique et aux faits sur des sujets d'actualité. Pour autant, j'ai le sentiment d'un déséquilibre entre des articles s'attardant sur les contre-vérités écologistes (par exemple la toxicité des OGM) et le manque d'articles sur les contre-vérités énoncées par les industries concernées (par exemple la prétendue efficacité des OGM).

Sur le thème de la naturalité [j'ai] pu lire [article « Loi Biodiversité : la science instrumentalisée », SPS n°316, avril 2016] que « *nos bocages, la Camargue, le lac du Der en Champagne, les Dombes et la Sologne, ainsi que la forêt des Landes, milieux artificiels par excellence, sont aussi des hauts lieux de naturalité !* ». Un argument qui va à l'encontre des propos de chercheurs reconnus dans ce domaine pour lesquels les hauts lieux de naturalité en Europe se résument à quelques réserves pour la plupart minuscules.

Par ailleurs, j'ai également le sentiment que les sujets traités s'apparentent le plus souvent aux « sciences dures » et peu aux sciences humaines et sociales (éco-

nomie, sociologie, histoire) parmi lesquelles beaucoup d'idées reçues seraient à démonter.

Les réserves que j'apporte ne remettent pas en cause la qualité de vos articles et le plaisir que j'ai à les lire [...] mais indiquent mon envie de vous lire encore et si possible avec des angles de vues plus diversifiés et pourquoi pas contradictoires.

B. C.

SPS *L'AFIS se donne pour but de défendre l'intégrité scientifique, tant contre l'obscurantisme et l'irrationnel que contre les déformations de la science, quelles que soient les sources des manipulations : industries, associations, médias, institutions, hommes politiques... Mais nous le faisons toujours du point de vue des faits scientifiques et non pas d'un jugement sur les intentions réelles ou supposées. Nous avons ainsi traité de l'industrie du tabac, de celle des médicaments homéopathiques, de l'industrie pharmaceutique (Mediator, et dans ce numéro, Dépakine)... Nous avons mis en avant les faits scientifiques. Nous procédons de même avec ce que nous appellerons l'écologie politique. La prétention scientifique est souvent au cœur de son argumentation, mais, à l'opposé de la véritable écologie scientifique, ce courant a la particularité de s'appuyer sur des faits sélectionnés, voire non avérés. Nous ne discutons pas des motivations, de la « cause », de sa validité aux yeux des uns ou des autres,*

mais commentons et documentons le volet scientifique des allégations. Les effets des activités de l'être humain sur l'environnement et la santé sont une préoccupation majeure. Mais la réflexion doit s'inscrire sur la base des faits établis et considérer l'ensemble de la question : les risques, mais aussi les bénéfices et les alternatives.

Au sujet des sciences humaines, et malgré une perméabilité sans aucun doute plus grande à l'opinion et l'idéologie (aujourd'hui, un historien marxiste, un sociologue post-moderne, un économiste libéral... n'auront pas le même discours que leurs collègues d'autres obédiences), car il s'agit de disciplines plus jeunes et peut-être plus complexes, nous les abordons sous notre angle habituel : la démarche scientifique elle-même. Il n'y a pas, pour nous, de science dure, molle, humaine ou inhumaine, mais une même méthode d'accès à la connaissance du monde fondée sur les faits et les preuves.

Enfin, Christian Lévêque, dont vous évoquez l'article, nous a fait parvenir la réponse suivante : « Haut lieu de naturalité » n'a pas de définition codifiée. Vous faites référence à des réserves de flore et faune qui sont supposées "vierges" de l'action de l'homme. Pourquoi pas... mais l'article faisait référence à des lieux qui sont réputés pour leur richesse en espèces et dont certains ont été consacrés par des labels. Dans l'esprit du public et de certains mouvements militants, ces milieux artificiels sont perçus comme des milieux "naturels"... d'où l'appellation "parc naturel régional" pour la Camargue par exemple. La confusion entre naturel et artificiel est ici perma-

nente. Sur cette question, je ne crois donc pas qu'il y ait contradiction avec d'autres propos, quand on explicite l'usage du terme. »

À propos de climat

Je suis abonné depuis 2007 à votre revue. J'apprécie la majorité des sujets traités qui nous apportent un éclairage objectif face à la technophobie ambiante [...]. Dans votre n° 317, et son dossier sur le Climat, François-Marie Bréon expose les théories du GIEC [...]. [Mais il y a un] refus de prendre en compte les avis de scientifiques qui avancent d'autres théories [...]. Des milliers de scientifiques fâchés contre le GIEC [...] crient au complot [...] et pensent que ce réchauffement, ces changements climatiques, sont bien plus compliqués qu'une simple et unique cause humaine [...]. À défaut d'apporter des preuves par des observations non tronquées, est-il indispensable de mépriser, comme le fait le lobby climatique, ceux qui n'admettent pas ses conclusions [en les rangeant] dans un gros tiroir sur lequel on a collé l'étiquette « *climatosceptiques* » ? J'ai [aussi] été surpris [par la comparaison avec] Gilles-Eric Séralini sur les OGM [...]. Je suis effrayé de voir les sommes colossales de financement envisagé pour lutter contre une cause hypothétique du changement climatique alors que ces financements pourraient être beaucoup plus utiles pour améliorer la vie des populations déshéritées en les aidant plus efficacement à s'adapter au changement climatique.

C. B.

 *Un des objectifs de notre dossier était de montrer que la controverse sur le climat n'est pas*

d'ordre scientifique (où le consensus est bien établi), mais relève de divergences sur les choix politiques, économiques ou sociaux. Ainsi, l'usage des fonds disponibles (les orienter vers l'adaptation ou la « mitigation » ?) que vous soulevez est un thème que nous évoquons (avec l'analyse du livre de Sylvestre Huet). Et justement, sur ce sujet particulier, la discussion ne relève pas de la science du climat, mais bien de choix de société. D'où, d'ailleurs, une partie du titre de notre couverture : « ce que la science ne dicte pas ».

Sur le plan des faits scientifiques, une pétition ou une liste de scientifiques (en général, non climatologues) ne valent pas les publications dans les revues spécialisées et les analyses collectives de la littérature scientifique, comme le fait le GIEC Groupe 1 sur la science du climat. Par ailleurs, vous parlez des « théories du GIEC ». Or le GIEC, sur la question du réchauffement climatique, ne crée pas de « théories », il fait des synthèses de la science du climat en cours. À ce titre, il est inexact de dire qu'il « refuse de prendre en compte les avis des scientifiques qui avancent d'autres théo-

ries » : le GIEC prend en compte l'ensemble des travaux publiés selon les standards scientifiques. L'article de François-Marie Bréon rappelle ce processus. Ce qui est affirmé par la communauté scientifique, c'est que l'activité humaine est responsable d'au moins 50 % du réchauffement récent. Donc, dire qu'il n'y a pas « une simple et unique cause humaine », n'est pas en contradiction avec ce que résume le GIEC.

À propos du terme climatoscience, nous avons justement consacré un article contre l'usage de ce terme qui n'apporte que confusion et stigmatisation. Enfin, la comparaison esquissée avec Séralini et les OGM ne porte que sur un seul point : celui visant à faire croire qu'il existe une controverse scientifique sur un sujet pour lequel, au contraire, le consensus scientifique est très fort. Mais encore une fois, un consensus scientifique qui ne dicte pas ce que la société doit faire.



Rubrique coordonnée
par Sébastien Point

Contacts : lecteurs@pseudo-sciences.org

Cash Investigation et France 2 rappelés à l'ordre par le CSA

« Le CSA (Conseil supérieur de l'audiovisuel) a été saisi, notamment par des parlementaires, au sujet de l'émission Cash investigation intitulée "Produits chimiques : nos enfants en danger", diffusée sur France 2 le 2 février 2016. Il a également pris connaissance d'un rapport établi sur ce sujet par l'Association française pour l'information scientifique qui lui a été remis. Après un examen de l'émission litigieuse, le Conseil a regretté que les journalistes aient indiqué de manière erronée qu'une étude de l'Autorité européenne de sécurité alimentaire avait révélé que 97 % des denrées alimentaires contenaient des résidus de pesticides, alors que l'étude fait état, en réalité, de 97 % de ces denrées qui contiendraient des résidus dans les limites légales. En conséquence, le CSA a demandé aux responsables de France Télévisions de veiller à respecter, à l'avenir, leurs obligations en matière de rigueur dans la présentation et le traitement de l'information, telles que prévues à l'article 35 du cahier des charges ». Publié le 29 juillet 2016

¹ L'AFIS avait produit une analyse détaillée de l'émission. En ligne sur www.pseudo-sciences.org

Sommaires des derniers numéros



313. Hypnose : charlatanisme ou avancée médicale ? - Les frères Bogdanov : science ou fable ? - Bio-électronique : la science noyée dans un verre d'eau - Fausses sciences et radicalité : le danger d'Internet.



314. Idées reçues sur le bio - Procès Outreau : l'expertise biaisée par l'idéologie - Les phobies : d'où viennent-elles, comment les guérir ? - Science et religions : les liaisons dangereuses.



315. Pesticides et santé : ce qu'en dit la science - Science et technologies : faire entendre une voix raisonnée - *Voice of young science*, la voix des jeunes pour la science.



316. Cancer : les principales causes en France - Agriculture : pesticides et environnement - Radioactivité : les faibles doses sont-elles dangereuses ? - Biodiversité : la nature est-elle idyllique ? Les rêves ont-ils un sens ?



317. Climat : ce que dit la science, ce qu'elle ne dicte pas - Autisme : Épidémie ? Environnement ? Hérité ? Vaccins ? Pesticides ?



Abonnement et adhésion

Nom : Prénom :

Adresse complète :

Mail : Profession :

	<u>France</u>	<u>Étranger</u>
Abonnement normal		
● 5 numéros	<input type="checkbox"/> 25 €	<input type="checkbox"/> 30 €
● 10 numéros	<input type="checkbox"/> 50 €	<input type="checkbox"/> 60 €

Abonnement formule « SPS Diffusion »
Recevez au total 3 exemplaires de chaque numéro de SPS et faites connaître la revue autour de vous, auprès d'amis, de parents, dans une salle d'attente.

● 5 numéros	<input type="checkbox"/> 45 €	<input type="checkbox"/> 50 €
● 10 numéros	<input type="checkbox"/> 90 €	<input type="checkbox"/> 100 €

Abonner un ami
Abonnement découverte, 5 numéros à moitié prix.

● 5 numéros	<input type="checkbox"/> 12,5 €	<input type="checkbox"/> 15 €
-------------	---------------------------------	-------------------------------

Nom, prénom et adresse du bénéficiaire.

Adhésion ou réadhésion à l'AFIS.

● Cotation annuelle	<input type="checkbox"/> 21 €
---------------------	-------------------------------

Chèque à l'ordre de l'AFIS
 (uniquement en France)
 ou virement IBAN :
 FR 65 2004 100001 2100000P020 50.
 BIC : PSSTFRPPPAR.
 N° de compte : 20041 / 00001 / 2100000P020

**AFIS, 4 rue des Arènes,
 75005 PARIS**

secretariat@pseudo-sciences.org

Abonnement et adhésion en ligne :
www.pseudo-sciences.org/boutique.html

Le renouvellement de votre abonnement prendra tout naturellement la suite de l'actuel et repoussera d'autant la date d'échéance.

Total :€

SCIENCE...

& pseudo-sciences

L'Association Française pour l'Information Scientifique (créée en 1968) se donne pour but de promouvoir la science contre ceux qui nient ses valeurs culturelles, la détournent vers des œuvres malfaisantes ou encore usent de son nom pour couvrir des entreprises charlatanesques. La science ne peut résoudre à elle seule les problèmes qui se posent à l'Humanité, mais on ne peut les résoudre sans faire appel à la méthode scientifique. Les citoyens doivent être informés des progrès scientifiques et techniques et des questions qu'ils soulèvent, dans une forme accessible à tous et sans tenir compte de la pression des intérêts privés. Ils doivent être mis en garde contre les fausses sciences et ceux qui dans les médias leur prêtent la main par ignorance ou par intérêt personnel ou mercantile.

Au travers de sa revue, **Science et pseudo-sciences**, elle veut :

- retenir, dans l'actualité scientifique et technique, un certain nombre de faits pour en considérer d'abord la signification humaine ;
- diffuser une information scientifique constituée de nouvelles d'actualité dans toutes les branches de la recherche, dans un langage accessible à tous ;
- dénoncer sans réserve les marchands de fausses ou de pseudo-sciences (astrologie, soucoupes volantes, sectes, « paranormal », médecines fantaisistes) et les charlatans malfaisants pourvoyeurs de l'irrationnel ;
- défendre l'esprit scientifique contre la menace d'un nouvel obscurantisme.

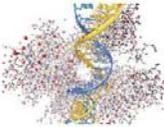
Elle se veut indépendante des groupes de pression afin d'éviter toute concession au sensationnalisme, à la désinformation et à la complaisance pour l'irrationnel.

Les articles signés ne reflètent pas nécessairement le point de vue de la rédaction.

www.pseudo-sciences.org

SCIENCE... & pseudo-sciences
N°316 - 5 €
Avril - Juin 2016
Association Française pour l'Information Scientifique - AFIS

Cancer
Les principales causes en France



Agriculture
pesticides et environnement



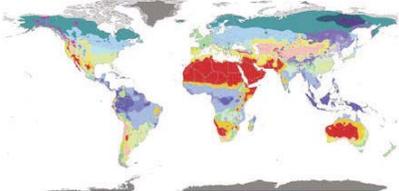
Radioactivité : les faibles doses sont-elles dangereuses ?



**Biodiversité : la nature est-elle idyllique ?
Les rêves ont-ils un sens ?**

SCIENCE... & pseudo-sciences
N°317 - 5 €
Juillet - Septembre 2016
Association Française pour l'Information Scientifique - AFIS

Climat
Ce que dit la science
Ce que ne dicte pas la science



Autisme
Épidémie ? Environnement ?
Hérédité ? Vaccins ? Pesticides ?
Prise en charge : le retard français



Psychologie : pourquoi il faut parfois tolérer des émotions pénibles

Sommaire

du n° 318

Éditorial – Le lourd bilan des fausses alertes sanitaires	1
Regards sur la science	2
Dossier – Comment s'établit la vérité scientifique ?	
Le difficile chemin vers la connaissance	10
Introduction (<i>Jean-Paul Krivine</i>)	11
La naissance des essais cliniques contrôlés (<i>Simon Singh et Edzard Ernst</i>)	18
« Je ne sais pas ce qu'il faut croire... »... Comprendre les questions scientifiques (<i>Sense about science</i>)	21
Peut-on croire les publications scientifiques ? Biais et embellissements polluent la science (<i>Hervé Maisonneuve</i>)	27
Journaux prédateurs Les simplificateurs de π (<i>Jean-Paul Delahaye</i>)	35
Les pièges de l'épidémiologie (<i>André Aurengo</i>)	40
Mécanismes improbables : les limites des méta-analyses (<i>Nima Yeganefer</i>)	48
Comment justifier l'autorité scientifique ? (<i>Jean Bricmont</i>)	52
Incertitudes technologiques : y a-t-il vraiment une demande de « participation citoyenne » ? (<i>Virginie Tournay</i>)	63
Dépakine et Mediator : repensons la pharmacovigilance (<i>Catherine Hill</i>)	69
Essai thérapeutique chez Biotrial à Rennes : les leçons d'une affaire étouffée (<i>Catherine Hill</i>)	76
Psychologie scientifique : Les ruminations mentales (<i>Jacques Van Rillaer</i>)	82
Un monde fou, fou, fou... (<i>Brigitte Axelrad</i>)	88
Sonnettes sur Internet – Energie libre : quand les esprits se déchaînent (<i>Sébastien Point</i>)	94
Livres	98
Dialogue avec nos lecteurs	109

FRANCE METRO : 5 € - BEL/LUX : 6 €
- DOM : 6 € - PORT. CONT. : 6 € -
CH : 8 FS - CAN : 7,99\$ CAD -
MAR : 55 MAD - NCAL/S : 950 CFP

L 16571 - 318 - F: 5,00 € - RD

