

# science Le Monde & médecine

## Dépression Un mal flou à redéfinir

MANUELE GEROMINI

Burn-out, violences sociales, anxiété... quantité de troubles psychiques sont aujourd'hui assimilés à la dépression. Mieux comprise pour certains, trop médicalisée pour d'autres, cette affection est difficile à circonscrire. Maladie ? Souffrance psychique ou sociale ? Le débat anime psychiatres et sociologues

CATHERINE MARY

**D**épression. C'est le terme utilisé par la médecine contemporaine pour désigner cette plongée dans la souffrance psychique que les médecins antiques nommaient mélancolie. Une maladie complexe qui se manifeste par un état de rupture avec l'état habituel de la personne, se traduisant par des troubles psychiques et physiques dont l'insomnie, l'anxiété, la perte d'appétit ou encore les pensées suicidaires. Dans les formes les plus sévères, elle fait peser un risque vital sur la personne, notamment par suicide ou arrêt d'alimentation.

Elle touche une personne sur cinq au cours de son existence et l'Organisation mondiale de la santé estime à plus de 300 millions le nombre annuel de dépressifs. Mais si ce nombre n'a cessé d'augmenter (+18% entre 2005 et 2015), des voix s'élèvent pour

questionner la légitimité de la médecine à détenir seule un droit de regard sur la maladie. En cause, ses frontières, qui englobent l'ensemble des états dépressifs face auxquels le traitement médical – principalement les antidépresseurs et les psychothérapies – s'impose comme l'unique réponse. « La dépression est une notion dépassée. De plus en plus, on va vers une déconstruction de ce qu'est ce trouble », affirme le sociologue Xavier Briffault, du Centre de recherche en médecine, sciences, santé, santé mentale et société du CNRS. « Ce qui ressort depuis une dizaine d'années, c'est que le concept de dépression lié à une cause biologique sous-jacente n'existe plus. Différents éléments de la personne incluant des facteurs biologiques, psychologiques et environnementaux entrent en compte. Ces éléments interagissent entre eux pour créer un cercle vicieux qui aboutit à la dépression », poursuit-il.

Et c'est justement sur cette dimension sociale des troubles dépressifs qu'insistait le sociologue Alain

Ehrenberg, en octobre 2016, dans son discours d'inauguration à la tête du Conseil national de la santé mentale. « Les problèmes de santé mentale ne sont plus seulement des problèmes spécialisés, de psychiatrie et de psychologie clinique, ils relèvent également de problèmes généraux, de la vie sociale, qu'ils traversent de part en part. Nous savons bien que, en psychiatrie, l'expression "santé mentale" ne fait pas consensus, mais quel que soit le jugement qu'on porte sur cette situation et l'interprétation sociopolitique qu'on peut en faire, c'est là un fait social », déclarait-il. Il est l'auteur de *La Fatigue d'être soi*, un livre publié en 1998 (Odile Jacob), qui marqua un tournant dans la prise en considération de ce fait social. Mais sa nomination symbolique n'a pas suffi. En janvier 2018, le Conseil national de la santé mentale a été dissous pour être remplacé par un comité stratégique, dont la composition n'a pas encore été annoncée.

→ LIRE LA SUITE PAGES 4-5

### Bouger la tête aide à localiser les sons

Une expérience allemande montre comment l'évaluation de la distance entre deux sources sonores dépend des mouvements de notre corps. Un effet de parallaxe comparable à celui de la vue, en moins performant.

PAGE 2



### Les réfugiés en bonne santé à leur arrivée en Allemagne

Des données épidémiologiques montrent que le sida ou l'hépatite B ne sont pas plus fréquents chez les migrants au moment de leur accueil que chez les Bavarois.

PAGE 3



### Portrait Sébastien Carassou, un ex-complotiste attiré par les Lumières

Ce jeune docteur en cosmologie s'est tourné vers la vulgarisation scientifique après s'être longtemps nourri d'ésotérisme.

PAGE 8

# Bouger son corps, la clé pour entendre les distances

NEUROSCIENCES - Pour identifier le point d'émission d'un son, l'humain ne peut se passer des mouvements de sa tête

**V**ous avez sans doute déjà fait l'expérience : fermez un œil et tentez d'allumer une cigarette. Si tout se passe bien, vous échouerez lamentablement ; dans le pire des cas, vous vous brûlerez le nez. La raison en est assez simple : pour bien apprécier les distances, nous avons besoin de nos deux yeux. En pointant un même objet, ils permettent à notre cerveau d'évaluer la distance.

Rien de similaire avec les oreilles. Si les chats, les chevaux, les cerfs... et les rats laveurs peuvent bouger leurs organes auditifs, nous autres humains en sommes incapables. Pas question, donc, de viser une source sonore. Comment, dès lors, déterminer la distance d'émission d'un son ? Une équipe allemande vient de répondre à la question dans les *Proceedings* de l'Académie des sciences américaine (PNAS). Au terme d'une étude minutieuse, elle a montré qu'il nous suffit de bouger notre corps et plus particulièrement notre tête pour y parvenir.

Ainsi énoncée, l'affirmation peut sembler sinon évidente, du moins assez intuitive. Puisque les oreilles ne peuvent pas se déplacer seules, aidons-les. La replacer dans son contexte en donne pourtant une tout autre portée. Depuis les premiers travaux de John William Strutt (1842-1919), alias Lord Rayleigh, les spécialistes de l'audition ont tenté de mettre en évidence les indices binauraux, autrement dit ces informations que nous pouvons percevoir indépendamment de la nature du son. Par exemple, nous pouvons dire qu'un son vient de notre gauche parce qu'il parvient à notre oreille gauche avant d'atteindre notre oreille droite, et avec un volume plus fort.

« Nous avons de bons indices binauraux pour la latéralité, mais beaucoup moins pour la distance », explique ainsi Victor Bénichoux, chercheur en neurosciences de l'audition à l'Institut Pasteur. A l'entendre, nous serions donc incapables de percevoir les distances sonores. Étrange... Ne distinguons-nous pas au contraire, sans mal, si notre interlocuteur nous parle de près ou de loin ? « C'est parce que nous connaissons le volume normal de la parole à une certaine distance – 60 décibels à 1 mètre de nous, par exemple, poursuit le scientifique. Même chose avec le son d'une ambulance ou tout autre bruit familier. Mais, sans point de repère, si la nature de la source n'est pas clairement définie, nous n'y parvenons pas. » Impossible ainsi de faire la différence entre une émission forte et lointaine et une source faible et proche.

L'équipe de l'université Louis-et-Maximilien à Munich a parié sur l'usage du phénomène de parallaxe. Expliqué par Lutz Wiegrefe, le coordinateur de l'étude, le principe est assez simple : « Lorsque vous déplacez votre tête sur le côté, la position apparente d'un objet proche bouge davantage que celle d'un objet lointain. » Il a donc voulu voir si, à lui seul, le mouvement d'un auditeur pouvait lui permettre de détecter la distance de la source sonore. A lui seul... La précision est d'importance. Car notre système auditif dispose d'un indice caché : le ratio entre l'énergie directe et l'énergie réverbérée, autrement dit entre le son

émis par la source et celui réfléchi par les murs. « Ce rapport-là, nous le percevons bien », souligne Victor Bénichoux. La seconde énergie, qui résulte des réflexions sur toutes les surfaces réverbérantes d'une pièce, est peu dépendante de la distance d'émission. La première y est directement liée. En analysant ce ratio, nous sommes capables d'évaluer la distance d'une source sonore.

Les scientifiques allemands se sont donc placés dans une salle sans aucune réverbération. Et ils ont commencé leur manipulation. Sept sujets ont été ainsi affublés de lunettes noires et installés face à deux sources sonores, l'une aiguë, l'autre grave, afin qu'ils puissent les distinguer. Ils devaient indiquer laquelle leur semblait la plus proche. Immobiles, ils s'en sont révélés incapables. Les expérimentateurs leur ont ensuite permis de bouger le haut de leur corps. En plaçant la source la plus proche à 30 cm et l'autre 16 cm plus loin, les personnes interrogées ont fourni la bonne réponse dans 75 % des cas. Et ce taux n'a cessé de monter tandis qu'augmentait l'espace entre les deux sources.

Les chercheurs ont voulu aller plus loin, avec deux expériences supplémentaires. Dans la première, les sujets ne bougeaient pas eux-mêmes, mais étaient déplacés par les expérimentateurs. Dans ce cas de figure, la distance minimale entre

les sources permettant la distinction est repoussée de 4 cm. Pour la seconde expérience, ce sont les sources qui étaient bougées et non plus l'observateur. Cette fois, la distance minimale de perception est repoussée de 40 cm supplémentaires. « Certains sujets n'ont pas pu du tout remplir la tâche », soulignent les auteurs de l'article.

## Bien en deçà de nos capacités visuelles

Ces résultats représentent une moyenne. Le meilleur sujet, libre de ses mouvements, est ainsi parvenu à distinguer deux sources séparées de seulement 7 cm. Une performance auditive toute fois bien en deçà de nos capacités visuelles. L'article indique en effet que, dans de pareilles circonstances, il serait possible à un humain d'évaluer avec ses yeux la proximité relative de deux objets séparés de seulement quelques millimètres.

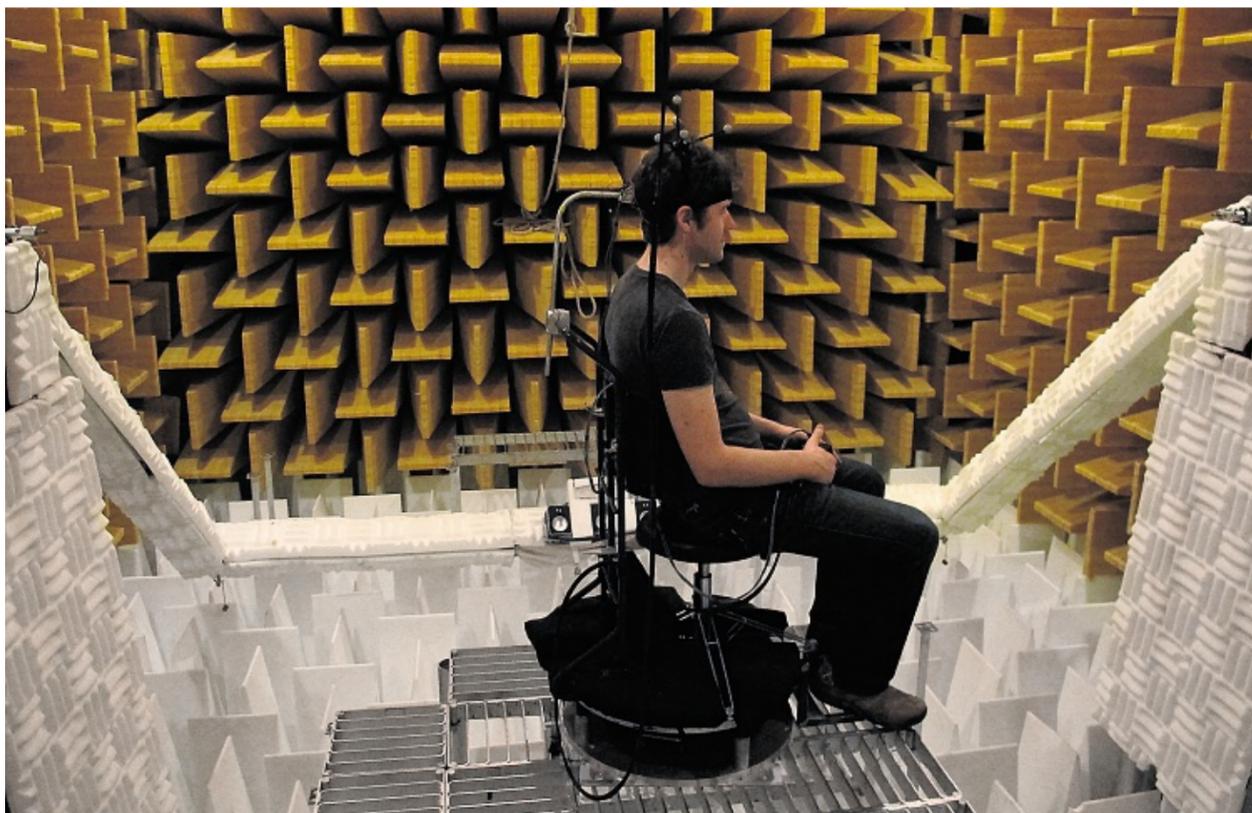
Pour Victor Bénichoux, l'étude apporte « des enseignements éclairants, particulièrement la gradation de niveau de perception entre les trois dispositifs ». Il explique : « Le déplacement seul des objets apporte une information minimale, mais apparemment suffisante si les sources sont assez distantes. J'avoue que je suis surpris par ce résultat, mais le protocole est solide. En revanche, quand les sujets sont déplacés, même passivement, l'oreille interne, qui est située sur le même site que l'audi-

tion, leur permet de percevoir des écarts bien plus faibles. Et, dès lors que le mouvement est volontaire, que le cerveau connaît la commande motrice, il dispose d'encore plus d'informations et parvient à des performances encore meilleures. »

Les plus grincheux observeront peut-être que, dès les années 1930, le psychologue américain Hans Wallach avait déjà supposé que bouger la tête permettait de mieux percevoir les sons. Mais cela devait essentiellement permettre de supprimer l'ambiguïté entre une source provenant de l'avant et celle émise à l'arrière. Explication de Victor Bénichoux : « Comme la tête est quasiment symétrique, il est presque impossible de distinguer un son qui parvient de la droite, à 60 degrés à l'avant, ou à 60 degrés à l'arrière... Sauf si vous tournez la tête, car, alors, un son semble se déplacer vers le centre, l'autre vers le côté. »

Huit décennies plus tard, l'équipe munichoise pousse les observations de son prédécesseur nettement plus loin. Elle résout ce que Lutz Wiegrefe nomme, en souriant, « l'effet cocktail party », à savoir cette tendance à bouger la tête pour distinguer la provenance d'une voix familière dans une foule bruyante. Plus profondément, elle vient nous rappeler que c'est en bougeant que l'on apprend le monde. Même avec les oreilles. ■

NATHANIEL HERZBERG



Pour l'expérimentation, il est nécessaire d'éliminer la réverbération des sons, comme dans cette chambre hémianéchoïque de l'université du Colorado. A. BROWN

# Biorxiv.org révolutionne la diffusion des travaux de recherche

RECHERCHE - Ce site, qui permet le dépôt des versions préliminaires de publications soumises aux revues, séduit de plus en plus les biologistes

**N**ous vivons une minirévolution dans la manière dont nous diffusons nos travaux de recherche », constate Evelyn Houliston, chercheuse CNRS au Laboratoire de biologie du développement de Villefranche-sur-Mer (Alpes-Maritimes).

Il y a quelques mois, cette biologiste a utilisé pour la première fois un site Web dont le succès explose : Biorxiv.org. Ce dernier permet de déposer des versions préliminaires d'articles de recherche, appelés préprints, qui peuvent être également soumis en même temps aux grandes revues scientifiques pour évaluation et publication. La consultation de ces préprints est gratuite. « Le processus de publication dans les revues prend plusieurs mois. Or nous avons besoin, pour soumettre un second article, d'un premier résultat qui n'était pas encore publié, car encore dans ce processus. En le déposant sur

Biorxiv, nous avons pu le mentionner comme préprint dans notre second article », explique Evelyn Houliston, ravie de la facilité et de la rapidité du site.

« Vous pouvez ainsi communiquer vos résultats des mois, voire des années avant leur publication. Cela permet aux chercheurs de les utiliser et d'avancer. Vous recevez aussi rapidement des retours, soit par les commentaires, soit par les réseaux sociaux, ce qui permet d'améliorer le texte », développe Yaniv Erlich, professeur à l'université Columbia, l'un des plus gros contributeurs de Biorxiv. Le site attribue en effet un identifiant unique et une adresse Web, faciles à diffuser. Il date aussi précisément les versions permettant d'arbitrer d'éventuels conflits en paternité. Enfin, des commentaires, non anonymes, sont autorisés sous les préprints.

Lancé en 2013, le site a véritablement décollé en 2016. D'une cen-

taine de préprints déposés par mois, il est passé début 2018 à plus de 1200. « C'est un grand changement, on devrait encore doubler fin 2018. C'est encore une goutte d'eau car on estime que plus d'un million d'articles en biologie sont publiés chaque année », indique John Inglis, cofondateur du site avec Richard Sever et directeur des éditions du prestigieux laboratoire de biologie Cold Spring Harbor, à New York. Ce décollage a aussi été permis par un financement de la Chan Zuckerberg Initiative en 2017.

## Ouverture au numérique

Les biologistes découvrent en fait ce que bon nombre de physiciens et d'informaticiens connaissent très bien depuis 1991 et la création d'Arxiv.org, un site de préprint qui engrange plus de 10 000 dépôts chaque mois. En 1999, le Prix Nobel de médecine Harold Var-

mus avait tenté de convaincre, sans succès, ses collègues de se mettre à ce mode de diffusion.

« Il y a plusieurs raisons au décollage. Le fait que des biologistes collaborent avec des physiciens et des informaticiens, qui ont cette culture des préprints, a compté. C'est aussi une question de génération, avec de jeunes chercheurs plus ouverts au numérique », indique John Inglis, qui note que la présence sur Biorxiv de grands noms et des meilleures universités a joué dans le succès.

« Un frein majeur a cédé lorsque les journaux ont accepté de publier des articles déjà déposés par les chercheurs en préprint », note Boris Barbour, chercheur CNRS à l'Institut de biologie de l'École normale supérieure à Paris. Mieux, désormais, ces éditeurs embauchent des personnes pour surveiller les préprints et solliciter les auteurs pour publier leurs articles. Ce qui pouvait apparaître comme une menace

contre leur domination dans la diffusion des connaissances est déjà retourné à leur avantage.

En France, le décollage a été accéléré par les prises de position de plusieurs organismes de recherche en octobre 2017, reconnaissant les préprints comme des « produits de la contribution des individus et des collectifs au progrès scientifique ». Concrètement, cela autorise à enrichir, par les différents préprints réalisés, son CV pour candidater à un poste ou à un financement.

## Un risque de mauvaise qualité

Néanmoins, il n'y a pas que des avantages. D'abord, ces préprints ne sont pas passés sous les fourches Caudines de l'évaluation par les pairs, le *peer review*, organisé par les journaux, qui envoient à deux ou trois relecteurs les articles afin de leur demander leur avis. Le risque de voir en ligne une production de mauvaise

qualité existe, mais « cela arrive aussi dans le système classique », constate Thierry Galli, chercheur à l'Inserm et principal artisan de la prise de position française en faveur des préprints.

Un autre risque est de se trouver noyé par cette nouvelle source d'information. D'autant que des concurrents de Biorxiv existent, comme Preprints.org (commercial), F1000research, OSF Preprint...

En réponse au trop-plein, des solutions apparaissent. Peer Community in, né en France en 2017, propose un système de « recommandations » de préprints par des pairs choisis par des éditeurs bénévoles. Preprints organise une veille. Prereview veut créer des forums de discussions autour des préprints...

Pour Thierry Galli, « on n'a pas bougé pendant des années, et là ça bouge toutes les semaines ! » ■

DAVID LAROUSSE

# L'accueil des migrants ne présente aucun risque sanitaire

ÉPIDÉMIOLOGIE - Une étude bavaroise de grande ampleur montre que les demandeurs d'asile n'exposent pas la population locale aux maladies graves comme le sida ou l'hépatite B

Face à la détresse d'hommes et de femmes fuyant un pays en guerre, l'Allemagne a ouvert les bras. En 2015, le pays a accueilli plus de 1 million de demandeurs d'asile - Syriens, Afghans et Irakiens pour les deux tiers. Un suivi sanitaire des réfugiés a été effectué dans le cadre de la loi sur la procédure d'asile : par le diagnostic précoce d'éventuels cas d'infection grave, les autorités sanitaires allemandes voulaient être sûres de pouvoir juguler toute épidémie naissante.

Afin de déterminer si les populations migrantes représentaient un risque sanitaire accru pour les résidents locaux, des chercheurs du LGL, l'office bavarois pour la santé et la sécurité alimentaire, se sont intéressés à la prévalence des maladies infectieuses graves chez les migrants. Pour mener à bien leur étude, publiée le 8 mars dans la revue *Eurosurveillance*, ils ont travaillé à partir de données engrangées en Bavière : ce Land, qui a accueilli le plus grand nombre de demandeurs d'asile en 2015, après la Rhénanie-du-Nord-Westphalie, constitue en effet une ressource importante en ce qui concerne les données épidémiologiques.

## Évaluer l'état de santé

Concrètement, dans les trois jours suivant leur arrivée sur le sol bavarois, les réfugiés passaient entre les mains d'un médecin qui avait pour mission d'évaluer leur état de santé général et de déterminer s'ils présentaient des symptômes de maladie infectieuse. En parallèle, ils étaient soumis à plusieurs examens médicaux : un dosage sanguin pour le dépistage du virus du sida (VIH) et celui de l'hépatite B, une radiographie des poumons et un test biologique pour celui de la tuberculose, et une analyse des selles pour les infections bactériennes (salmonelles et shigelles).

Premier constat : sur les 95 117 réfugiés testés pour le VIH cette année-là, seuls 318 étaient séropositifs, soit 0,3%. Ce taux se révèle être assez proche de celui de la population générale allemande : en 2015, le nombre de cas



Infirmerie du centre d'accueil pour migrants de Briançon (Hautes-Alpes), le 20 décembre 2017. BRUNO FERT POUR « LE MONDE »

était estimé à 85 000, soit une prévalence légèrement supérieure à 0,1%. A titre de comparaison, en France, environ 6 000 nouveaux cas sont découverts chaque année et la prévalence chez les 15-49 ans était, en 2016, de 0,4%.

Pour l'hépatite B, même bilan. La part de réfugiés souffrant de cette infection était faible : 3,3%. Les contaminations bactériennes étaient, elles, négligeables : seuls quarante-sept réfugiés étaient porteurs de salmonelles, et aucun n'était touché par des shigelles.

« Il règne une certaine hystérie autour du fait que ces personnes viendraient ici et amèneraient avec eux des maladies infectieuses », constate Stefanie Sammet, infectiologue au CHU de Munich et médecin volontaire pour l'association Ärzte der Welt, la branche allemande de Médecins du monde. Mais, dans les faits, cette docteure, qui travaille depuis 2015 auprès de réfugiés en région bavaroise, n'a

rencontré que « très peu de cas de maladie infectieuse grave » chez ces personnes. « Ceux qui parviennent à arriver vivants jusqu'en Allemagne – en dépit d'un voyage long et difficile – sont rarement gravement malades », estime-t-elle.

## Infectés après leur arrivée

Pour Julie Pannetier, chercheuse au Centre Population et Développement (université Paris-Descartes, Institut de recherche pour le développement), le constat est le même. Dans le cadre de ses recherches sur l'état de santé des migrants originaires d'Afrique subsaharienne, elle a observé que la moitié de ceux vivant avec le VIH avaient été infectés après leur arrivée en France. En cause, une grande précarité administrative, économique et résidentielle. En clair, « la santé de ces populations se dégrade en raison des mauvaises conditions de vie dans la société d'accueil », explique-t-elle.

Les chercheurs s'inquiètent néanmoins d'une situation qui pourrait devenir préoccupante : les infections par le bacille de la tuberculose. En 2015, 365 cas ont été dépistés parmi les réfugiés de Bavière, soit un tiers de l'ensemble des cas de tuberculose notifiés cette année-là dans le Land. Or, l'année précédente, les réfugiés n'y contribuaient qu'à hauteur de 8%.

Mais, pour Philippe Fraïsse, pneumologue au CHU de Strasbourg et coordinateur du réseau national des centres de lutte antituberculeuse, cela ne doit pas constituer un sujet de crainte. « Notre système de prévention et de dépistage peut absorber ces cas de tuberculose », assure-t-il. Il faut considérer cela comme un sujet de vigilance : face à cette maladie, il faut savoir quels sont les besoins et adapter les moyens en conséquence... car, quand on se donne les moyens, l'incidence diminue. ■

SYLVIE BURNOUF

# Le bébé fait preuve d'un esprit déjà logique

PSYCHOLOGIE COGNITIVE - Des capacités déductives primitives devancent l'acquisition du langage

Nos bébés sont-ils des « détectives » précoces ? En un sens, oui ! C'est ce que suggère une étude publiée dans *Science*, le 16 mars. Avant même de déployer leurs compétences de langage parlé, nos bambins semblent capables d'une forme de déduction logique. Plus précisément, ils montrent un raisonnement de type « syllogisme disjonctif », qui permet de dire : « Dans le cas où seulement une des deux propositions A ou B est vraie, si A est fautive, alors B est vraie. »

Depuis plus de quarante ans, les neurosciences cognitives n'ont cessé d'éroder le cliché selon lequel les nourrissons ne seraient que des ventres. « Depuis les années 1970, des centaines d'expériences ont mis en évidence les multiples compétences du bébé », relève Stanislas Dehaene, titulaire de la chaire de psychologie cognitive expérimentale au Collège de France. « Même de jeunes enfants

peuvent être vus comme de petits scientifiques capables d'inférences logiques », souligne Justin Halberda, de l'université Johns Hopkins de Baltimore (Maryland), dans un commentaire associé dans *Science*. Pour autant, « ce concept se heurte souvent à l'incrédulité. Après tout, le raisonnement logique semble demander beaucoup d'efforts conscients et de capacités linguistiques ».

## Bébés de 12 et 19 mois

La nouvelle étude dans *Science* a été menée chez des « enfants » au sens premier du terme – du latin *infans*, « qui ne parle pas ». Les auteurs, chercheurs à l'université de Barcelone, ont présenté une série de courtes vidéos à des bébés de 12 et de 19 mois (vingt-quatre enfants de chaque âge). Sur un film mis en ligne par ces scientifiques, on voit un bambin joufflu suivre avec attention une de ces vidéos, assis sur les genoux de sa mère.

Les bébés regardent d'abord deux objets dessinés qui diffèrent par la forme, la couleur, la catégorie – par exemple, un dinosaure et une fleur –, mais leur partie supérieure est identique. Un écran masque ensuite ces deux objets. Puis un panier s'empare de l'un d'eux. L'enfant ignore lequel (il n'aperçoit que le haut de l'objet). L'écran est ensuite levé, révélant l'objet restant : le dinosaure, par exemple. Puis est présenté le contenu du panier. Dans la moitié des cas, la logique est sauve : c'est la fleur qui apparaît. Dans l'autre moitié des cas, le résultat est incohérent : c'est le dinosaure que contenait le panier.

Pendant que les enfants regardaient ces vidéos, les auteurs observaient... leur regard. A l'aide d'une technique d'*eye tracking*, ils enregistraient les mouvements des yeux des bébés balayant l'écran. Résultat : les enfants fixaient plus longuement les résultats incohérents. Quand le

résultat était cohérent, les bébés de 12 mois regardaient l'objet durant 6,2 secondes en moyenne ; quand il était incohérent, durant 7,6 secondes. Chez les moutons de 19 mois, ces durées étaient respectivement de 7,7 et de 10,5 secondes. Ainsi, face à un résultat violent les prévisions, les bébés marquent de la surprise, suggérant qu'ils font une inférence logique.

L'équipe espagnole a aussi mesuré la dilatation de leurs pupilles. Verdict : les pupilles se dilataient au moment de la « phase de déduction potentielle », quand l'écran était levé. Un signe supplémentaire de déduction logique, selon les auteurs. « Nos données établissent la présence de capacités déductives primitives », concluent-ils. « Tout enfant est dans une certaine mesure un génie », anticipait Arthur Schopenhauer, en 1819, qui ajoutait : « Et tout génie est en quelque façon un enfant. » ■

FLORENCE ROSIER

## TÉLESCOPE

### GÉOLOGIE

#### Et si les supervolcans avaient profité aux humains ?

L'éruption du Toba, en Indonésie, il y a 74 000 ans, est considérée comme la plus puissante des dernières 2 millions d'années. Ce cataclysme, qui a effacé de nombreuses espèces sur Terre, aurait conduit l'humanité au bord de l'extinction. Telle était du moins la théorie dominante. Une nouvelle étude vient la remettre en question. Une équipe américaine a retrouvé des fragments du Toba sur deux sites archéologiques en Afrique du Sud, à 9 000 km de là, accompagnés d'os et d'outils attestant une augmentation de la présence humaine. Ces campements ont-ils servi de refuge ? L'Afrique de l'Est a-t-elle été largement épargnée des pires conséquences de l'éruption ? Chez les géologues comme chez les archéologues, le débat ne fait que commencer.

> Smith et al., « Nature », 12 mars.

### ZOOLOGIE

#### Alligators et crocodiles n'ont pas les mêmes gambettes

Quelle est la différence entre un alligator et un crocodile ? « C'est caïman la même chose », aiment répondre les enfants. Les scientifiques, eux, invoquent la forme de la tête (plus large chez les premiers) et des dents (plus apparentes chez les seconds). Des chercheurs japonais viennent d'y ajouter les pattes. En analysant 120 squelettes, ils ont constaté que les humérus des membres antérieurs et les fémurs des membres postérieurs des alligators étaient légèrement plus courts (photo). De quoi expliquer la capacité des crocodiles à courir quand les alligators restent plus patauds. Les scientifiques soulignent cependant la grande proximité entre les deux espèces, qui ont pourtant divergé il y a 70 millions d'années. A titre de comparaison, hommes et grands singes se sont séparés il y a 7 millions d'années. (PHOTO: MWANNER/CC BY-SA 3.0)

> Iijima et al., « Royal Society Open Science », 7 mars.



### MÉDECINE

#### Un nouveau marqueur des réactions allergiques

L'équipe de l'Institut de pharmacologie et de biologie structurale (CNRS-université de Toulouse-III-Paul-Sabatier, Inserm) vient d'identifier un marqueur capable de détecter quatorze allergènes, parmi lesquels certains présents dans l'air ambiant (pollens, acariens, spores de champignon) et d'autres impliqués dans l'asthme professionnel. Il s'agit de l'interleukine-33 (IL-33), une protéine humaine découverte en 2003 par cette même équipe dirigée par Jean-Philippe Girard. Lorsque les allergènes arrivent dans les voies respiratoires, ils libèrent des enzymes qui découpent l'IL-33 en fragments, déclenchant les réactions allergiques.

> Girard et al., « Nature Immunology », 19 mars.

# 1/200 000

C'est la possibilité pour que l'absence de tueries de masse depuis vingt ans en Australie soit due au seul hasard. En 1996, à la suite du massacre de Port Arthur, qui fit 35 morts dans la capitale de Tasmanie, le pays modifia sa législation sur les armes. Avec un effet majeur. Au cours des dix-huit années précédentes, treize fusillades avaient fait au moins cinq morts dans l'île-continent. Durant les vingt-deux années suivantes, le nombre de massacres de cette ampleur est tombé à... zéro. Un hasard, ou toutefois prétendu les défenseurs des armes, en invoquant les règles régissant les événements rares. Des mathématiciens ont voulu y voir clair et leur conclusion est sans appel. La possibilité qu'un tel résultat soit due à la chance est donc de 1 sur 200 000.

> Chapman et al., « Annals of Internal Medicine », 12 mars.

# Dépression

## Une maladie en souffrance

► SUITE DE LA PREMIÈRE PAGE

Les psychiatres eux-mêmes sont partagés entre ceux qui relativisent la dépression selon son contexte et ceux qui la circonscrivent à leur spécialité. « Dans la définition de la dépression, il y a une idéologie sur ce qu'est un être humain », confie le psychiatre Bruno Falissard, de la Maison de Solenn, à Paris. « On est dans une société où, pour pouvoir écouter la plainte de quelqu'un, il faut prouver par l'imagerie cérébrale qu'il se passe quelque chose dans le cerveau. Or, nous sommes un sujet pensant et nous avons une vie intérieure dont le ressenti est profondément immatériel. C'est une évidence qu'il faut parfois rappeler car, quand on a mal dans cette vie intérieure, ça s'appelle un problème psychiatrique. Or, c'est une question que la science effleure tout juste », poursuit-il. Pour le psychanalyste Pascal Keller, auteur d'un « Que sais-je ? » sur la dépression (PUF, 2016), « la dépression n'est pas une maladie. C'est un état de souffrance psychique qui est en rapport avec les conditions dans laquelle se trouve la personne. La manière dont on parle de la dépression au Japon, en Grèce, à New York ou au Canada n'est pas du tout la même qu'en France parce que les attentes de la société ne sont pas les mêmes ».

« Les médecins disposent d'outils de communication et de diagnostics qui permettent de s'entendre sur la description sémiologique de la maladie, conteste le psychiatre Antoine Pelissolo, de l'université Paris-Est-Créteil, faisant référence aux classifications des maladies psychiatriques comme le DSM, le manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux de l'Association psychiatrique américaine. Les contestations viennent des sciences humaines. Ce sont de bonnes questions sur le plan philosophique et sociétal, mais, sur le plan médical, c'est une maladie de mieux en mieux circonscrite. »

Hippocrate fut le premier, au IV<sup>e</sup> siècle av. J.-C., à décrire la mélancolie. « Si tristesse et crainte durent longtemps, l'état est mélancolique », observait-il. Un état que les médecins antiques expliquaient par un excès de bile noire, une substance dotée de propriétés inquiétantes dont celle d'ulcérer tout endroit du corps avec lequel elle entrait en contact. Aristote y voyait aussi le terreau du génie de la créativité, faisant de la mélancolie à la fois une condition humaine et une maladie. Tel le peintre Albrecht Dürer avec sa gravure *Melencolia I*, les artistes à travers les âges n'ont cessé de la décrire. « Quand le ciel bas et lourd pèse comme un couvercle sur l'esprit gémissant en proie aux longs ennuis », écrivait ainsi Charles Baudelaire au XIX<sup>e</sup> siècle. « C'est avoir le noir sans savoir très bien ce qu'il faudrait voir entre loup et chien, c'est un désespoir qu'a pas les moyens, la mélancolie », chantait encore Léo Ferré au siècle suivant.

Le terme dépression date d'il y a moins de cent ans, et la maladie s'est imposée dans l'après-guerre. « Dans les années 1950, il y a eu une possibilité d'agir sur cet état avec des médicaments, ce qui en a fait une maladie », résume l'historien Vincent Barras du CHUV de Lausanne. Le premier antidépresseur, l'imipramine, a été mis au point par le laboratoire suisse Geigy, espérant obtenir un neuroleptique. Ses propriétés antidépresseuses ont été découvertes par le psychiatre Roland Kuhn en 1957.

Peu rentable à ses débuts, le marché des antidépresseurs s'est développé au début des années 1960 avec la distribution par le laboratoire Merck, désireux de promouvoir les propriétés antidépresseuses de l'amitriptyline, du livre du psychiatre Franck Ayd *Reconnaître le patient déprimé*. Selon le psychiatre Jean-Nicolas Despland, du CHUV de Lausanne, « c'est avec ce livre que se construisirent les premiers critères qui correspondent à la réponse aux antidépresseurs plus qu'à une description de la maladie. Sa diffusion à 50 000 psychiatres par les laboratoires Merck amorça le boom des antidépresseurs. La dépression est une construction sociale, et l'industrie y a joué un rôle ».

### Réponse aux antidépresseurs

Suivra ensuite un deuxième boom, avec la commercialisation du Prozac en 1989, pionnier d'une nouvelle classe d'antidépresseurs, les inhibiteurs sélectifs de la recapture de la sérotonine. « L'industrie y vit une nouvelle opportunité car, contrairement aux antidépresseurs précédents, le Prozac ne produit pas d'accoutumance », poursuit Jean-Nicolas Despland. « Le Prozac a démocratisé la dépression », ose Bruno Falissard.

Les années 1980-2010 furent celles de l'âge d'or des antidépresseurs, et c'est dans ce contexte que le DSM s'est imposé comme référence mondiale pour le diagnostic des troubles psychiatriques. En neuf questions portant sur des critères incluant l'insomnie, la perte de plaisir ou encore les idées suicidaires, il permet de diagnostiquer la dépression et d'orienter le traitement pouvant combiner la prescription d'antidépresseurs, la psychothérapie, les thérapies cognitives comportementales ou encore la méditation de pleine conscience. D'où la généralisation de son usage, que les psychiatres peuvent aussi combiner à d'autres approches.

Les traitements plus diversifiés et mieux ajustés sont combinés en fonction du stade de la maladie, de sa sévérité, et des spécificités du patient. La méditation de pleine conscience est par exemple efficace pour prévenir les rechutes, mais pas lors d'un premier épisode de dépression. L'usage des thérapies cognitives comportementales – ces thérapies brèves qui visent à prendre conscience des pensées

### « LA DÉPRESSION EST UNE CONSTRUCTION SOCIALE, ET L'INDUSTRIE Y A JOUÉ UN RÔLE »

JEAN-NICOLAS DESPLAND  
PSYCHIATRE, DU CHUV DE LAUSANNE

« négatives » pour modifier ses comportements – est par ailleurs modulé, en axant le travail sur la dimension émotionnelle ou comportementale. On identifie également mieux les pathologies associées comme l'alcoolisme, la boulimie ou l'anxiété.

Dans les cas les plus sévères pouvant engager le pronostic vital, les psychiatres ont recours à des traitements physiques tels que les électrochocs. Agissant plus rapidement que les antidépresseurs, l'électroconvulsivothérapie est jugée efficace dans 50 % à 60 % des cas. « On dispose aujourd'hui d'un corpus de données qui s'applique à 70 % des cas cliniques. On évalue ainsi l'évolution et le risque pour le patient », insiste Antoine Pelissolo.

Parallèlement, les scientifiques explorent le cerveau, en quête de signatures morphologiques des états dépressifs. « On a pu observer que certaines structures cérébrales, les régions limbiques, pouvaient être modifiées en cas de stress ou de dépression. Des études par résonance magnétique fonctionnelle ont également montré que certaines régions du cortex préfrontal, impliquées dans la capacité à gérer les émotions, pouvaient être ralenties au cours de la dépression », souligne Antoine Pelissolo. La recherche fait aussi appel à des programmes pluridisciplinaires. « Nos projets intègrent les neurosciences, les sciences sociales, la psychiatrie et la biologie », explique ainsi le psychiatre Philippe Fossati, de l'Institut du cerveau et de la moelle épinière à l'hôpital de la Pitié-Salpêtrière à Paris. Nous recherchons par exemple, en imagerie médicale, des signaux particuliers chez les personnes socialement exclues, et l'idée est d'articuler ces connaissances avec celles de la psychologie et de la sociologie. Nous espérons aussi développer des biomarqueurs qui permettront d'améliorer et de personnaliser les soins en santé mentale. »

En attendant, la dépression est presque devenue le mal du siècle. « Aujourd'hui, le mot dépression appartient à tout le monde et il est à la fois utilisé de manière très précise et banalisé. On dit facilement : ce matin je suis déprimé », constate l'historien Vincent Barras, du CHUV de Lausanne. Et le DSM est entaché par les conflits d'intérêts de certains contributeurs, soupçonnés de servir le marché des médicaments en systématisant le diagnostic. Ainsi, alors que le deuil en était exclu dans les versions précédentes, la version de 2013, le DSM-5, l'y inclut. Selon l'appréciation du psychiatre, une personne endeuillée peut être considérée comme malade. « La psychiatrie a évolué en médicalisant la dépression plutôt qu'en tenant compte du contexte. Il y a la volonté avec le DSM de rendre le diagnostic fiable, c'est-à-dire qu'on puisse communiquer et s'entendre sur ce qu'on appelle la dépression. De ce point de vue, le DSM est une réussite », analyse Charles Bonsack, psychiatre au CHUV de Lausanne. Mais pour ce spécialiste, « cela élargit la dépression à une quantité de souffrances psychiques ou sociales qui ne sont pas forcément de la dépression au sens maladie. Ce que nous appelons épidémiolo-

gie est pour l'industrie une part de marché, et plus la maladie est fréquente, plus la part de marché est grande. La définition de la maladie a été construite sur la base d'observations de malades très sévèrement déprimés et qu'on a appliquées à l'ensemble de la population ».

La simplicité du diagnostic proposé par le DSM contraste par ailleurs avec la complexité de la maladie, qui nécessite une analyse fine des contextes et des sensibilités des patients. La réaction d'une personne à un événement ou à un environnement varie ainsi en fonction du sens qu'elle lui donne, de son histoire et des soutiens extérieurs dont elle peut bénéficier. « J'ai connu le cas d'une femme qui a fait une dépression après le mariage de sa fille, se souvient Bruno Falissard. Pour cette femme, sans doute, ce mariage équivalait à une perte qui l'a plongée dans cet état dépressif. »

Si les psychiatres sont de plus en plus attentifs aux conditions de vie de leurs patients, ils manquent de formation en matière sociale. « La formation des médecins est jugée trop centrée sur les pratiques seulement hexagonales et seulement médicales, trop éloignée des pratiques de terrain : pas de chaire de psychiatrie sociale, pas assez d'épidémiologie, pas de notion concernant le partenariat médico-social et social », constatait en 2016 le rapport Laforcade relatif à la santé mentale.

### Impact des facteurs environnementaux

Ces praticiens ne disposent donc pas de l'expérience nécessaire à la représentation de situations complexes dans lesquelles les patients évoluent. L'impact des facteurs environnementaux, tels que la souffrance au travail, les violences faites aux femmes ou la pénibilité des transports, peut ainsi être minimisé, et l'individu rendu responsable de son état et exposé à la stigmatisation. « Ce qui est important, c'est de ne pas être dans une individualisation des pratiques, estime Marie Israël du GRAAP, une association suisse de patients experts en santé mentale. Dans le cas du burn out, par exemple, qui est une réaction à une situation extérieure, on prétend que la personne a craqué parce qu'elle était fragile. Or, il y a des conditions de travail qui broient les gens, et celui qui craque, contrairement aux idées reçues, est celui qui est attaché à ses valeurs et se trouve en situation de conflit entre les siennes et celles que lui impose son entreprise. »

Pour l'historien Vincent Barras, « la dépression permet d'accueillir le désarroi des individus dans une société qui exige d'eux toujours plus de performance et où l'individu est roi. Les médecins sont fils de leur temps comme les autres et ils prescrivent des antidépresseurs à ces individus qui se sentent morcelés ».

Pourtant, si nos sociétés survalorisent l'esprit dit « positif », les moments dépressifs permettent aussi une réorganisation de vie psychique nécessaire au réajustement de notre rapport au monde. « Plutôt que de cultiver nos potentialités de dépressivité qui nous permettent de rebondir, on cache cela et on dit aux gens : "C'est votre cerveau, on va vous donner des médicaments." Du coup, on les coupe de cette potentialité, pointe le psychanalyste Patrick Landman. Il y a des cas où c'est tellement grave qu'on n'a pas le choix, en particulier dans les dépressions de type mélancolique. En dehors de ces cas un peu rares, il faut aider les gens à accepter d'être parfois un peu déprimés. » Selon lui, « la dépression a été mondialisée en particulier par Big Pharma, mais en réalité, c'est une notion occidentale. Dans les autres cultures, quand les gens craquent, on appelle cela autrement et on traite cela autrement ». ■

CATHERINE MARY

### La recherche en santé mentale trop peu financée

Les derniers chiffres de l'Assurance-maladie le rappellent : la santé mentale, avec 7 millions de personnes prises en charge et des dépenses de 19,3 milliards d'euros, pèse en France plus lourd que le cancer (14,1 milliards d'euros). Pourtant, ces maladies ne recueillent qu'un peu plus de 4 % des dépenses de recherche. Il y a quatre fois moins d'équipes de recherche pour les maladies psychiatriques que pour le cancer, et les budgets sont captés essentiellement par les neurosciences et la génétique. Des centaines d'études cliniques ont été réalisées sur les psychothérapies. On sait par exemple que les thérapies cognitives et comportementales sont aussi efficaces que les antidépresseurs dans les dépressions modérées. Mais les chiffres manquent pour mesurer pleinement leurs bénéfices. Par ailleurs, « nous manquons de données sur la proportion de personnes de la population générale y ayant recours ou encore sur leurs coûts pour les systèmes de soins. Dans le domaine social, on ne connaît pas non plus les effets de la réinsertion des patients sur leur santé mentale, alors que ces mesures sont souvent déterminantes », souligne le psychiatre Bernard Granger, responsable de l'unité de psychiatrie de l'hôpital Cochin (APHP).



JENNIFER RUMBACH/PLAINPICTURE/NEUEBILDANSTALT

## L'EFFICACITÉ LIMITÉE DES ANTIDÉPRESSEURS

Dans quelle mesure les antidépresseurs sont-ils efficaces, et quelle est la part de l'effet placebo dans la guérison des patients? Au total, plus d'une quarantaine de ces molécules sont commercialisées à travers le monde.

Apparus dans les années 1950-1960, les antidépresseurs de première génération (tricycliques et inhibiteurs de monoamine oxydase) sont aujourd'hui moins utilisés du fait de leurs effets secondaires. Ils ont été principalement remplacés par des inhibiteurs sélectifs de la recapture de la sérotonine (ISRS), développés à partir des années 1980-1990, avec comme chef de file la fluoxétine (Prozac).

Leur conception a été motivée par une hypothèse jamais démontrée attribuant la dépression à une baisse de la concentration en sérotonine, considérée comme l'hormone du bonheur dans le cerveau. Mieux tolérés que les premiers antidépresseurs, les produits ac-

tuels – dont certains agissent aussi sur la noradrénaline – peuvent cependant provoquer une baisse de la libido, une prise de poids et de la fatigue ou de la somnolence.

Les experts s'accordent pour reconnaître que l'efficacité de ces médicaments est modeste, et leur contribution réelle à l'amélioration de l'état des patients reste discutée. « Dans 50 % à 70 % des cas, un premier traitement antidépresseur ne fonctionne pas et il est alors nécessaire d'en essayer un autre », estiment Adeline Gaillard et David Gourion dans leur ouvrage *Antidépresseurs, le vrai du faux* (Delachaux et Niestlé, 2015).

### Piètre littérature scientifique

Une étude d'ampleur inédite, publiée dans *The Lancet* le 21 février, contribue à éclairer le débat, mais laisse des zones d'ombre. Elle a intégré les données issues de 522 études cliniques, totalisant près de 116 500 patients avec un trouble dépressif majeur. « Notre méthode

nous a permis de comparer l'efficacité respective des antidépresseurs. Notre conclusion est qu'ils sont plus efficaces que le placebo pour les dépressions sévères chez l'adulte et nous avons pu établir une échelle d'efficacité à laquelle les médecins peuvent se référer », rapporte le psychiatre Andrea Cipriani, de l'université d'Oxford, au Royaume-Uni, premier auteur de l'article. En revanche, chez l'enfant et chez l'adolescent, un seul antidépresseur s'est avéré efficace [le Prozac].

Si elle a le mérite d'établir une gradation entre les 21 antidépresseurs les plus prescrits, cette étude se heurte, comme les précédentes, à la piètre qualité de la littérature scientifique. « Le problème n'est pas que les antidépresseurs marchent, mais que la littérature est problématique », commente le psychiatre et pharmacologue Florian Naudet (université Rennes-1), spécialisé en évaluation des thérapeutiques. Par exemple, sur l'ensemble des patients inclus dans l'étude dirigée

par Cipriani, le placebo est le traitement le plus fréquemment utilisé. Il est rare, lorsqu'un nouvel antidépresseur est évalué, qu'il soit comparé à un autre antidépresseur déjà commercialisé, car les agences de régulation sanitaire qui accordent l'autorisation de mise sur le marché ne l'exigent pas assez. Les nouveaux antidépresseurs sont donc comparés à un placebo. « Par ailleurs, ajoute-t-il, « les études négatives sont fréquentes et ne sont pas publiées, ce qui explique que, pendant longtemps, l'efficacité des antidépresseurs a été surestimée. D'où la nécessité, comme cela est fait depuis quelques années, de prendre en compte l'ensemble des études, publiées comme non publiées ».

### Pouvoir de l'effet placebo

L'écueil est d'autant plus problématique que l'effet placebo joue un rôle majeur dans le traitement contre la dépression. « Il y a des patients qui vont bénéficier des antidépresseurs, mais d'autres

dont l'état va s'améliorer parce que la dépression s'améliore seule et qu'il y a une alliance thérapeutique qui fonctionne avec le psychiatre », complète le docteur Naudet. « Ce qu'il y a de particulier dans la dépression, c'est que l'effet placebo est très fort. Il faut donc intégrer cette dimension à l'évaluation des antidépresseurs », confirme le psychiatre Jean-Nicolas Despland, du CHUV de Lausanne.

Il poursuit : « La question passionnante, c'est : "Est-ce qu'on doit retrancher l'effet placebo de l'effet de l'antidépresseur, ou est-ce que ce n'est pas un effet global?" L'antidépresseur en lui-même a un effet symbolique, et on peut se demander si son intérêt n'est pas de renforcer l'effet placebo. Je ne pense pas qu'il y ait une réponse simple à cette question. »

Autre faille de la littérature, les soupçons de *ghostwriting*. Cette pratique opaque consiste en la publication d'une étude signée par un expert renommé, mais

rédigée par un auteur fantôme payé par l'industrie pharmaceutique. Il s'agit ainsi de déployer un argumentaire commercial en jouant sur la crédibilité des revues médicales. Si l'impact de cette pratique est méconnu, elle est au moins documentée pour une étude publiée en 2001 et financée par la firme GSK, concluant à l'efficacité d'un de ses antidépresseurs, la paroxétine. Ce n'est qu'en 2015 qu'une nouvelle évaluation a montré que cet antidépresseur n'était ni efficace ni bien toléré.

Dans les années à venir, le débat sur l'efficacité des antidépresseurs pourrait bien rebondir, avec l'arrivée d'une nouvelle classe thérapeutique : les dérivés de la kétamine, qui agissent sur un autre neurotransmetteur, le glutamate. Déjà commercialisés comme anesthésiants, ils sont actuellement en cours de tests cliniques dans la dépression, avec des premiers résultats prometteurs. ■

## LE LIVRE

La délicate  
mise en équation  
de l'homme

La modélisation  
des comportements  
en sciences sociales  
se heurte à des limites

Les sciences sociales sont les véritables sciences "dures" ! Cette phrase résume le ton et le propos d'un livre très original et stimulant. Son auteur, Pablo Jensen, est un ancien physicien, passé aux sciences sociales (versant plutôt économique) avec, avoue-t-il, la naïveté de penser qu'il pourrait, grâce aux maths notamment, modéliser et mettre en équations les systèmes sociaux aussi facilement qu'on prédit qu'un système solide devient liquide à telle température. Le livre raconte la difficulté de réaliser une telle ambition.

Comme celle-ci a été au cœur de nombreux travaux, une bonne partie de l'ouvrage consiste en une critique précise et assez dévastatrice de nombreux modèles, en économie, en politique, pour les transports... Pablo Jensen n'est bien sûr pas le premier à le faire, et les résultats qu'il démonte l'ont été par d'autres, mais ses arguments portent. On trouve ainsi quelques « ambulances » sur lesquelles il tire, comme l'indicateur très imparfait du produit intérieur brut (PIB) pour mesurer la richesse, ou bien les modèles irréalistes, mais omniprésents, des agents économiques rationnels. D'autres résultats sont également décortiqués sur les choix électoraux, l'apparition de plusieurs centres urbains, la ségrégation dans une ville...

Il se montre aussi très sceptique sur la mode actuelle des mégadonnées, ou big data, qui consiste à penser que plus de données aideraient à sortir de l'impasse. Pour l'auteur, aucun enseignement majeur sur la société n'a été apporté pour l'instant par ces nouvelles techniques gavées de données.

Les raisons sont multiples et renvoient à la première phrase de cette recension. La complexité des individus se laisse mal réduire à quelques paramètres et interactions entre agents. Les caractéristiques humaines, très hétérogènes, ne sont pas aussi stables que celles des atomes. Et ces diables de bonshommes sont aussi dotés d'un cerveau qui leur permet de réagir aux modèles qu'on fait de leur activité.

Néanmoins, tenter de quantifier et de modéliser des sociétés est utile, mais, prévient l'auteur, moins pour aider à décider, comme on le pense trop souvent, que pour favoriser les discussions collectives.

En conclusion, Pablo Jensen écorne une des visions dominantes des sciences sociales quantitatives, à savoir que des phénomènes complexes émergeraient d'interactions individuelles. Une vision résumée par « le tout vaut plus que la somme des parties ». Renversant cette idée, il défend que « le tout est plus petit que ses parties ». Les individus n'existent pas en tant qu'ensemble de quelques caractéristiques, mais seraient plutôt des monades, des entités déjà complexes qui, en interagissant, partageraient des attributs.

On ne perçoit pas en quoi ce retournement de vision serait plus opérationnel. Mais, pour l'auteur, cette révolution conceptuelle est aussi nécessaire que l'a été l'invention des statistiques pour l'organisation des Etats. « Le temps presse », conclut-il mystérieusement. ■

DAVID LAROUSSIERE

Pourquoi la société ne se laisse pas  
mettre en équations, de Pablo Jensen  
(Seuil, 320 p., 22 €).

## L'AGENDA

## SEMAINE D'INFORMATION

**Santé mentale, parentalité et enfance**  
Expositions, conférences, vidéos, journées portes ouvertes... Il reste encore quelques jours pour participer aux événements organisés dans toute la France dans le cadre des Semaines d'information sur la santé mentale. Cette 29<sup>e</sup> édition, qui se termine le 25 mars, a pour thème parentalité et enfance.  
> www.semaine-sante-mentale.fr

HOMMAGE MONDIAL  
À STEPHEN HAWKING

Le physicien britannique Stephen Hawking est mort, mercredi 14 mars, à l'âge de 76 ans, après avoir fait face pendant plus d'un demi-siècle à la maladie de Charcot qui l'avait paralysé et cloué dans un fauteuil roulant. Cette maladie dégénérative qui touche les neurones moteurs l'avait aussi progressivement privé de l'usage de la parole, et le chercheur s'exprimait à travers un synthétiseur vocal. De l'ancien président américain Barack Obama – qui lui a souhaité de « s'amuser parmi les étoiles » – à des enfants handicapés d'une école de Chennai, en Inde (ci-contre), le monde entier a rendu hommage à celui qui était le scientifique le plus célèbre de la planète. Longtemps titulaire de la chaire de mathématiques de l'université de Cambridge, spécialiste des trous noirs et de cosmologie, Stephen Hawking avait accédé à la renommée internationale en 1988, grâce à son best-seller *Une brève histoire du temps*. (PHOTO: ARUN SANKAR/AFP)



## DIX MILLE PAS ET PLUS

## DANSER CONTRE LA MALADIE DE PARKINSON

Par PASCALE SANTI

C'est mon oxygène : c'est ainsi que Gérard qualifie le cours de danse de ce mardi 6 mars. Il ne raterait une séance pour rien au monde. Et pour cause : « On arrive à effacer ses handicaps. » Depuis octobre 2017, ils sont une quinzaine à venir tous les mardis, durant deux heures, dans une salle de l'hôpital de la Pitié-Salpêtrière pour... danser. Ce jour-là, 14 hommes et femmes, à parité, atteints de la maladie de Parkinson. Cette maladie du cerveau touche environ 200 000 personnes en France. Ses effets varient beaucoup d'un malade à l'autre : raideur, lenteur des mouvements, tremblements, problèmes d'équilibre... et souvent une grande fatigue. Si elle ne se guérit pas, des médicaments peuvent atténuer les symptômes, et une chose est sûre : bouger est nécessaire.

L'idée est venue d'Arlette Welaratne, attachée de recherche clinique, qui fait elle-même de la danse, et du neurologue à la Pitié-Salpêtrière (AP-HP) Emmanuel Flamand-Roze, convaincu des bienfaits de l'activité physique dans les maladies neurologiques. A chaque cours, Arlette Welaratne est présente, ce qui rassure les patients.

La technique est celle de l'expression primitive, basée sur le rythme, les mouvements simples, répétitifs, et la voix exprimée par les danseurs. Car « la parole est souvent perturbée par cette maladie », dit Svetlana Panova, danse-thérapeute et danseuse professionnelle, élève de France Schott-Billmann, une des pionnières de la danse-thérapie.

La séance démarre par un temps calme, pour retrouver son souffle, chasser les tensions... Au début, les regards sont un peu flottants, certains s'endorment... Puis c'est parti pour un voyage, les danseurs se lèvent, emmenés par la musique. Des mouvements lents puis rapides miment tantôt la colère, la joie, l'étonnement, en lançant des « oh » puis des « ah ». Au fil des pas, les visages s'ouvrent, laissent place aux sourires. Après un tango, place aux suites de Bach revisitées par des percussions et chants africains.

Rien n'est laissé au hasard. « La danse leur permet de retrouver du bien-être, le plaisir de se mouvoir, de bouger leur corps, de s'en libérer. Elle leur donne confiance en eux-mêmes et dans les autres », souligne Svetlana Panova. Chaque cours est différent et s'inspire du caractère collectif et festif des danses traditionnelles. « Ici on respecte les gens », explique Bernadette, diagnostiquée il y a dix ans. « Ça apaise, et on est

bien plus souple en sortant », assure Maité. Pour Catherine, « moralement, ça fait du bien, ça dénoue les nœuds ». Denis raconte comment ces séances peuvent améliorer certains gestes du quotidien devenus difficiles, comme faire la vaisselle. Ils sont unanimes : plus ils bougent, mieux ils se sentent, malgré les douleurs et les blocages du corps, parfois sournois. Et cela permet de sortir de l'isolement. Jean-Pierre, parkinsonien depuis vingt ans, opéré il y a un an et demi, neuro-stimulé, est venu ce jour-là danser avec son épouse.

« Les patients progressent en endurance, en aisance, en équilibre », constate Arlette Welaratne, qui coordonne des programmes d'éducation thérapeutique. Pour elle, « l'idéal serait d'avoir des cours un peu partout en France ». L'association France Parkinson en propose dans les grandes villes, mais ce n'est pas suffisant.

« Des études ont décrit les effets bénéfiques de la danse sur la maladie », rappelle Emmanuel Flamand-Roze, mais il faudrait en mesurer les effets sur plusieurs années. En tout cas, ce neurologue délivre à ses patients une ordonnance d'une séance de danse par semaine. Une prescription qui incite les malades à devenir acteurs de leur propre traitement. ■

## AFFAIRE DE LOGIQUE - N° 1047

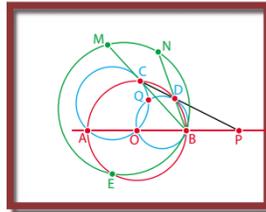
## Un artiste occupé

Alice et Bob rendent visite à leur ami Vassili, un peintre de renom, et le trouvent très occupé. Sur une toile, il a tracé un cercle rouge de centre O, coupé par l'un de ses diamètres (AB). Il a coupé ce cercle par une corde (CD) qui rencontre (AB) en P, plus près de B que de A et de D que de C. Il trace maintenant en bleu deux autres cercles, l'un passant par A, O et C, l'autre par B, O et D et qui se recoupent en Q.

1. « Que vaut l'angle OQP ? », se demande Alice.

Vassili complète maintenant son dessin : sur la demi-droite (BC), il marque un point M et sur (BD) un point N à l'extérieur du cercle rouge, tels que les segments verts (CM) et (DN) aient même longueur. Il termine en traçant le cercle vert passant par B, M, N, puis contemple sa toile, l'air satisfait.

2. « C'est beau, dit Bob, mais si tu fais varier la longueur commune des deux segments verts, quelle est la latitude de variation du point E, point de rencontre du cercle vert et du cercle rouge ? »

INTELLIGENCE ARTIFICIELLE À PARIS  
LES 26 MARS ET 4 AVRIL

Le thème de l'intelligence artificielle (I.A.), très présent dans l'actualité, fait l'objet de deux conférences à Paris :

- Le 26 mars, (université Paris-Descartes, 45, rue des Saints-Pères Paris 5<sup>e</sup>), la Société française de statistique, associée au Grenoble Alpes Data Institute, consacre une journée à « Intelligence Artificielle : quelle transparence ? quelle confiance ? »
- Avec des scientifiques et des représentants de l'entreprise, on discutera des problématiques et des enjeux pour la société de

demain liés à l'I.A., dont « Comment proposer des algorithmes statistiques transparents ? ». Informations sur [www.sfds.asso.fr](http://www.sfds.asso.fr)

- Le 4 avril à 18 h 30 à la BNF, quai François-Mauriac, Paris 13<sup>ème</sup>, dans le cadre de la série « Un texte, un mathématicien », l'I.A. sera encore à l'ordre du jour de la conférence de Yann Le Fur. Sous le titre « La théorie de l'apprentissage de Vapnik et les progrès de l'I.A. », l'intervenant s'interrogera sur la façon dont l'I.A. pourrait susciter une nouvelle théorie de l'intelligence. Information sur : [www.smf.emath.fr](http://www.smf.emath.fr)

ART MATHÉMATIQUE À BESANÇON  
JUSQU'AU 20 MAI

Trois expositions ont lieu en ce moment à Besançon (au FRAC 2, passage des Arts), avec un rapport étroit avec les mathématiques :

- « Partitions régulières » de Raphaël Zarka, collages et fresques représentant des motifs géométriques ;
- « Every Day is Exactly the Same », diverses séries de peintures très géométriques d'Hugo Schüwer Boss ;
- « Remake » d'Etienne Bossut, rappelant le Pop Art et ses effets d'optique. Informations sur [www.frac-franche-comte.fr](http://www.frac-franche-comte.fr)

## Solution du problème 1046

1. Toutes les paires peuvent être indépendantes (PI) pour un lotissement de 2, 3 ou 4 maisons.

Pour 2 ou 3 maisons, c'est toujours le cas. Pour 4 maisons, toutes les paires sont PI quand une maison est à l'intérieur du triangle formé par les trois autres.

2. Pour 5 maisons, il y a au maximum 7 PI

5 maisons peuvent avoir trois types d'enveloppe convexe : un pentagone, et seules les 5 paires formant les extrémités des 5 côtés sont des PI.

- un quadrilatère, qui permet 6 PI : les extrémités de ses quatre côtés et les deux couples ED et EC, qui peuvent être séparés des autres par des parallèles aux diagonales.

- un triangle ABC permet 7 PI (le maximum) : les extrémités de ses trois côtés (AB, BC, CA), et les paires AD, CD, BE, AE.

3. Pour 8 maisons, il y a au maximum 12 PI, pour 100 maisons 150 PI, pour 101 maisons 151 PI.

L'idée consiste à généraliser à n maisons. Si p(n) est le nombre de PI, la formule générale, qui marche à partir de n = 4, est p(n) = 3n/2 lorsque n est pair et p(n) = (3n - 1)/2 lorsque n est impair. En particulier, p(8) = 12.

Début de justification de cette formule : on part, pour n points, de leur enveloppe convexe polygonale de k côtés (A, B, C, D...), puis on place une maison, qui pourra appartenir à deux PI, dans chaque zone d'intersection des k triangles successifs (ABC, BCD, CDE...). On obtient : p(n) ≤ n + Min(k, n - k), optimal pour k proche de n/2.

CARTE  
BLANCHELe charme discret  
du contournement  
de l'ISF

Par BAPTISTE COULMONT

Avant de déclarer ce que les gens doivent faire, avant de tenir une position normative, les sociologues étudient ce que les gens font. Sujet crucial : parfois les personnes ne font pas ce qui est attendu d'elles. Elles fument certaines substances interdites. Elles ont des relations sexuelles hors mariage. Elles ne paient pas la totalité de leurs impôts. Mais comment contourne-t-on la règle ?

Dans sa thèse de sociologie, Camille Herlin-Giret (université Paris Dauphine) a travaillé sur ce qu'elle appelle les « contournements discrets de l'impôt » (*Sociétés contemporaines*, n° 108, 2017). Pas l'impôt sur le revenu, que nous payons vous et moi, mais l'impôt de solidarité sur la fortune (ISF), que doivent payer les plus fortunés et qui vient d'être transformé en impôt sur la fortune immobilière. Certains de ces contribuables ont recours à des conseillers fiscaux, professionnels de l'évitement de l'impôt. Leur travail est certes très intéressant, mais ce qui intéresse la sociologue, ce sont les « pratiques routinisées » qui ne sont pas vécues comme de la fraude.

Camille Herlin-Giret met en lumière les « petits stratagèmes » qui permettent de diminuer l'ISF. D'abord en minorant l'évaluation des biens. Car la marge de manœuvre est grande. En effet, dans cet impôt, non seulement « la valeur des biens est laissée au choix des déclarants » mais, de plus, très peu de redressements fiscaux ont été réalisés sur la base d'une sous-évaluation. Autant dire que la « triche » n'est pas activement découragée. Ainsi, une partie des personnes avec lesquelles Camille Herlin-Giret s'est entretenue admettent sous-évaluer leur patrimoine pour le fisc tout en ne s'estimant pas si riches que cela : une fortune de « 3,6 millions, c'est franchement pas grand-chose »...

## Une tricherie qui tombe sous le sens

D'autre part, l'enquête sociologique révèle que l'évaluation des biens ne se fait pas en solitaire. Les conseillers patrimoniaux estiment que la sous-évaluation est une bonne stratégie et, pour la revue spécialisée *Gestion de fortune* citée dans l'article, c'est « une possibilité qui tombe sous le sens ». Parfois, les conseils restent limités au cercle des proches. Quand le patrimoine est familial (compte en Suisse hérité non déclaré, par exemple, ou château avec une importante « valeur affective »), l'évaluation se fait en famille : il faut se mettre d'accord pour éviter de payer trop. Quand de nombreuses personnes assujetties à l'ISF résident à proximité les unes des autres, dans ces « ghettos de riches » de l'Ouest parisien, il est possible de s'accorder, au fil des discussions entre voisins, sur une évaluation collective à la baisse. On triche, oui, « mais comme tout le monde ». Les petits arrangements s'appuient sur le réseau local.

La sous-évaluation n'est donc pas stigmatisée. Elle se déploie dans ce que Camille Herlin-Giret appelle un « rapport dual au droit ». Les personnes interrogées se présentent à la sociologue comme de bons citoyens, en lui rappelant que l'impôt est légitime et qu'il faut le payer. « Mais je ne dis pas qu'on évalue tout au maximum », lui déclare-t-on immédiatement. La règle est bonne, certes, mais quand même, point trop n'en faut, « on fait ça intelligemment ». Ce rapport dual au droit, cette aptitude pleine d'aisance à la sous-évaluation, doit s'apprendre, ce que montre la sociologue par un éclairage sur l'île de Ré où certains propriétaires terriens, qui ont vu la valeur de leur bien exploser en quelques années seulement, indiquent beaucoup plus suivre les règles : ils n'ont pas encore appris à contourner.

Entre la fraude et le consentement se glissent les petits arrangements. Des contestations partielles et presque silencieuses que l'enquête sociologique met en lumière. ■

**Baptiste Coulmont**  
Sociologue et maître de conférences  
à l'université Paris-VIII  
(http://coulmont.com)

## Ne sacrifions pas l'enseignement des sciences

**TRIBUNE** - Dans une lettre ouverte au ministre de l'éducation nationale, un collectif d'associations demande que les sciences réintègrent le tronc commun et contribuent au développement de l'esprit

Mercredi 14 février, le ministre de l'éducation nationale, Jean-Michel Blanquer, a présenté la réforme du baccalauréat et de l'enseignement au lycée. L'ensemble des signataires que nous sommes, soucieux de la réussite des étudiantes et étudiants dans l'enseignement supérieur, de la préservation du potentiel de recherche et d'innovation de la culture scientifique aux citoyennes et citoyens pour l'exercice de leur rôle démocratique, sont inquiets de la capacité du projet actuel de réforme à répondre à ces attentes.

Tout d'abord, étant donné l'absence d'enseignement spécifique (mathématiques, physique, chimie, SVT) dans le tronc commun proposé, la science ne ferait pas significativement partie de la culture commune des citoyens. La réforme, tout en reconnaissant que la science constitue tout un pan du savoir et de l'aventure intellectuelle humaine, ne semble pas lui donner les moyens de contribuer au développement de l'esprit.

Elle n'accorde pas non plus assez d'importance à l'assimilation des enjeux et démarches scientifiques par les acteurs et actrices de demain alors même que la société devient toujours plus dépendante des choix technologiques opérés. Les conséquences sur les prises de décision collectives et donc sur les choix démocratiques sont potentiellement très inquiétantes.

L'enseignement « d'humanités scientifiques et numériques » – la nouvelle matière prévue par la réforme –, aux contours disciplinaires encore mal définis, se doit de poser les bases et les méthodes scientifiques en mathématiques,

physique, chimie, sciences de la vie et de la terre (SVT), nécessaires pour une réflexion rationnelle. En l'état actuel des choses, les deux heures par semaine prévues ne représentent en aucun cas un horaire suffisant pour une formation scientifique, même rudimentaire. Les sciences expérimentales et, en particulier, la physique dans ses aspects quantitatifs, permettent une approche rigoureuse et rationnelle de problèmes concrets, participant à la formation des futurs scientifiques comme des non-scientifiques.

Un niveau minimum pourrait comprendre la capacité requise de tout bachelier de pouvoir enseigner les sciences expérimentales et les mathématiques à l'école élémentaire après une formation pédagogique appropriée. Tout « littéraire » devrait aussi pouvoir poursuivre une spécialité scientifique ou numérique sans être désavantagé dans son orientation et lors de son évaluation terminale.

D'autre part, le cloisonnement des disciplines scientifiques conduit à une spécialisation des futurs scientifiques très tôt durant leur parcours de lycéens. Cela va clairement à l'encontre des développements récents des sciences où la recherche aux interfaces n'a jamais été aussi prépondérante, que ce soit en chimie, physique, biologie et médecine, sciences de l'univers, géosciences et climatologie, développement des grands systèmes complexes en ingénierie, apports de l'intelligence artificielle dans tous les domaines, etc.

Les sciences sont par nature cumulatives et nécessitent un apprentissage soutenu, continu et progressif pour une bonne maîtrise de leurs problématiques, méthodes et concepts propres,

**LES CONSÉQUENCES  
DE LA RÉFORME  
SUR LES PRISES  
DE DÉCISION  
COLLECTIVES ET  
DONC SUR LES CHOIX  
DÉMOCRATIQUES  
SONT  
POTENTIELLEMENT  
TRÈS INQUIÉTANTES**

notamment adossés aux mathématiques et à l'informatique pour ceux qui le souhaitent et en sont capables. Un choix suffisant d'enseignements facultatifs permettrait aux futurs scientifiques de construire progressivement leur parcours au lycée mais aussi dans le supérieur, tout en ayant la possibilité de se réorienter et de compléter utilement les compétences nécessaires en adéquation avec leur projet. Cela ne peut se faire qu'en maîtrisant la complexité de l'offre de formation et en accompagnant élèves et familles dans les choix d'orientation.

La science est un bien commun, riche des zones frontalières entre disciplines, et une condition nécessaire du développement industriel et technologique du XXI<sup>e</sup> siècle.

En conclusion, nous recommandons d'augmenter la part des sciences fondamentales (science, technologie, ingénierie et mathématiques) pour tous les élèves, filles et garçons, futurs citoyens d'un monde en mutation

rapide ; de retarder l'orientation des élèves pour que leurs choix soient faits en connaissance de cause et pour limiter les orientations par défaut, les erreurs d'orientation, les orientations par mode, ou par calcul (là où cela serait considéré être le plus facile) ; de leur permettre de poursuivre, et terminale, l'étude des trois domaines choisis en 1<sup>er</sup>, les domaines scientifiques (physique-chimie, SVT et sciences de l'ingénieur) étant les plus prometteurs pour la science et l'innovation de demain ; de dégager un horaire suffisant pour un bon approfondissement dans chacune des disciplines, qui facilite le choix de la poursuite d'études en s'affranchissant des stéréotypes de la société – les filles vers la médecine, la biologie et la chimie (dont la première est difficilement atteignable et les deux suivantes saturées) et les garçons davantage vers les sciences dures (maths, physique, sciences de l'ingénierie) ; d'engager une vraie réflexion en amont sur le contenu à donner aux « humanités scientifiques » et sur la formation des enseignants qui en seront responsables.

Nous sommes prêts à nous mobiliser pour tout cela. ■

¶ **Aline Aubertin**, présidente de l'association Femmes ingénieurs ; **Laurence Broze**, présidente de l'association Femmes et mathématiques ; **Catherine Langlais**, présidente de la Société française de physique ; **Sylvaine Turck-Chièze**, présidente de l'association Femmes & sciences

Le supplément « Science & médecine » publie chaque semaine une tribune libre. Si vous souhaitez soumettre un texte, prière de l'adresser à sciences@lemonde.fr

## COLLECTION ARCHÉOLOGIE

La malle  
aux trésors  
de Louxor

Le sous-sol de la Haute-Egypte est une malle aux trésors sans fond. A Louxor, l'ancienne Thèbes, les travaux des archéologues se poursuivent depuis près de trois siècles avec le même enthousiasme à remonter le temps. L'immense complexe religieux de Karnak dédié au dieu Amon-Ré a sans cesse été agrandi et enrichi par les pharaons qui ont régné sur l'Égypte, jusqu'aux invasions perse, grecque, romaine et byzantine.

Après dix saisons de fouilles, le temple de Ptah, jouxtant l'imposant sanctuaire d'Amon-Ré, livre les traces de ces millénaires successifs. La fouille du secteur oriental du temple, occupé par un vaste quartier d'habitations, a mis en évidence une occupation des premiers chrétiens à Karnak. Des travaux opérés par le Centre franco-égyptien d'étude des temples de Karnak (CFEETK), codirigé par le CNRS et le ministère des antiquités d'Égypte, avec le soutien du ministère de l'Europe et des affaires étrangères (MEAE) et du Labex Archimède (université Montpellier-III).

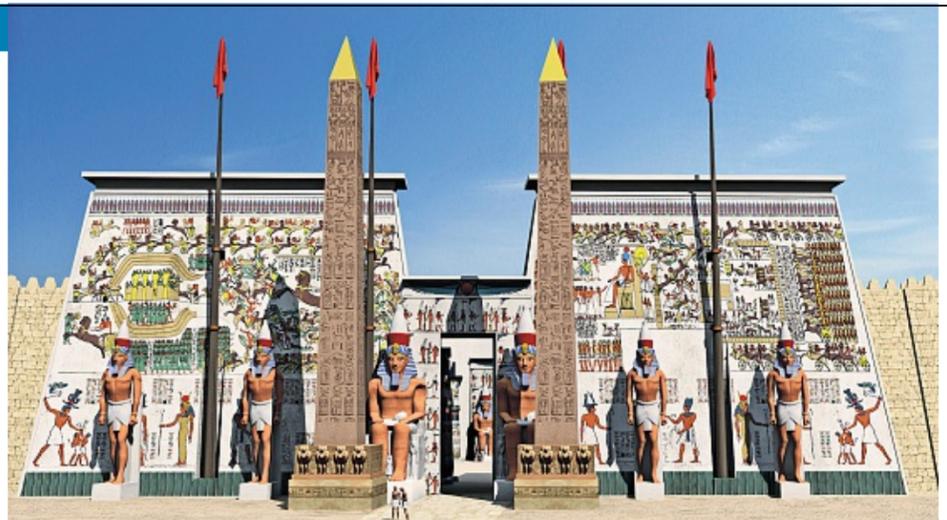
« Le temple de Ptah a été construit par Thoutmosis III (qui régna de 1457 à 1425 av. J.-C.), remplaçant un édifice plus ancien bâti en brique crue, note l'égyptologue Christophe Thiers (CNRS), codirecteur du CFEETK. Les souverains de la 25<sup>e</sup> dynastie et les Ptolémées ont agrandi l'espace culturel par l'adjonction de grandes portes d'enceinte. La fouille des abords est en cours et a déjà livré d'importantes

données sur l'histoire du site, du Moyen Empire à l'époque romano-byzantine, avec un ensemble jamais fouillé de maisons des IV<sup>e</sup> et V<sup>e</sup> siècles. » La restauration achevée des salles dites funéraires de l'Akh-Menou, temple de Thoutmosis III, permet au public de les visiter.

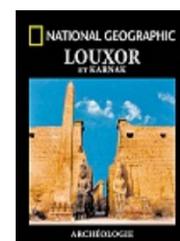
## Ensemble encore inédit

Parmi les révélations, la très riche décoration du complexe des « magasins nord », un ensemble de salles encore inédit qui « développe des thèmes décoratifs complexes puisés dans des répertoires très anciens alliant la fête Sed, la fête de l'hippopotame blanche, la chasse au filet », souligne Christophe Thiers. Cette vision du temple de Ptah et de son environnement immédiat, méridional et oriental, permettra de mieux appréhender le développement de ce secteur, qui aurait été consacré à une activité économique et administrative dès avant la construction du temple.

Autre apport scientifique récent, la mise en ligne des 5000 premières scènes et inscriptions hiéroglyphiques numérisées qui animent les colonnes et les parois des temples de Karnak, donne la mesure de l'ambitieux projet Karnak,



Reconstitution 3D.  
NATIONAL GEOGRAPHIC



9,99 €, en kiosque  
le 21 mars.

lancé par le CFEETK et en accès libre sur Internet (Sith.huma-num.fr/karnak). Ce programme a pour objectif de réaliser le relevé de l'ensemble de ces « tableaux » sculptés dans la pierre du site culturel de Karnak. Dix mille inscriptions supplémentaires sont en cours de traitement avec translittération et bibliographie de référence. La documentation photographique ancienne ainsi qu'une nouvelle couverture photographique en haute définition complètent l'information diffusée.

Ce projet d'édition des inscriptions des temples de Karnak est fondé sur le dépouillement exhaustif des documents et inscriptions collationnées sur l'original. Chaque document reçoit un numéro d'identification unique lors de l'intégration à la base de données. Toutes les informations relatives à un document (édition typographique, translittération, photographies, fac-similés, documents d'archives) sont ainsi accessibles à partir d'une seule notice. Le premier volume du « Glossaire des inscriptions de Karnak » est paru en 2017, il est disponible en format PDF. Un formidable outil pour un voyage au temps des pharaons. ■

FLORENCE EVIN

# Sébastien Carassou, des ovnis à l'astrophysique

**PORTRAIT** - Cet ancien adepte de paranormal s'est intéressé aux sciences après un long cheminement vers l'esprit critique, jusqu'à soutenir sa thèse sur la simulation de l'Univers

Chez un scientifique, c'est l'équivalent d'un coming out, en plus sulfureux. « Pendant une bonne partie de mon adolescence, j'ai gobé toutes les pseudo-sciences : les ovnis, les extraterrestres construisant les pyramides, les complots du 11-Septembre, les phénomènes magiques, les anges, les fantômes, les machines à énergie libre... Il n'y avait pas encore la théorie de la Terre plate, mais j'y aurais sûrement cru aussi. » Celui qui s'exprime ainsi, Sébastien Carassou, est pourtant aujourd'hui docteur en astrophysique. Il a soutenu en novembre à l'Institut d'astrophysique de Paris sa thèse sur la simulation de l'Univers pour mieux comprendre l'évolution des galaxies. Cette soutenance s'est d'ailleurs retrouvée au premier rang des tendances en Europe sur Twitter – du jamais-vu pour une thèse ! Sébastien Carassou est aussi un vulgarisateur acharné, lui qui doit tant aux grands passeurs de science comme Carl Sagan (1934-1996) – son modèle – ou André Brahic (1942-2016), dont il loue l'humanisme, l'optimisme et la passion.

Son parcours est précieux pour comprendre comment une personne intelligente et curieuse peut croire en tout un fatras de théories paranormales, mais aussi comment il est possible de s'en sortir. Important à l'heure où la théorie du complot n'épargne pas les sciences !

Né à La Réunion dans un milieu assez catholique et superstitieux éloigné des sciences, où l'on croit volontiers aux miracles, Sébastien Carassou se définit lui-même comme un rat de bibliothèque, avide de comprendre le monde. Il dévore indistinctement les rayons science et ésotérisme, et il ne voit aucune contradiction entre les deux, aucune frontière. Tout ce qu'il lit est au même niveau de crédibilité. « Je cherchais à engranger le plus de connaissances possible, et je me suis enfermé dans une bulle ésotérique à travers les forums, et Internet en général. » Sa première vocation est de devenir parapsychologue : étudier « scientifiquement » les phénomènes psychologiques paranormaux comme la télépathie ou les expériences de mort imminente.

## Premier déclic

Qu'est-ce qui l'a fait évoluer ? Son cheminement vers l'esprit critique a été très progressif. Le premier déclic est venu des adeptes des pseudosciences eux-mêmes. « Lorsque j'étais en classe préparatoire à Strasbourg, j'ai assisté à un congrès d'ufologie [l'étude des ovnis], indique le jeune homme de 26 ans. J'étais très motivé pour y aller : cela coûtait 80 euros l'entrée ! J'y ai rencontré beaucoup de personnes sincères, mais aussi des charlatans qui transpiraient la malhonnêteté. Ça a été ma première graine de doute. »

Mais il lui faut encore une année et de nombreuses lectures pour abandonner ces idées. Bien sûr, ses études scientifiques y contribuent, lui donnant un regard analytique sur le monde. Mais il regrette l'absence de cours d'épistémologie (analyse comment on crée des connaissances, et comment on sait si elles sont fiables) et d'éducation aux médias, qui auraient probablement aidé à sa prise de conscience. C'est surtout le blog de l'astronome et sceptique américain Phil Plait qui le « convertit ». Ce blog, qui traite beaucoup de films de science-fiction (l'une des passions de Sébastien Carassou), parle aussi de scepticisme. « Il a été ma porte d'entrée vers les sceptiques américains. Il appliquait la méthode scientifique à des affirmations sur l'astrologie, les ovnis... Il apportait les informations pour se poser les bonnes questions. »

Grâce à ce blog, Sébastien Carassou découvre l'astronome américain Carl Sagan, spécialiste de la recherche d'intelligence extraterrestre à travers le programme « SETI » (Search for Extra-Terrestrial Intelligence). Et surtout son émission de vulgarisation, « Cosmos ». C'est le déclic. « Cela me parlait intimement : c'était scientifique, mais aussi quasi spirituel, avec des métaphores très symboliques. Sa sincérité m'a plu : c'était quelqu'un de passionné qui avait gardé son âme d'enfant. » D'après lui, l'émotion, souvent refusée par les chercheurs au nom de la rationalité, est au contraire un ingrédient indispensable pour s'adresser au grand public, notamment aux plus réfractaires à la science. Sans pour autant tomber dans le sensationnalisme.

Sébastien Carassou n'est ni moqueur ni méprisant envers les adeptes d'opinions les plus farfelues. On ressent même une certaine



Sébastien Carassou, le 17 mars, à Paris.

KAMIL ZHNIUGLU/SIPA POUR « LE MONDE »

tendresse à leur égard. « La plupart des gens qui croient aux théories du complot ne sont pas de mauvaise foi. Ces doctrines sont des visions simples et rassurantes. Quelqu'un qui croit aux Illuminatis peut tout expliquer à travers ce filtre. C'est normal que ça plaise ! Ces personnes cherchent une vision du monde qui leur corresponde. »

Son expérience d'ex-adepte montre aussi la voie à suivre pour lutter contre ces théories : « Il ne faut pas considérer les ésotériques comme des idiots, ça les braque et ce n'est pas constructif. On peut tous changer d'avis, mais ça prend du temps et de l'énergie. Les mots sont d'une importance capitale, ils peuvent changer une vie, mais il faut les utiliser avec beaucoup de responsabilité, de tact et d'empathie. Et enfin, la forme importe autant que le fond : ce n'est pas parce qu'on a raison qu'on va convaincre. » Il conseille aussi de se renseigner sur les sciences humaines, qui ont étudié comment mieux communiquer les sciences.

## Un travail de longue haleine

Car beaucoup de scientifiques croient encore au « modèle du déficit », selon lequel le seul obstacle pour que les gens admettent des vérités scientifiques, c'est leur manque de connaissance. Il suffirait donc de combler ce déficit. Or, plusieurs études montrent que ce modèle est faux. Dès lors, que faire ? D'abord, connaître son public, comprendre ce à quoi il croit, et pourquoi il le croit. Rester humble : abandonner l'idée de convaincre quelqu'un en une conversation, se contenter de semer quelques graines de doute, des questionnements. Proposer des alternatives sans les imposer. « Créer de la confiance, respecter le public, c'est indispensable », rappelle Sébastien Carassou, qui reproche aux zététiciens français, ces défenseurs de la pensée critique, leur agressivité vis-à-vis des adeptes des pseudosciences (contrairement à leurs homologues américains).

Aujourd'hui, Sébastien Carassou ne souhaite pas continuer la recherche en astrophysique. Pas envie de tous les sacrifices que cela implique. « J'ai lancé plein de projets, je me sens au bon endroit. » L'un de ces projets est né d'un coup de déprime, après avoir regardé une émission de divertissement sur la sonde Rosetta, présentée par Laurent Ruquier et qu'il trouve affligeante. « J'ai ressenti un vrai sentiment d'urgence : comment voulait-on résoudre ensemble les problèmes de notre siècle si des millions de gens restaient apathiques à regarder des émissions de ce type à la télé, où la science et la technologie sont piétinées régulièrement ? »

Son réflexe : trouver d'autres personnes motivées pour proposer autre chose. Ce sera le Collectif Conscience pour la diffusion de la culture scientifique. Il vise à partager des expériences et des ressources pour aider à lancer des projets de communication scientifique. Il est notamment à l'origine d'un webzine de vulgarisation, cephalusmag.fr, et de comptes Twitter partagés : @endirectdulabo et @comscicomca, tenus chaque semaine par des chercheurs et des communicants différents, qui racontent leur quotidien. Pour certains, c'est leur première expérience de vulgarisation.

Il y a aussi YouTube, incontournable pour vulgariser après du plus grand nombre. Sébastien Carassou s'y est plongé avec enthousiasme, et comme toujours en équipe, avec Le Sens of Wonder et la chaîne collective String Theory.

Mais toutes ces initiatives se heurtent aux limites du bénévolat : difficile de faire des choses ambitieuses sans moyens, en comptant uniquement sur les bonnes volontés. Or, Sébastien Carassou veut non seulement vivre de la communication scientifique, mais surtout agir en grand, partager son émerveillement avec le plus grand nombre. « J'aimerais maximiser le bien que je peux faire, toucher les gens de manière positive. » Ça pourrait sembler naïf, c'est juste enthousiasmant. ■

CÉCILE MICHAUT



## ZOOLOGIE

### Les superpouvoirs de la gelée royale

Depuis 2009, les jardins de Buckingham Palace abritent quatre magnifiques ruches. Chaque année, la famille royale profite ainsi des quelque 160 pots produits par ses ouvrières. Quant à Elizabeth II, sans doute doit-elle méditer sur son sort de souveraine, lorgnant avec un peu d'envie ses royales voisines. Chez les abeilles, en effet, les ouvrières d'été vivent en moyenne cinq à six semaines. Partie d'une larve en tout point identique, dotée notamment d'un même génome, la reine, elle, peut vivre jusqu'à cinq ans. *Respect, Your Highness!*

Son secret tient dans une potion magique. Ou plutôt dans une drôle de substance protéinée dont une équipe allemande vient d'analyser la composition et la structure. Publiés dans *Current Biology*, ces résultats détaillent l'étonnante sophistication du processus qui voit une colonie appeler une abeille à régner.

Les grands principes sont assez largement connus. Dans une ruche, trois types d'abeilles cohabitent. Des femelles ouvrières, chargées de l'ensemble des travaux de la colonie, du butinage et de l'apport en eau à la confection des alvéoles ou à la défense de la collectivité. Des mâles, également appelés faux-bourdon, chargés, pendant le vol nuptial, de remplir la spermathèque de la reine. Cinq à dix d'entre eux se succèdent pour l'opération. De quoi permettre à la souveraine de pondre ensuite durant toute sa vie, au rythme de 1000 à 2000 œufs... par jour, avec toutefois une pause royale de fin septembre à février. Et enfin il y a la reine.



Une reine (point orange) et ses ouvrières. S. ERLER

Mais d'où vient-elle ? D'un concours de circonstances, d'abord : la précédente reine a succombé ou bien la colonie prend trop d'importance. Les ouvrières construisent alors des cellules spéciales : non pas les fameuses alvéoles hexagonales d'où naissent des centaines d'ouvrières et coule le miel. Des structures plus longues, arrondies, installées sur le bord de la ruche et surtout tournées vers le bas. Personne ne sait trop comment les ouvrières décident de mettre telle larve dans telle cellule. Mais, une fois installée, c'est à la gelée royale, et exclusivement à elle, qu'elle doit son développement.

Depuis longtemps, les apiculteurs connaissent le rôle alimentaire de cette sécrétion ultraprotéinée. Ils se doutaient de l'importance de sa texture pour permettre à la larve de rester collée. « Une sorte de mélange de miel et de marmelade », décrit Anja Buttstedt, biologiste à la Martin-Luther University de Halle-Wittenberg (Saxe-Anhalt) et première signataire de l'article. La chercheuse a profité de sa formation de biochimiste pour aller fouiller les ressorts moléculaires de la recette. « Et, là, on a eu une énorme surprise, poursuit-elle. Sous pH neutre, la protéine avait une forme et une taille normales, d'une dizaine de nanomètres. » Quant à la gelée, elle coulait. En milieu acide, en revanche, le jus devenait glu. « Au microscope, on voit qu'une polymérisation aboutit à des structures de plusieurs centaines de nanomètres. Nous avons regardé encore un peu mieux et découvert des filaments. C'était l'origine de la viscosité. »

Dans la ruche, en effet, le royal repas trône à un pH situé entre 4 et 5, le résultat de la rencontre des protéines et des acides gras produits par deux glandes situées l'une dans la bouche des ouvrières, l'autre derrière leurs mandibules. « Mais on pensait que cette acidité servait uniquement à lutter contre les bactéries et à protéger ainsi les larves, rappelle la chercheuse allemande. Eh bien non, elle sert aussi à prévenir les larves contre la chute. »

Pour Gérard Arnold, directeur de recherche émérite au CNRS, « cet article original montre une fois encore la capacité des abeilles à nous étonner dans leur développement ». Les signataires de l'article, eux, concluent en comparant le mélange royal aux collas à deux composants si souvent utilisées par les humains. « Sauf que chez les abeilles, le mélange offre aussi un excellent repas. » ■

NATHANIEL HERZBERG