

L'inhalation des spores d'« Aspergillus fumigatus » peut entraîner une infection invasive des poumons et des bronches, souvent fatale.

Les attaques fongiques réduisent les rendements agricoles de plus de 20 %. Les pesticides épandus en masse pour protéger les récoltes ont engendré des résistances, y compris chez des souches qui infectent l'homme et font 1,6 million de morts par an. Enquête

NATHANIEL HERZBERG

aites le test: demandez autour de vous quel champignon présente le plus de danger pour l'humain. Neuf personnes sur dix choisiront l'amanite phalloïde. Erreur on ne peut plus funeste. Avec ses quelques dizaines de décès en Europe les pires années, le «calice de la mort» devrait faire figure d'amateur dans la planète mycète. De même que le moustique surpasse de loin tous les animaux réputés féroces, les vrais tueurs, chez les champignons, sont micro-

scopiques, méconnus et autrement plus meurtriers que notre vénéneuse des forêts. *Cryptococcus, pneumocystis, aspergillus* et candida: chaque année, chacune de ces grandes familles tue plusieurs centaines de milliers de personnes. Selon les dernières estimations du Gaffi (le Fonds global d'action contre les infections fongiques), les pathologies associées feraient au moins 1,6 million de victimes annuelles, soit presque autant que la tuberculose (1,7 million), la maladie infectieuse la plus meurtrière au monde. *«Des estimations basses»*, précise le professeur David Denning, directeur exécutif du Gaffi et chercheur à l'université de Manchester.

D'autant qu'elles ne prennent nullement en compte le poids des attaques fongiques dans les désordres alimentaires planétaires. Les deux principales pathologies du blé, la septoriose et la rouille noire, toutes deux provoquées par un champignon, feraient baisser la production mondiale de 20 %. La production ainsi perdue suffirait à nourrir 60 millions de personnes. Etendues à l'ensemble des cultures agricoles, c'est 8,5 % de la population mondiale, soit environ 600 millions de personnes, selon des chiffres publiés en 2012, qui pourraient garnir leurs assiettes si les lointains cousins de la truffe épargnaient les récoltes.

Il faut dire que les champignons sont partout. Sur

nos poignées de porte et au bord de nos baignoires, à la surface des aliments que nous ingérons comme dans l'air que nous respirons. Essentiels au cycle du vivant, ils digèrent les déchets et les recyclent en énergie disponible. Sans eux, pas de compost ni d'engrais naturels, pas de roquefort ni de vins doux. Encore moins de pénicilline, ce premier antibiotique né de l'appétit des moisissures penicillium pour les bactéries. Précieux pour l'ordre végétal, donc, et pour la plupart sans danger pour les humains. «Sur les quelque 1,5 million d'espèces estimées, quelques centaines ont la capacité de survivre dans notre organisme, souligne le professeur Stéphane Bretagne, chef du laboratoire de mycologie de l'hôpital Saint-Louis, à Paris, et directeur adjoint du Centre national de référence (CNR) des mycoses invasives de l'Institut Pasteur. En plaçant notre corps à 37 degrés, l'évolution nous a mis à l'abri de la plupart des champignons. Les autres, quand tout va bien, sont éliminés par notre système immunitaire.»

En avril 2012, pourtant, un inquiétant «Fear of fungi» («La peur des champignons») barrait la «une» de la prestigieuse revue *Nature*. Sept scientifiques britanniques et américains y décrivaient l'explosion d'infections virulentes parmi les plantes et les animaux.

→ LIRE LA SUITE PAGES 4-5

Portrait Comprendre la phobie scolaire

Pédopsychiatre et sociologue, Laelia Benoit lance une vaste étude sur la peur de l'école. Elle s'intéresse aussi à l'autisme et à la psychose chez les jeunes, y compris les migrants



Méningiomes: des tumeurs sous influence

Un traitement hormonal, l'Androcur, multiplierait les risques de développer ces grosseurs cérébrales, le plus souvent bénignes

Un vestige colonial attend sa mue

Aux confins du bois de Vincennes, le Jardin d'agronomie tropicale, créé au temps des colonies, semble issu d'un songe. Il rêve de se réinventer en chantre du développement durable

PAGE 3



WIKIMEDIA COMMONS

Un traitement hormonal augmente le risque de méningiome

ENDOCRINOLOGIE - Une étude montre qu'un médicament hormonal, l'Androcur, multiplie par 7 le risque de développer des tumeurs cérébrales, le plus souvent bénignes. Mais le phénomène pourrait en fait être dopé par toute une classe de molécules hormonales

e risque était connu, mais pas son ampleur. Une vaste étude réalisée par la Caisse nationale de l'Assurance-maladie (CNAM) montre que le risque de méningiome, une tumeur au cerveau le plus souvent bénigne, augmente fortement avec la prise d'un dérivé de la progestérone.

Il est «multiplié par 7 pour les femmes traitées par de fortes doses d'acétate de cyprotérone, commercialisé sous le nom d'"Androcur" (Bayer) et des génériques, sur une longue période (plus de six mois) et par 20 après cinq années de traitement à une dose d'un comprimé de 50 mg par jour».

Androcur est prescrit, selon l'indication officielle, pour combattre une pilosité excessive (hirsutisme) chez la femme et certaines formes du cancer de la prostate chez l'homme. Mais il est largement utilisé hors de son autorisation de mise sur le marché (AMM), dans le traitement de l'endométriose, de certaines formes d'acné, etc. Il peut aussi être prescrit à des personnes transgenres pour ses propriétés antiandrogéniques. En France en 2017, 90 000 femmes prenaient de l'acétate de cyprotérone (25 % de l'Androcur), ce qui représente 60 % du marché européen.

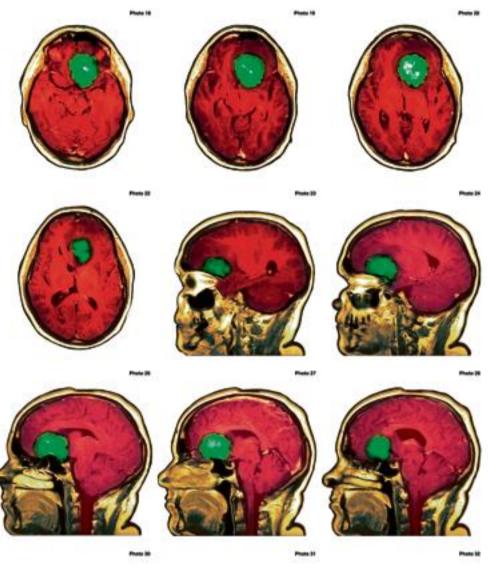
Rendue publique le 27 août par l'Agence nationale de sécurité du médicament (ANSM) – elle sera publiée dans les mois à venir –, « cette étude, menée avec le service de neurochirurgie de l'hôpital Lariboisière, à Paris, a été réalisée sur 400 000 femmes qui ont consommé de l'acétate de cyprotérone (comprimés dosés à 50 mg) entre 2006 et 2015, une population très importante », précise le docteur Alain Weill, directeur adjoint du département des études en santé publique de la CNAM, qui a piloté ces travaux.

«Un risque relativement faible»

Au total, plus de 500 cas de méningiomes opérés ont été recensés. Le plus souvent, ces tumeurs bénignes ont été opérées car la patiente présentait des symptômes (aphasie, troubles de l'élocution...). Tumeur la plus fréquente du système nerveux central après 35 ans (environ 30%), le méningiome est bénin dans les deux tiers des cas. Il se développe à partir des membranes qui enveloppent le cerveau et la moelle épinière (les méninges), avec une incidence de 9 à 10 cas pour 100 000 habitants. Il touche deux à trois femmes pour un homme. Le traitement de référence est la chirurgie.

Revenons à l'étude: «Plus la dose cumulée est importante, plus le risque de méningiome est important», explique Alain Weill. La plupart du temps, les méningiomes se stabilisent ou régressent à l'arrêt du traitement, ce qui renforce le lien de causalité. «Le risque absolu de méningiome pour les femmes qui ont des doses importantes était de 0,4 % par an. Un risque qui reste relativement faible, même pour des femmes prenant des doses importantes », tempère-t-il. La ministre de la santé, Agnès Buzyn, a d'ailleurs rassuré. Jeudi 13 septembre, elle a indiqué au quotidien Cnews: «Ce n'est pas un cancer. Ce n'est pas un scandale sanitaire.»

Cette annonce a toutefois suscité l'inquiétude chez les patientes. Cinq femmes traitées par ce médicament et opérées d'un méningiome, avec pour certaines des séquelles importantes, ont en



Méningiome (en vert) visible grâce à l'imagerie par résonance magnétique (IRM) chez une femme de 38 ans.

SIMON FRASER/NEWCASTLE HOSPITALS NHS TRUST/SPL/COSMOS

outre décidé d'engager une plainte contre le laboratoire Bayer et l'ANSM, a indiqué à l'AFP leur avocat, Charles-Joseph Oudin, vendredi 14 septembre.

Le lien entre traitements œstro-progestatifs et méningiomes n'est pas nouveau. Un premier cas mentionnant l'Androcur a été décrit en 2007 dans le *NEJM* par une équipe italienne, celui d'un jeune homme transsexuel qui prenait de l'Androcur à très haute dose (100 mg/jour) avec d'autres traitements. Il a présenté des troubles du comportement, ce qui a été mis sur le compte de sa nouvelle condition, puis a eu très mal à la tête et a eu des troubles du champ visuel. L'IRM a révélé un énorme méningiome. Les auteurs avaient alors attribué la croissance rapide de la tumeur aux traitements hormonaux à haute dose, sans citer spécifiquement l'Androcur.

En France, c'est Sébastien Froelich, alors jeune neurochirurgien à Strasbourg, qui est d'abord intrigué par l'une de ses patientes, qu'il doit opérer en raison de nombreux méningiomes et qui risquait de perdre la vue. Elle prenait de l'Andro-

cur. Comme deux autres patientes venues en consultation en 2007. «L'une ne pouvait pas être opérée mais a vu sa tumeur régresser à l'arrêt du traitement», se souvient le professeur Froelich. Son équipe a poursuivi ses investigations. C'est devenu son cheval de bataille. Les autorités sanitaires françaises ont alerté sur ce risque dès 2009, puis les instances européennes ont fait modifier en 2011 la notice du médicament, ajoutant le méningiome dans les effets secondaires.

Point frappant, une étude, publiée en 2011 et financée par Bayer, n'avait pas montré d'association. Elle portait sur des femmes anglaises, exposées à de faibles doses. Une conclusion qui avait semé la confusion. En 2016, le professeur Sébastien Froelich, devenu chef du service de neurochirurgie à l'hôpital Lariboisière (AP-HP), contacte la CNAM avec une de ses patientes devenue médecin. «Je ne m'attendais pas à des chiffres aussi élevés », estime-t-il, tout en les jugeant « très probablement sous-estimés », car cette étude ne prend en compte que les méningiomes opérés.

«Par son importance, l'étude de cohorte de la CNAM établit désormais de façon indéniable ce lien fort entre l'exposition à ce médicament et l'apparition de méningiomes», commente le professeur Jacques Young, endocrinologue à l'hôpital de Bicêtre (AP-HP).

Pour autant, « il n'est pas nécessaire de retirer le produit », indique-t-on à l'ANSM, qui réunira le 1er octobre un groupe d'experts pour revoir les recommandations. De nombreux prescripteurs pensent que ses indications doivent être restreintes. Pour autant, « l'acétate de cyprotérone a un intérêt certain. Il n'existe pas d'équivalent pour traiter des acnés qui peuvent être très invali-dantes, des cas de lupus..., avertit de son côté la professeure Anne Gompel, gynécologue. Outre ses indications, elle a l'intérêt de ne pas comporter de risque vasculaire. » Un risque qui survient lors de la prise de certains contraceptifs. Quant à Diane 35, ce médicament anti-acné prescrit comme contraception, suspecté d'être à l'origine de thrombose, il contient de l'acétate de cyprotérone mais en doses bien plus faibles que l'Androcur. Suspendu un temps, ce médicament a été remis sur le marché.

Profil génétique des tumeurs

La relation entre méningiomes et hormones sexuelles est en tout cas évidente. On trouve des récepteurs à la progestérone dans la plupart des méningiomes. «Une question centrale est de savoir si l'acétate de cyprotérone est responsable de la progression de méningiomes déjà existants, ou responsable de l'apparition de ces tumeurs », pointe Michel Kalamarides, neurochirurgien à la Pitié-Salpêtrière. Le profil génétique d'une part des tumeurs liées au médicament est différent. «Il y a une surreprésentation de certains gènes, et notamment du PIK-3CA, muté dans 2% des méningiomes "tout venant", mais dans 35% des tumeurs sous Androcur», selon une étude publiée dans Annals of Oncology, qui porte sur 40 cas, note Michel Kalamarides. « Nous en avons analysé 40 autres qui montrent aussi cette tendance; l'étude est en cours », poursuit-il. Or, ce gène est le plus fréquemment muté dans les cancers du sein, de l'endomètre, et du col de l'utérus. En outre, les méningiomes apparaissant sous Androcur ont des localisations différentes et sont plus nombreux.

Autre sujet de préoccupation pour les autorités sanitaires: d'autres traitements hormonaux de la ménopause, déjà suspectés d'augmenter le risque de maladies thrombo-emboliques, de cancer du sein, pourraient aussi favoriser les méningiomes... Des cas ont été détectés avec ces molécules, notamment le Lutenyl et le Lutéran. Une étude va être lancée sur ce sujet par l'ANSM et la CNAM. «Ces progestatifs augmentent très probablement le risque de méningiome, on va les étudier de la même facon que l'Androcur», souligne Alain Weill. «D'autant plus que certaines femmes pourraient arrêter l'acétate de cyprotérone et prendre un autre progestatif avec des effets similaires », poursuit-il. Reste à quantifier le risque lié à des molécules qui sont prescrites à un nombre élevé de femmes (15% à 20% des femmes entre 50 et 52ans) – même si ces chiffres de 2011 doivent être réactualisés.

PASCALE SANTI

Un ingénieur français dépoussière le marché de la calculatrice

TECHNOLOGIE - Ce modèle, le seul dont le code est public, commence à s'imposer entre les géants Casio et Texas Instruments

a France est divisée en deux. Il y a les lycées Casio et les lycées Texas Instruments, selon que les professeurs de mathématiques recommandent l'une ou l'autre des calculatrices graphiques de ces deux marques qui se partagent le marché – un peu plus de la moitié est en fait dominé par Casio. Mais, depuis la rentrée, une entreprise française, Numworks, essaie de briser ce duopole avec une machine disponible en fait depuis déjà un an.

Son fondateur, Romain Goyet, rappelle qu'il a eu l'idée de se lancer en voyant, en 2015, à son retour des Etats-Unis, que dans les supermarchés, il y avait les mêmes calculatrices que celle qu'il utilisait dix ans plus tôt. «Et en plus, leur conception remonte à près de vingt ans. Les élèves font les frais de ce

marché sclérosé, ajoute cet ingénieur, un ancien d'Apple. Il y avait un pari un peu fou au départ de penser qu'avec une dizaine d'ingénieurs on pourrait concurrencer ces grandes entreprises ».

Nouveaux convertis

Le pari n'est pas encore réussi, mais le produit est sorti et fonctionne, grâce il est vrai à plus d'une dizaine de mises à jour en une année. «Le produit n'était pas abouti il y a un an, et des gens ont pu rester sur cette idée. Mais ce n'est plus le cas », rappelle Claire Savinas, professeure dans un lycée à Villeneuve-lès-Avignon (Gard), qui a opté pour Numworks. Un des derniers communiqués de presse de l'entreprise, sans donner de chiffres de vente, liste néanmoins le nom de nou-

veaux convertis, comme Henri-IV à Paris, le Parc à Lyon ou le lycée français de San Francisco.

A partir de la seconde, ces calculettes servent, outre à calculer, à tracer les courbes associées à des fonctions, à lire les valeurs de ces fonctions, mais aussi à calculer des suites et à faire des statistiques ou des probabilités. Depuis la rentrée, la programmation en python (même si ce langage n'est pas officiellement nommé) doit être enseignée. Seules deux machines le permettent, Numworks et Casio graph 90 + E, cette dernière ayant annoncé une mise à jour fin août, après sa jeune concurrente. Texas Instruments le promet pour la rentrée 2019.

À 80 euros, Numworks est au même prix que sa concurrente à écran couleur, Casio Graph 90 + E, et moins chère que le troisième modèle de cette gamme pour lycée, TI-Nspire CX.

Preuve qu'il n'est pas simple d'entrer sur ce marché, les premières versions de la Numworks ne savaient pas effectuer des calculs dits « exacts »: 0,1+0,1-0,2 ne donnait pas... o (mais un nombre très petit). Ce détail a été corrigé et bon nombre de fonctionnalités ont été ajoutées.

«Il y a eu de gros progrès, sur le calcul exact, la recherche d'intersections graphiques, le calcul d'aire sous la courbe, les statistiques...», note Bernard Parisse, enseignant-chercheur à l'université de Grenoble, auteur d'un puissant logiciel de calcul, XCAS, que le constructeur HP, surtout présent après le lycée, utilise. Il regrette néanmoins que XCAS,

pour des questions de mémoire insuffisante, ne puisse être installé sur Numworks, alors qu'il peut l'être sur la Casio concurrente. Comme d'autres, il regrette aussi l'absence de tableur, ce que Numworks promet d'ajouter bientôt, ou du tableau périodique des éléments en chimie.

Code source disponible

La particularité de la nouvelle venue est aussi d'être la seule machine à avoir rendu disponible son code source ainsi que les plans du matériel (fabriqué en Chine). La licence a même été modifiée début 2018 afin de faciliter les modifications. Plusieurs utilisateurs ou enseignants, dont Claire Savinas, ont donc contribué à cette amélioration. Un dénommé Zardam a même réussi à

en augmenter la mémoire pour ajouter XCAS, ou à la relier à un robot programmable, ou encore à la transformer en console de jeux.

Le fabricant vante aussi la simplicité de sa machine, livrée sans mode d'emploi papier, mais qui trouvera vite ses limites pour un usage après le lycée.

Sur l'un des forums les plus importants de ce petit monde de la calculette, Ti-planet.org, les fonctionnalités de la Numworks la classent 7°, presque à égalité avec ses deux concurrentes, 6° et 5°, derrière des machines bien au-delà de 110 euros. «Elle pourrait les dépasser!, prévient Xavier Andreani, professeur de maths et cofondateur du site. Mais les prescriptions des enseignants sont difficiles à changer. »

DAVID LAROUSSERIE

Un jardin tropical dans les limbes

PATRIMOINE - Ce lieu au charme désuet, près de Paris, évoque les grandes heures de la recherche coloniale. Longtemps à l'abandon, le Jardin d'agronomie tropicale attend son renouveau

est un jardin insolite auquel on accède par une étrange porte chinoise à la peinture délavée, l'un des nombreux vestiges des expositions coloniales qui le hantent. Pourtant le Jardin d'agronomie tropicale, 7 hectares logés dans la pointe orientale du parc de Vincennes, à la limite de Nogent-sur-Marne, n'en est pas moins habité.

Chaque jour s'y rendent les employés de 18 institutions et organisations non gouvernementales hébergées sur le campus géré par le Cirad, l'organisme français de recherche agronomique et de coopération dans les régions tropicales et méditerranéennes. Et leurs déplacements le long des allées de terre tracées dans le bois en friche où se nichent les pavillons délabrés ressemblent à un dialogue de signes avec le passé.

Rapport au passé colonial

Car si les activités du Cirad sont désormais consacrées au développement durable dans les anciens pays colonisés, il n'en est pas moins l'héritier de la recherche en agronomie tropicale pour laquelle le jardin a été créé. «En France, nous avons un rapport un peu honteux à notre passé colonial, et c'est sans doute pour cette raison que le jardin n'est pas mis en valeur, confie Serge Volper, ex-responsable de la bibliothèque historique du Cirad, située au centre du jardin. La France, parmi les puissances coloniales, est la seule nation à avoir fait de la recherche agronomique tropicale une discipline bien individualisée de l'agronomie.»

A l'origine du jardin, il y a la volonté d'harmoniser les expériences d'acclimatation des plantes tropicales dans les jardins d'essai, implantés dans les pays colonisés durant le dernier quart du XIX^e siècle. Ces jardins servaient aussi de laboratoires pour l'étude de plantes d'intérêt économique telles que le cacaoyer ou l'hévéa, dont est extrait le caoutchouc. Il fallait satisfaire les besoins des consommateurs européens, devenus friands de produits exotiques, alors que la concurrence entre les puissances coloniales faisait rage.

«La III^e République se construit dans le projet colonial et en même temps dans le renforcement d'insti-



Le pavillon désaffecté de La Réunion avait été construit pour l'Exposition coloniale de 1907. CATERS/SIPA/SIPA

tutions scientifiques qui vont avoir un lien consubstantiel avec l'empire. Ce virage colonial à la fin du XIX^e siècle implique de puissantes institutions scientifiques comme l'Institut Pasteur, le Muséum national d'histoire naturelle et ce jardin qui en est le produit», explique l'historien Guillaume Lachenal, de l'université Paris-Diderot.

Le «jardin d'essai colonial», rattaché au ministère des colonies, est créé en 1899. Une école d'agronomie tropicale datant de 1902 fusionne avec le jardin pour la création de l'Institut national d'agronomie coloniale en 1921. En Afrique-Occidentale française, des stations consacrées à l'étude d'une plante, de sa culture à sa transformation, se développent, et des filières se structurent pour améliorer l'approvisionnement de la métropole en huile de palme, arachides, bananes, café, cacao ou encore caoutchouc. Le régime de Vichy en fait une série d'instituts afin de sécuriser l'approvisionnement de la métropole durant la seconde guerre mondiale.

Il faut flâner du côté du campus du Cirad pour déceler les vestiges de cet «âge d'or ». A l'entrée, la silhouette trapue de la serre du Dahomey, que les cartes postales de l'époque représentent emplie d'exubérantes plantes tropicales.

Le temps, les intempéries ont endommagé la frise de mosaïques byzantines qui ornait la façade de l'ancienne école d'agronomie tropicale. Les serres Hamelie (caféiers) et Menier (cacoyers et vanilliers) ont été détruites en 1950, tandis que quelques serres et hangars subsistent, livrés aux attaques du temps qui en lézardent les façades. En s'éloignant au gré des chemins, on découvre, dans les recoins du jardin où poussent parfois des bambous, d'autres monuments aux allures exotiques.

Désertification du site

Les activités de recherche du Jardin d'agronomie tropicale déclinent et le site se désertifie à partir des années 1970, alors qu'un pôle agronomique se constitue à Montpellier. Mais le Cirad tient à son implantation dans le Jardin d'agronomie tropicale, où il possède encore le bâtiment construit pour le Centre technique forestier tropical, créé en 1949.

Le Cirad lui-même est né

en 1984 de la fusion d'instituts d'agronomie tropicale. Initialement axées sur la valorisation des produits de ses recherches, ses activités se sont recentrées depuis les années 1990 sur la recherche en intégrant, après la conférence de Rio en 1992, la dimension environnementale et sociale du développement.

Il ambitionne de faire du jardin, dont la Ville de Paris est gestionnaire, une «cité du développement durable» où le public pourrait venir s'informer tant sur l'histoire que sur les enjeux contemporains de la recherche agronomique dans les pays du Sud. «On est attachés à la mémoire et à la culture de ce lieu, indique Michel Eddi, le directeur du Cirad. Nous cherchons à construire un projet avec les acteurs présents pour lui redonner une visibilité et un bel avenir fort de ce passé. »

CATHERINE MARY

Tropikante, festival étudiant, culturel et écocitoyen, autour du thème « Les dessous de la paix », au Jardin d'agronomie tropicale, le 21 septembre. Lestropikantes.com

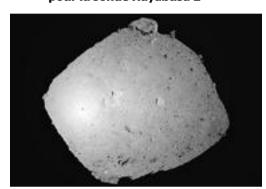
TÉLESCOPE

PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES Les stakhanovistes de la recherche

Il existe des chercheurs plus prolifiques que d'autres, certains publiant même plus de 72 articles par an, soit plus d'un par semaine de travail. Une équipe américaine (université Stanford et SciTech Strategies) a ainsi identifié 265 auteurs dans cette catégorie, ayant publié entre 2000 et 2016. Le record va à Akihisa Inoue, président de l'université de Tohoku, au Japon, qui a tenu ce rythme pendant onze ans et a cosigné 2566 articles depuis 1976. La plupart de ces stakhanovistes (20%) sont aux Etats-Unis, suivis de l'Allemagne et du Japon (la Chine a été exclue de ce décompte pour cause d'ambiguïtés sur les noms). Ces chiffres interrogent sur la notion d'auteur et sur le rôle réel des signataires. Par ailleurs, seuls 81 ont répondu à un questionnaire destiné à mieux comprendre leur activité.

ASTRONOMIE L'astéroïde Ryugu trop sombre pour la sonde Hayabusa-2

> Ioannidis et al., « Nature », 13 septembre



En orbite autour de l'astéroïde Ryugu, la sonde japonaise Hayabusa-2 a connu un revers pour sa première tentative d'approche, le 12 septembre. L'engin devait arriver à environ 30 mètres de la surface pour en fournir des images en très haute résolution. Toutefois, la sonde a stoppé de manière autonome sa descente à 600 mètres du sol et est remontée vers son orbite « de parking », à 20 kilomètres. Cette interruption a été causée par le lidar (un radar au laser) d'Hayabusa-2 qui ne parvenait plus à mesurer la distance le séparant de la surface, qui ne reflète que 2% de la lumière reçue, la rendant plus sombre que du charbon. L'agence spatiale japonaise, va recalibrer le lidar pour effectuer une descente avant le 3 octobre: Hayabusa-2 larguera sur Ryugu le petit atterrisseur francoallemand Mascot. (PHOTO: JAXA UNIVERSITÉ DE TOKYO)

Prix Ig Nobel 2018: un cru savoureux

SCIENCE IMPROBABLE - Aperçu des recherches loufoques récompensées lors de la 28e cérémonie

ous les ans, avant que le rideau ne se lève sur la solennelle séquence des prix Nobel, le monde scientifique s'offre, dans le Théâtre Sanders de l'université Harvard, un prélude nettement moins sérieux avec la cérémonie des Ig Nobels - lire « ignoble » - qui récompensent des études à la loufoquerie plus ou moins assumée. Jeudi 13 septembre, la science improbable, celle qui fait sourire d'abord et réfléchir ensuite - ou pas -, était ainsi célébrée pour la 28e fois dans une ambiance bon enfant, les organisateurs ayant par exemple demandé au public de faire tomber sur scène un déluge d'avions en papier.

Pour la première fois, de l'argent accompagnait chaque prix, sous la forme d'un billet de 10 000 milliards de dollars zimbabwéens, coupure qui n'a, malheureusement pour les récipiendaires, plus aucune valeur

en raison de l'hyperinflation qu'a connue cette monnaie...

qu'a connue cette monnaie...
Les récompenses sont décernées dans dix catégories, lesquelles peuvent changer d'une année sur l'autre pour que l'on soit sûr de ne pas oublier un travail particulièrement savoureux. Le cru 2018 a ainsi vu apparaître un Ig Nobel d'anthropologie qui a honoré une équipe internationale ayant découvert que, dans les zoos, les chimpanzés imitaient les humains à peu près autant que les humains les singeaient.

Le prix sur la nutrition est, quant à lui, allé à un article très anthropologique montrant que l'apport calorique d'un régime cannibale était significativement moins important que n'importe quel autre type d'alimentation. Les végans s'en réjouiront.

Dans les catégories plus classiques, l'Ig Nobel de la paix a couronné des Espagnols ayant étudié les conséquences des cris et des jurons au volant, celui d'économie a récompensé un article tentant de déterminer s'il était intéressant de se venger de son supérieur hiérarchique sur une poupée vaudoue le représentant. En littérature, on a appris que, pour nombre d'utilisateurs d'objets technologiques, la vie était trop courte pour prendre la peine de lire les notices.

Sous le signe du cœur

En chimie, on a eu confirmation que vous pouviez cracher sur vos bibelots pour les nettoyer, la salive étant parfaitement appropriée à cet usage. En biologie, une équipe internationale comportant le Français Sébastien Lebreton a été distinguée pour avoir montré qu'une seule drosophile femelle tombée dans un verre de vin pouvait en gâcher le goût à cause d'une de ses phéromones.

La cérémonie 2018 était placée sous le signe du cœur, mais force est de constater que les organisateurs ont plutôt visé des organes situés un peu plus bas dans l'anatomie humaine. En effet, l'Ig Nobel de médecine est allé à des chercheurs qui se sont demandé s'il était utile d'aller sur des montagnes russes pour faire transiter un calcul rénal. Le prix d'éducation médicale a récompensé un Japonais ayant testé l'autocoloscopie (on ne fera pas de dessin).

Enfin, dans la catégorie « médecine de la reproduction », a triomphé une méthode destinée à déterminer à bas coût si un homme est vraiment impuissant: avant de se coucher, le patient colle autour de son pénis une guirlande de timbres-poste. Si, au réveil, ceux-ci sont déchirés, c'est que le monsieur a connu des phases d'érection pendant son sommeil – et que tout espoir n'est pas perdu pour lui. De quoi réactualiser un vieux slogan des PTT: bandez avec la Poste.

: la Poste. ■ PIERRE BARTHÉLÉMY



Les champignons font de la résistance

► SUITE DE LA PREMIÈRE PAGE

On croyait, depuis la grande famine irlandaise (1845-1852) et les épidémies d'oïdium (1855) puis de mildiou (1885) qui détruisirent l'essentiel de la vigne française, que les grands périls agricoles étaient derrière nous. Eh bien non, répondaientils: la pression fongique sur les cinq principales cultures vivrières ne cesse de s'intensifier. Le blé, donc, mais aussi le riz, assailli dans 85 pays par la pyriculariose, avec des pertes de 10% à 35% des récoltes. Idem pour le soja, le maïs et la pomme de terre. «Si ces cinq céréales subissaient une épidémie simultanée, c'est 39% de la population mondiale qui verrait sa sécurité alimentaire menacée », explique Sarah Gurr, du département sécurité alimentaire de l'université d'Exeter, une des signataires de l'article.

Les champignons ne s'en prennent pas qu'à l'agriculture, rappelaient les chercheurs. Reprenant la littérature, ils constataient que 64% des extinctions locales de plantes et 72% des disparitions animales avaient été provoquées par des maladies fongiques. Un phénomène amplifié depuis le milieu du XX^e siècle : le commerce mondial et le tourisme ont déplacé les pathogènes vers des territoires où leurs hôtes n'ont pas eu le temps d'ériger des défenses. Les Etats-Unis ont ainsi perdu leurs châtaigniers, l'Europe a vu ses ormes décimés. Les frênes sont désormais touchés : arrivée d'Asie il y a quinze ans, la chalarose a ainsi frappé la Pologne, puis toute l'Europe centrale. Elle occupe désormais un tiers du territoire français. Seule chance: Chalara fraxinea ne supporte pas la canicule. La maladie a donc arrêté sa progression et commencerait même à reculer.

Grenouilles et crapauds décimés

Les animaux sont encore plus durement atteints. Selon l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN), 40% des espèces d'amphibiens sont aujourd'hui menacées, des dizaines auraient disparu. Premier responsable: Batrachochytrium dendrobatidis, alias Bd. Depuis vingt ans, le champignon venu de Corée a décimé grenouilles et crapauds en Australie et sur l'ensemble du continent américain. Son cousin Bsal, lui aussi arrivé d'Asie, cible salamandres et tritons européens avec une mortalité proche de 100%

Aux Etats-Unis, un autre champignon, le bien nommé Geomyces destructans, poursuit son carnage auprès des chauves-souris. La maladie du museau blanc touche près de la moitié du pays et aurait tué plusieurs millions de chiroptères. Coraux et tortues dans les mers, abeilles, oies et perroquets dans les airs... la liste est longue. «Il ne fait quère de doute que ces pathologies sont de plus en plus nombreuses, affirme, statistiques à l'appui, Matthew Fisher, du département des maladies infectieuses de l'Imperial College de Londres, premier signataire de la publication de 2012. Depuis notre article, il y a eu une prise de conscience, mais la situation s'est détériorée.»

Aussi en mai, Matthew Fisher et Sarah Gurr ont récidivé, cette fois dans Science, en s'adjoignant les services du Suisse Dominique Sanglard. Biologiste à l'université de Lausanne, il traque «l'émergence mondiale de résistance aux antifongiques » en incluant dans le tableau les pathologies humaines. Des maladies «longtemps négligées, souligne-t-il. D'abord, elles étaient moins fréquentes que les pathologies bactériennes ou virales. Ensuite, elles frappent des patients immunodéprimés – dont les défenses ne sont plus capables de contenir les champignons –, pas des sujets sains. Enfin, un champignon, c'est beaucoup plus complexe qu'une bactérie, beaucoup plus proche de nous aussi, donc plus difficile à combattre sans attaquer nos propres cellules».

L'épidémie de sida, dans les années 1980, a commencé à modifier la donne. «Les patients immunodéprimés se sont mis à mourir massivement de pneumocystoses ou de cryptococcoses», se souvient Olivier Lortholary, chef du service des maladies infectieuses et tropicales à l'hôpital Necker et directeur adjoint du CNR mycoses invasives à l'Institut Pasteur. Si l'accès aux trithérapies a permis de limiter l'hécatombe dans les pays occidentaux, il n'en va pas de même ailleurs dans le monde. Selon les dernières statistiques du Gaffi, plus de 535 000 malades du sida meurent encore chaque année, victimes d'une infection fongique associée. « C'est sans doute plus, insiste David Denning. Certaines pathologies fongiques pulmonaires sont prises pour des tuberculoses.»

Mycologue au CHR de Cayenne, Antoine Adenis en sait quelque chose. La forte présence de la leishmaniose dans le département avait conduit le service de dermatologie à analyser toutes les plaies des patients séropositifs. «Nous avons découvert la présence de l'histoplasmose un peu par hasard », raconte-t-il. Les médecins ont alors systématiquement recherché le champignon histoplasma et découvert qu'il constituait la première cause de décès des malades du sida en Guyane. Au Suriname voisin, réputé vierge de champignons, il a découvert que «25% des hospitalisés VIH étaient touchés ». Le médecin a ensuite étendu son étude à toute l'Amérique latine. Le résultat a stupéfié la communauté: selon un article publié en août, dans The Lancet, le champignon y tuerait quelque 6800 person-

> **«UN CHAMPIGNON.** C'EST BEAUCOUP PLUS PROCHE DE NOUS QU'UNE **BACTÉRIE, DONC PLUS** DIFFICILE À COMBATTRE SANS ATTAQUER NOS PROPRES CELLULES» **DOMINIQUE SANGLARD**

> > UNIVERSITÉ DE LAUSANNE



nes par an, plus que la tuberculose, réputée première cause de mortalité associée au sida.

Les champignons et leurs spores ne se contentent pas d'attaquer les porteurs du VIH. « Ils compliquent toutes les pathologies respiratoires quand ils ne les provoquent pas », explique David Denning. Asthme sévère, aspergilloses bronchopulmonaires allergiques ou chroniques... «Cela représente plus de 14 millions de personnes dans le monde et au moins 700 000 décès par an », assure le médecin britannique.

Enfin, il y a les pathologies dites « hospitalières ». «Chimiothérapies, greffes de moelle, transplantations d'organes, biothérapies... La médecine moderne, comme l'augmentation de la durée de la vie, multiplie la quantité de malades immunodé primés dans les hôpitaux, analyse Tom Chiller, chef de la branche mycoses du Centre de contrôle des maladies américain (CDC). Beaucoup ont déjà en eux des champignons qui trouvent là l'occasion de prospérer, ou ils les rencontrent à l'hôpital. Tous représentent des cibles idéales. » Une fois les patho-

L'ASPERGILLOSE, MALADIE RESPIRATOIRE MÉCONNUE

ous en respirons tous quotidiennement car ses spores sont très répandues dans notre environnement domestique: greniers, plafonds, climatiseurs... Généralement sans que nous en souffrions. Mais pour les personnes immunodéprimées - par une maladie ou un traitement aux corticoïdes, par exemple – ou tout simplement celles dont les poumons ont été altérés par une maladie respiratoire. comme la tuberculose, inhaler un champignon du genre Aspergillus entraîne le développement d'une pathologie aux lourdes conséquences: l'aspergillose, qui toucherait 240 000 personnes en Europe et contre laquelle une stratégie thérapeutique innovante va être évaluée.

«Cette moisissure aime les cavités où il fait chaud et humide. Une caverne creusée dans le poumon par la tuberculose est un environnement parfait pour l'Aspergillus», explique le professeur Jacques Cadranel, chef de service de pneumologie à l'hôpital Tenon (AP-HP, Paris). «Outre un terrain immunodéprimé, l'aspergillose prospère sur du tissu pulmonaire remanié», confirme le docteur Cendrine Godet, pneumologue au CHU de Poitiers.

Un délicat diagnostic

Le genre Aspergillus regroupe près de 300 espèces, dont Aspergillus fumigatus, la plus fréquemment impliquée dans les infections humaines sous nos climats. La petite taille des spores lui permet

alvéoles pulmonaires. La température du corps humain n'est pas un problème pour A. fumigatus, qui supporte jusqu'à 55 °C.

L'infection par l'*Aspergillus* va ainsi se développer de manière insidieuse, sans signe clinique pendant des mois, voire des années. Quand elle commence à se manifester, c'est de manière banale. «La personne éprouve de la fatigue, un essoufflement, mais, souvent, elle s'adapte à ces signes en pensant que cela est dû au vieillissement ou à la pathologie respiratoire déjà connue», décrit Jacques Cadranel. La toux s'accompagne de crachats, et, un jour, il y a un peu de sang dans l'expectoration.

«Les images radiologiques ne veloppent. Pris par voie générale

d'aller en profondeur jusqu'aux : sont pas spécifiques. Elles peuvent évoquer une infection, une tuberculose, une tumeur. L'Aspergillus est retrouvé lorsque l'on effectue une bronchoscopie avec des prélèvements », souligne Jacques Cadranel. Des difficultés qui expliquent un diagnostic parfois laborieux. « Une fois le diagnostic posé, si l'état du patient s'y prête, il vaut mieux opérer et enlever le morceau de poumon colonisé par le champignon. Dans le cas contraire, un traitement médical d'au moins six mois reste la seule option», poursuit Jacques Cadranel.

> Les médicaments antifongiques sont aux champignons ce que les antibiotiques sont aux bactéries, et, comme pour ces dernières, des résistances se dé-

– comprimés par voie orale – et comparera un traitement par un pendant plusieurs mois, les antifongiques sont susceptibles d'entraîner des effets indésirables.

Thérapie innovante

C'est pour répondre à ces difficultés que des praticiens se sont organisés depuis 2008 et se sont impliqués dans un réseau international de l'aspergillose chronique. Dans le cadre du congrès de la Société européenne de pneumologie, Cendrine Godet a présenté, lundi 17 septembre, l'étude C-PAAARI qu'elle coordonne. Une trentaine de centres hospitalo-universitaires français vont ainsi participer à l'évaluation

d'une thérapeutique innovante. Prévue pour durer cinq ans et inclure plus de 300 patients, elle antifongique en gélules, l'itraconazole, à la combinaison de deux antifongiques: l'itraconazole par voie orale et l'amphotéricine B en nébulisations. Sous cette forme inhalée et allant directement dans le poumon sans passer par la circulation sanguine, cette dernière molécule est bien mieux tolérée que par voie orale. Les premiers résultats devraient être disponibles d'ici deux ans et demi.

Au-delà de l'étude elle-même, les médecins impliqués dans la lutte contre l'aspergillose souhaitent faire sortir de l'ombre cette pathologie et mobiliser des fonds publics et privés pour la

PAUL BENKIMOUN





gènes dans le sang, le pronostic devient effrayant. A l'échelle mondiale, le taux de mortalité parmi le million de malades traités avoisinerait les 50%. «En France, depuis quinze ans, le taux reste entre 30% et 40% pour les candidoses, entre 40% et 50% pour les aspergilloses, indique Stéphane Bretagne. Désespérément stable. » «Et l'incidence des candidoses systémiques augmente de 7% chaque année, renchérit son collègue Olivier Lortholary. Même si c'est en partie dû à l'augmentation de la survie des patients de réanimation aux attaques bactériennes, c'est une vraie préoccupation, ma principale inquiétude avec les champignons émergents souvent multirésistants. »

Résistances et émergences: l'hôpital de Nimègue, aux Pays-Bas, et son équipe de recherche en mycologie, en sont devenus les références mondiales. En 1999, le centre y a enregistré le premier cas de résistance d'une souche d'Aspergillus fumigatus aux azoles, la principale classe d'antifongiques. Puis les cas se sont multipliés. «Et ça ne cesse de croître, souligne Jacques Meis, chercheur au centre néerlandais. Dans tous les hôpitaux des Pays-Bas, la résistance dépasse les 10%, et atteint jusqu'à 23%. » Avec, pour 85% des patients infectés, la mort dans les trois mois.

Les horticulteurs dans le viseur

Les scientifiques n'ont pas mis longtemps à désigner un suspect: les horticulteurs. Aux Pays-Bas, champions de l'agriculture intensive, le traitement standard des tulipes consiste à en plonger les bulbes dans un bain d'azoles. Longtemps, les organisations agricoles ont plaidé non coupables. Mais à travers le monde, les preuves se sont multipliées. A Besançon, où ont été mis en évidence les deux premiers cas français d'aspergilloses résistantes chez un agriculteur et un employé de la filière bois, les mêmes souches mutantes ont été trouvées dans les champs du malade et dans plusieurs scieries de la région. «Les agriculteurs ne visent pas les mêmes champignons, mais les fongicides qu'ils emploient ne font pas la différence, ils

«L'USAGE MASSIF
DES ANTIBIOTIQUES PAR
LES ÉLEVEURS A DÉVELOPPÉ
LES RÉSISTANCES
DES BACTÉRIES HUMAINES.
L'EMPLOI À OUTRANCE
DES FONGICIDES PAR LES
CULTIVATEURS FAIT DE MÊME
AVEC LES CHAMPIGNONS »
MATTHEW FISHER

IMPERIAL COLLEGE DE LONDRES

rendent résistants les pathogènes humains», explique Laurence Millon, chef du service de parasitologie-mycologie du centre hospitalier de Besançon. «L'histoire se répète, soupire Matthew Fisher. L'usage massif des antibiotiques par les éleveurs a développé les résistances des bactéries humaines. L'emploi à outrance des fongicides par les cultivateurs fait de même avec les champignons.»

Le monde agricole se trouve pris entre deux menaces. D'un côté, la résistance toujours plus importante de champignons dopés par le changement climatique conduit à multiplier les traitements phytosanitaires. «Cette année, dans les vignes du sud de la France, la pression fongique était telle qu'au lieu des onze traitements annuels moyens – ce qui est déjà beaucoup –, les vignerons en ont délivré entre quinze et dix-sept », constate Christian Huyghe, directeur scientifique agriculture de l'Institut national de la recherche en agronomie (INRA). La faute à un printemps exceptionnellement pluvieux et à un été particulièrement sec. Mais aussi à l'adaptation des champignons à tout ce que le génie humain invente de produits phytosanitaires. Depuis les années 1960, l'industrie s'en est pris successivement à la membrane

En haut: dans le Vermont (Etats-Unis), des chauves-souris brunes frappées par la maladie du museau blanc.

MARVIN MORIARTY/USFWS/WIKIMEDIA COMMONS

Plants de banane attaqués

par la fusariose au Cameroun.

En bas: taches de septoriose sur des feuilles de blé tendre en France.

NICOLE CORNEC/ARVALIS

Un adolescent anglais atteint par une teigne résistante aux antifongiques.

DAVID DENNING

des cellules du champignon, à leur paroi, à leur ARN ou à leur respiration... Cinq classes d'antifongiques ont été mises au point. « Trois étaient efficaces, résume Sabine Fillinger, généticienne à l'INRA. Les strobilurines rencontrent des résistances généralisées. De plus en plus de produits azolés connaissent le même sort. Il reste les SDHI [inhibiteur de la succinate déshydrogénase], mais ils commencent eux aussi à y être confrontés et ça va s'aggraver. »

De plus en plus impuissants face aux pathogènes, les fongicides agricoles se voient aussi accusés de menacer la santé humaine. Des chercheurs de l'INRA et de l'Inserm ont ainsi lancé un appel dans Libération, le 16 avril, afin de suspendre l'usage des SDHI. Le dernier-né des traitements n'entraverait pas seulement la respiration des cellules de champignons ; par la même action sur les cellules animales et humaines, il provoquerait des «encéphalopathies sévères» et des «tumeurs du système nerveux ». L'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation (Anses) a décidé d'examiner l'alerte. Elle s'est d'autre part autosaisie afin de vérifier l'éventuelle toxicité humaine de l'époxiconazole. « Cet azole est l'une des dernières substances actives sur le marché, nous en utilisons 200 tonnes par an en France, mais c'est également un reprotoxique de catégorie 1 [affecte la fertilité], la plus préoccupante, et un cancérigène de catégorie 2 », indique Françoise Weber, directrice générale déléguée au pôle produits réglementés de l'Anses. Un avis négatif de la France pourrait peser en vue de la réévaluation du produit au niveau européen, prévue en avril 2019

A l'INRA comme à l'Anses, on jure avoir comme nouvel horizon une agriculture sans pesticide. Développement de nouvelles variétés, diversification des cultures, morcellement des paysages et «anticipation des pathologies nouvelles que le changement climatique fait remonter vers le nord et que le commerce mondial apporte d'Asie», insiste Christian Huyghe. Du blé tendre aux laitues ou aux bananes, nombre de cultures font face à des pathogènes émergents. Des champignons nouveaux frappent également les humains. Dans les services hospitaliers, le dernier diable s'habille en or. Découvert au Japon en 2009 et intrinsèquement résistant à tous les traitements, Candida auris flambe particulièrement dans les hôpitaux indiens, pakistanais, kényans et sud-africains. La France semble jusqu'ici épargnée. Mais cinq autres champignons à «résistance primaire» y ont fait leur nid, totalisant 7 % des infections invasives à Paris, là encore chez les immunodéprimés.

Plus inquiétant peut-être, de nouvelles infections invasives touchent des patients dits immunocompétents. Aux Etats-Unis, la « fièvre de la vallée » ne cesse de progresser. Pour la seule Californie, les coccidioïdes cachés dans la terre, relâchés à la faveur de travaux d'aménagement ou agricoles, ont contaminé 7466 personnes en 2017. Au CDC d'Atlanta, on ne dispose d'aucune statistique nationale mais on parle de « centaines » de morts.

Moins meurtrière mais terriblement handicapante, une nouvelle forme de sporotrichose touche des dizaines de milliers de Brésiliens. Partie
de Rio, elle a conquis le sud du pays et gagne le
nord, essentiellement transmise par les chats.
«L'épidémie est hors de contrôle», assure Jacques
Meis. Et que dire de ces ouvriers de Saint-Domingue qui nettoyaient une conduite d'usine remplie
de guano de chauves-souris? «Ils étaient 35, jeunes, aucun n'était immunodéprimé, raconte Tom
Chiller, qui a publié le cas en 2017 dans Clinical
Infectious Diseases. Trente sont tombés malades,
28 ont été hospitalisés.» Le diagnostic d'histoplasmose n'a pas tardé. Neuf ont été admis en soins
intensifs. Trois sont morts.

Cette hécatombe mondiale n'a rien d'une fatalité, assurent les scientifiques. «La médecine moderne augmente les populations à risque, admet David Denning. Mais en améliorant le diagnostic et l'accès aux traitements, en développant la recherche, en réservant à la santé humaine les nouvelles molécules qui finiront par apparaître, on doit pouvoir réduire considérablement la mortalité des infections.» Doux rêve, répond Antoine Adenis. «La mycologie reste le parent pauvre de la microbiologie », regrette-t-il. Ainsi, pour la première fois cette année, Laurence Millon n'aura pas d'interne dans son service de Besançon. Et David Denning, qui gère son Gaffi avec des bouts de ficelle, de soupirer: « Quand un malade leucémique meurt d'une infection fongique, tout le monde parle du cancer à l'enterrement, personne des champignons. Et à qui pensez-vous que l'on fait les dons?» ■

NATHANIEL HERZBERG

UNE SPORE POUR SAUVER L'ARACHIDE

est une petite graine bleu cobalt qui pourrait bien révolutionner la consommation d'arachide en Afrique. Nommé Aflasafe, ce fongicide créé par l'International Institute of Tropical Agriculture (IITA), une organisation internationale à but non lucratif, membre du Groupe consultatif pour la recherche agricole internationale, est un biopesticide de nouvelle génération particulièrement efficace. «Il suffit d'épandre 10 kg par hectare de champ pour que son action fongicide réduise les toxines cancérigènes», explique Amadou Lamine Senghor, docteur en phytopathologie sénégalais chargé du transfert de la technologie.

Depuis une vingtaine d'années, les Etats d'Afrique de l'Ouest, et plus particulièrement le Sénégal, font face à un dilemme économique et sanitaire dont le coupable désigné est l'aflatoxine. Cette mycotoxine, produite par un champignon qui se développe dans de nombreux aliments tels les noix, le maïs, le riz, les fèves de cacao, les huiles végétales et les figues, possède des propriétés génotoxiques et carcinogènes inquiétantes. «Aspergillus flavus infecte la graine dès sa formation dans le sol, puis la contamination s'aggrave et se propage pendant le stockage lorsque les graines ne sont pas bien séchées et que la chaleur et l'humidité favorisent son développement », affirme M. Senghor.

Au Sénégal, où il n'existe aucune norme concernant les aflatoxines, la production arachidière en contient en moyenne entre 60 et 80 g/kg. Soit de 15 à 20 fois les limites réglementaires européennes, et de trois à quatre fois celles en vigueur aux Etats-Unis ou en Chine. Si bien qu'en 2016, sur 266 720 tonnes d'arachide produites, 14% seulement ont été exportées.

Augmentation des cancers du foie

A la consommation, aucune différence de goût. Mais l'aflatoxine peut affaiblir le système immunitaire de la femme enceinte et perturber la croissance de l'enfant en influant sur son ADN. «Dans le bassin arachidier sénégalais, on a des taux de cancers du foie qui ne cessent d'augmenter, car la majorité des plats sont à base d'arachide», soutient M. Senghor. La graine fait travailler 63% de la population agricole rurale, soit près de 4 millions de personnes.

Plusieurs méthodes – «aucune vraiment efficace», selon le D^r Senghor – ont été tentées pour détoxifier les tourteaux d'arachide. Jusqu'à ce que Peter Cotty, un chercheur américain de l'université de l'Arizona, trouve une nouvelle manière de combattre ce champignon. «Il a identifié et isolé les différentes variétés d'Aspergillus sécrétant de l'aflatoxine, puis a sélectionné celles qui, à cause d'un défaut génétique, n'en produisaient pas, tout en restant hautement compétitives, poursuit-il. Ainsi, proches de congénères produisant la toxine, elles ont la faculté de les supplanter. »

Peter Cotty et son équipe ont trouvé un moyen de produire industriellement ces spores sélectionnées. Ils les ont enrobées autour de graines de blé afin qu'Aspergillus flavus s'en nourrisse. Ainsi contaminées, elles sont épandues dans un champ. Les spores inoffensives le colonisent en détruisant les spores toxiques. En 2003, en collaboration avec le CottyLab, l'IITA a débuté l'adaptation de cette technologie également efficace sur le maïs à l'arachide, afin de la commercialiser en Afrique, avec le soutien de la fondation Bill & Melinda Gates et de l'agence américaine de développement Usaid. L'Aflasafe a été homologué en 2012, puis fabriqué dans les laboratoires de l'IITA à Ibadan au Nigeria.

La commercialisation de l'Aflasafe s'est ouverte en 2016 au Kenya, au Nigeria et en Gambie. Elle devrait aussi concerner prochainement le Ghana, la Zambie et la Tanzanie. Au Sénégal, une usine ouvrira en 2019 et produira 1600 tonnes du biopesticide par année. «Dans cinq ans, nous couvrirons environ 10% de la production totale d'arachides au Sénégal, avance Goulé Gueye, directeur adjoint de Bamtaare, l'entreprise possédant la licence. Cette production au taux d'aflatoxine ramené à 4 µg permettra la relance des exportations d'arachides vers l'Union européenne et diminuera le taux de cancers du foie chez les Sénégalais.» Aujourd'hui, on estime qu'environ 80% d'entre eux sont dus à l'aflatoxine. ■

MATTEO MAILLARD (DAKAR, CORRESPONDANCE)

LE LIVRE

Voyage au cœur du traumatisme

Mêlant récits de patients et théorie scientifiques, l'auteur nous plonge dans les arcanes du syndrome de stress post-traumatique

n Américain sur cinq [a été] sexuellement agressé dans son enfance, un sur quatre battu par un parent au point d'en garder la cicatrice, et un tiers des couples se livre à la violence physique. » Dès le prologue, Bessel van der Kolk, psychiatre américain d'origine néerlandaise, spécialiste du syndrome de stress post-traumatique et fondateur du Trauma Center de Boston, appuie là où ça fait mal. Pour lui, il y a urgence, il faut prendre en charge tous ces «traumatisés».

Dans ce livre, l'auteur parle à la première personne: parcours professionnel, échanges avec ses collègues, recherches scientifiques, questionnements personnels et professionnels se mêlent à une plongée dans les arcanes du syndrome de stress post-traumatique. A l'aide de métaphores parlantes, l'auteur parvient à vulgariser d'une manière assez spectaculaire les mécanismes cérébraux et physiologiques impliqués dans le traumatisme. Le thalamus devient le «cuisinier du cerveau»; l'amygdale le « détecteur de fumée »; et le cortex préfrontal médian la «tour de guet ».

Il file également la métaphore pour s'émerveiller de l'avènement des techniques d'imagerie cérébrale dans les années 1990: «La technique précédente [...] avait permis de voir ce qui nourrissait l'activité neuronale – un peu comme lorsqu'on tente de comprendre le moteur d'une voiture en étudiant l'essence. Avec la neuro-imagerie, on a pu mettre le nez dans le moteur. » Les histoires de ses patients, leur prise en charge, leurs difficultés et leurs progrès permettent de donner vie au propos du psychiatre. Il décrit longuement sa première expérience de médecin auprès d'anciens combattants du Vietnam, une étape fondatrice: «Ce sont Tom et les autres vétérans qui ont été mes premiers professeurs.»

Réparer les victimes

Le psychiatre se mue parfois en professeur d'histoire, nous entraînant à la rencontre de figures ayant contribué à la compréhension des traumatismes. Darwin, Pavlov, Porges, Bowlby, Winnicott... font partie de son panthéon. Nous suivons avec plaisir ces grands scientifiques non seulement grâce à la description de leurs découvertes, mais aussi à travers leurs citations. Et les littéraires ne sont pas en reste. A chaque début de chapitre, les déclarations scientifiques côtoient des passages de l'œuvre Macbeth de William Shakespeare, du best-seller Les Cerfs-Volants de Kaboul de Khaled Hosseini ou encore des vers du poète britannique John Keats.

Au détour de ces « anecdotes », l'auteur fait passer un message politique. La nécessité de prendre en charge les traumatismes infantiles et de développer des mesures de santé publique pour lutter contre ce fléau et « réparer » les victimes. Il explique aussi les méthodes qui permettent de guérir et termine sur une analyse positive de ses patients : «A mes yeux, leurs symptômes participent de leur force – des moyens qu'ils ont trouvés pour survivre. Malgré toutes leurs souffrances, ils sont souvent devenus des conjoints, des parents aimants [...] et des savants exemplaires. »

SARAH TERRIEN

Le corps n'oublie rien. Le cerveau, l'esprit et le corps dans la quérison du traumatisme, de Bessel van der Kolk (Albin Michel, 592 p., 27 €).

L'EXPOSITION

PHOTOGRAPHIE

De pôle en pôle, un monde disparaît

Le photographe et explorateur Sebastian Copeland propose un tour de la banquise en 80 clichés accrochés aux grilles du jardin du Luxembourg, à Paris. Face à la dégradation accélérée des glaces engendrée par le réchauffement climatique, son travail photographique « a pour ambition de créer un inventaire émotionnel du passage du temps ». > Jusqu'au 13 janvier 2019, rue de Médicis, Paris (6e), accès libre 24 h sur 24.

UN ROBOT VOLANT AUSSI AGILE QU'UNE MOUCHE

Il est 55 fois plus grand qu'une drosophile, mais il en reproduit la virtuosité aérobatique avec une fidélité qui fait mouche. Ce robot autonome, mis au point par Matěj Karásek (université de technologie de Delf, aux Pays-Bas) et ses collègues, n'a pas d'aileron et est dirigé uniquement grâce à des variations dans les battements de ses quatre ailes. L'engin a été optimisé pour bénéficier de petits moteurs électriques qui font office de muscles. D'une masse de 28,2 grammes pour 33 cm d'envergure, il produit 17 battements d'ailes par seconde pour rester en vol stationnaire. Sa batterie lui donne une autonomie de cinq minutes, de quoi parcourir un kilomètre - soit bien mieux que les robots actuels à vol battu qui, soit doivent être pilotés manuellement, soit doivent être reliés à une source d'électricité en permanence. Dans la revue Science du 14 septembre, les chercheurs montrent qu'il permet de reproduire et d'étudier la dynamique de vol des animaux exerçant un vol battu, qu'il s'agisse des colibris ou d'insectes manœuvrant pour échapper à un prédateur. (PHOTO: HENRI WERIJ)





DIX MILLE PAS ET PLUS

CONTRE L'OBÉSITÉ, DU SPORT AVANT, PENDANT ET APRÈS L'OPÉRATION

Par PASCALE SANTI

epuis plusieurs années, la chirurgie de l'obésité a le vent en poupe. Le nombre d'interventions a triplé en dix ans, pour atteindre environ 60000 personnes opérées en 2017, soit à ce jour environ 500000 personnes concernées. Mais, attention, les patients opérés ne sont pas toujours bien suivis... ou suivis tout court d'ailleurs. C'est l'un des constats du récent rapport de l'Inspection générale des affaires sociales (IGAS), qui formule des propositions.

Les bienfaits de l'activité physique dans la prise en charge de l'obésité sont bien établis: amélioration des capacités physiques, prévention d'autres pathologies (comme le diabète), action sur le maintien du poids. A l'inverse, on sait que la sédentarité agit sur le surpoids. Mais l'étude des effets d'une activité physique dans le cadre de la chirurgie bariatrique est plus récente.

Convaincu depuis longtemps du rôle positif de l'activité physique sur la santé, le professeur Jean-Michel Oppert à lancé une étude dans le service de nutrition de l'hôpital de la Pitié-Salpêtrière (AP-HP) qu'il

frant d'obésité sévère, opérées par bypass gastrique, ont été réparties en trois groupes, l'un avec un suivi classique, l'autre avec un suivi habituel et un apport en protéines et un troisième avec en plus un programme de renforcement musculaire, supervisé par des éducateurs sportifs. Au total, deux ou trois séances d'une heure chaque semaine portant sur le renforcement des grands groupes musculaires (entraînement en résistance).

Bien souvent, après une telle opération, les personnes mangent moins, et encore moins de protéines. Or elles sont nécessaires pour pallier la fonte musculaire, qui intervient lors de la perte de poids qui suit la chirurgie, et de façon parfois très importante. Il ressort que les personnes faisant du sport amélioraient spécifiquement leur force musculaire (jusqu'à 40%). En parallèle d'ailleurs avec les effets bénéfiques de la chirurgie sur la perte de poids (25% du poids initial en six mois), la perte de masse grasse (35% en six mois), l'augmentation de leur capacité physique d'endurance (VO₂ max augmentée de 15%) et leur qualité de vie, de plus de 25%. Des chiffres éloquents! Les résultats de dirige, avec les services de chirurgie du même hôpi- cet essai contrôlé randomisé vont être publiés protal et d'Ambroise-Paré. Soixante-seize femmes souf- chainement dans la revue américaine Obesity.

Parallèlement, l'équipe de Jean-Michel Oppert a réalisé une revue de la littérature scientifique, suivie d'une méta-analyse, publiée dans Obesity Reviews. Les résultats, qui portent sur quinze études, vont dans le même sens. Certes, l'effet sur le poids est modeste, avec une perte de 2,4 kg de plus avec l'activité physique, dans les six à vingt-quatre mois après l'opération, « mais l'effet sur la capacité physique est intéressant avec l'ajout d'un exercice structuré dans le suivi des patients », explique le professeur Oppert. Et c'est primordial.

Pour le professeur Olivier Ziegler, coordinateur du Centre spécialisé de l'obésité de Nancy (CHRU Nancy), il faut proposer l'activité physique avant, pendant et après la chirurgie bariatrique. En adaptant bien sûr le niveau à l'état psychologique, et à d'autres pathologies ou douleurs...

Plus largement, dans le cadre de l'obésité, il s'agit de remettre le corps en mouvement. Les recommandations internationales sont claires: le niveau d'activité physique nécessaire pour ne pas reprendre du poids est assez élevé: de 200 à 300 minutes d'activité modérée à intense chaque semaine. Le patient doit adopter un nouveau mode de vie, sur le plan de l'activité physique comme sur le plan alimentaire.

AFFAIRE DE LOGIQUE - N° 1068

Une descendance distinguée

Dans ce pays, tous les nombres sont des entiers positifs dont les chiffres (en numération décimale) sont différents de o. À chaque nombre de n chiffres, on associe ses (n-1) « descendants » : son fils, formé de tous les chiffres de son père, sauf le premier (à gauche), son petit-fils, formé de tous les chiffres de son grand-père, sauf les deux premiers, et ainsi de suite. Un nombre est dit « raffiné » quand il est multiple de son fils

- 1. Quel est le plus grand nombre raffiné dont tous les descendants d'au moins deux chiffres sont raffinés? Un nombre est dit « élégant » quand il est multiple de son petit-fils.
- 2. Quel est le plus grand nombre élégant dont tous les descendants d'au moins trois chiffres sont élégants ?

Pour participer au concours, répondre avant le 18 septembre minuit sur www.affairedelogique.com

FÊTE DE LA SCIENCE (2) RÉGION PAR RÉGION

Île-de-France

- Du 8/10 au 13/10 : Quincy-sous-Sénart, exposition « Un monde numérique »

- Du 8/10 au 19/10 : « Morceaux mathématiques choisis », collèges et lycées parisiens - Les 9/10 et 10/10 : (Musée des Arts et Métiers, Paris), conférences mathématiques et visite

guidée du musée. - Le 10/10 à Noisy-le-Sec, spectacle « Xayma ou les contes qui comptent » à la médiathèque Roger-Gouhier et goûter littéraire autour des maths à la médiathèque du Lon-

Auvergne-Rhône-Alpes - Le 9/10 à Lyon (bibliothèque municipale), conférence « Quand les maths nous content

- Du 6/10 au 13/10 à Grenoble (bibliothèque du campus de Saint-Martin-d'Hères), exposition « Joseph Fourier fête ses 150 ans ».

Bourgogne-Franche-Comté
- Tout le mois d'octobre : à Châlons-sur-Saône, bibliothèque de l'IUT, exposition « Faire de l'art avec des mathématiques » Hauts-de-France

- Du 6/10 au 13/10 à Maubeuge (Maison Folie), exposition « Petit carré deviendra cube », expériences mathématiques ludiques.

Deux programmations importantes: - Du 8/10 au 13/10 à Toulouse (centre culturel Henri-Desbals), Festival « En piste pour les mathématiques », grand événement autour des mathématiques et de l'informatique, organisé par l'association « Les maths en scène », avec le 11/10 à 20h30 une conférence « Maths et BD » et à 21h30 le spectacle « Pilouface » (compagnie L'Île logique).

Informations sur lesmathsenscene.fr - Dès le 01/10, à Beaumont-de-Lomagne (maison natale de Fermat), fête des maths avec de nombreux ateliers : le 02/10 « Les imitations en musique, de véritables transformations géométriques », le 06/10 « Maths et musique » (conférence et concert), le 07/10 la géométrie des métiers, le 12/10, conférence-show « Magimatique », « Danse hip hop Géométrie variable » et jusqu'au 29/10 l'exposition de Thomas Santini « Dessins, installation, mathématiques ».

www.fermat-science.com/agenda-manifestations Pays de la Loire

- Le 6/10 au Village des sciences de Laval, conférence de Frédéric Rosard : « Le nombre d'or, mythes et réalité »

affairedelogique@poleditions.com

Solution du problème 1066

1. Le mardi, le pharmacien peut obtenir que toutes les cases soient pépères en allumant au moins 6 lampes.

On remplit de proche en proche les cases avec o (éteinte) ou 1 (allumée), avec la contrainte de rendre toutes les lampes pépères. On obtient le tableau EB ci-contre où A, B, C, D et E prennent la valeur o ou 1 au choix et où la somme de deux valeurs est o quand elles sont égales et 1 sinon. Au moins une lampe

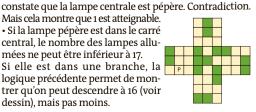


devant être allumée, on obtient le minimum en fixant B = 0 et en remplaçant une des 4 autres lettres (leurs positions sont symétriques) par 1 et les 3 autres par o. Il reste alors 6 lampes allumées (colorées en vert pour A = 1).

2. Le jeudi, le pharmacien peut obtenir qu'une seule case soit pépère en allumant au moins 16 lampes.

On montre d'abord (par l'absurde) qu'il ne peut pas n'y avoir aucune lampe pépère, en remplissant comme précédemment la branche 3 × 3 en haut de la croix, puis en débordant sur le haut du carré central avec une ligne 1 0 1. En tournant et en raisonnant de même sur les 3 autres branches, on

Mais cela montre que 1 est atteignable. • Si la lampe pépère est dans le carré central, le nombre des lampes allumées ne peut être inférieur à 17. Si elle est dans une branche, la logique précédente permet de montrer qu'on peut descendre à 16 (voir dessin), mais pas moins.







CARTE BLANCHE

Algorithmes: l'éthique n'est pas toute la question

Par NOZHA BOUJEMAA

éthique de l'intelligence artificielle (IA) et des algorithmes fait l'objet de nombreux questionnements ces derniers temps. Plusieurs rapports et études fleurissent à travers le monde sur le sujet mettant en exergue de nouvelles formes de discrimination et d'inégalité. Plusieurs voix s'élèvent, dans les sphères des services publics comme dans celles des entreprises privées, contre la «tyrannie» ou le «pouvoir» des algorithmes en appelant à plus de transparence et d'éthique et à la mise en place de garde-fous pour le respect des droits civiques et des libertés individuelles. Cette mouvance se développe depuis plus de deux ans déjà à l'international.

La France et l'Europe ont souvent été accusées de naïveté en se préoccupant d'éthique et moins de la création de valeur économique et du développement industriel, terrain de jeux trop souvent laissé aux acteurs industriels américains ou chinois. Ainsi, l'éthique des algorithmes et de l'IA est perçue par certains comme un frein au développement économique et au déploiement des technologies de l'IA, et considérée comme un ensemble de «bon sentiments» emphatiques et généreux qui n'engagent personne, en tout cas pas les fournisseurs des services numériques. En réalité, ce sont moins les principes éthiques des algorithmes qui comptent mais plus la confiance des citoyens et des professionnels qui en fait un facteur de compétitivité économique et non un frein.

Manque de maîtrise

Si l'on regarde de plus près, les risques négatifs de l'IA ne sont pas toujours issus d'une volonté de nuire, de discriminer sur un critère non avouable ou de contourner la réglementation en vigueur, mais parfois simplement d'un manque de maîtrise dans le déploiement de ces technologies très puissantes. En effet, un algorithme peut déboucher sur deux décisions différentes dans des situations comparables simplement parce qu'il est instable (non reproductible) ou vulnérable au bruit des données.

De manière plus générale, l'IA de confiance comporte deux volets: l'IA responsable, d'une part, et l'IA robuste et sûre, d'autre part. L'IA responsable est celle qui doit se conformer aux règles juridiques et aux règles éthiques. Dans ce cas, le comportement des algorithmes doit respecter, par exemple, la protection des données personnelles mais aussi les règles de concurrence entre les entreprises. Là encore, il y a une variabilité de réglementation d'un pays à l'autre, mais des efforts sont en cours à travers la Commission européenne et l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) pour un alignement international à ce sujet, ayant conscience que les services fondés sur des technologies de l'IA ne s'arrêtent pas aux frontières. La conformité aux règles éthiques signifie le respect des valeurs humaines comme la démocratie, la dignité humaine et l'autodétermination.

L'IA robuste est celle qui apporte les garanties d'un fonctionnement sûr des systèmes algorithmiques qui assureraient l'absence de biais ou de fragilité tout au long des phases d'une décision automatique.

Ces qualités engagent les producteurs de ces technologies dans tous les domaines: santé, banque et assurance, environnement, sécurité et défense, culture, etc. Elles ne se limitent pas à des qualités éthiques mais représentent un gage de «qualité de service » et de confiance dans leur usage.

Beaucoup reste à faire d'un point de vue recherche et innovation pour assurer l'alignement du progrès technologique de l'IA sur nos valeurs juridiques et éthiques. L'humain seul ne pourra pas effectuer ce contrôle des comportements algorithmiques sans l'aide d'autres algorithmes qui vont pouvoir mesurer et objectiver ces situations.

La confiance c'est bien, mais la preuve de la confiance c'est mieux! ■

Nozha Boujemaa

Directrice de recherche Inria, directrice de l'Institut Convergence DATAIA Sciences des données, intelligence & société

La lutte contre les maladies non transmissibles, une urgence sanitaire mondiale

TRIBUNE - Le diabète ou les maladies cardiovasculaires frappent désormais tous les pays, qu'ils soient à revenus élevés ou faibles. Ces pathologies sont aujourd'hui la principale cause de décès sur la planète

évolution de la consommation alimentaire et les modes de vie de plus en plus sédentaires ont un fort impact sur la santé humaine et sur l'environnement et renforcent les risques de développer des maladies non transmissibles (MNT), dont le diabète ou les maladies cardiovasculaires font partie.

Depuis plus de dix ans, elles sont devenues les principales causes de décès dans le monde, entraînant 15 millions de morts prématurées chaque année. Ces changements de modes de vie frappent aujourd'hui de plein fouet les pays à revenus faibles et intermédiaires. Contrairement aux idées recues, surpoids et obésité sont le lot d'un grand nombre d'habitants en Afrique de l'Ouest. Qui pourrait imaginer que 38 % des femmes en âge de procréer y sont déjà en surpoids et que 15% sont obèses.

L'augmentation de la consommation de matières grasses d'origine animale et d'aliments industriels, conjuguée à une urbanisation massive, source de changements de modes de vie plus propices aux MNT, sont les causes de ces transitions au niveau épidémiologique.

L'industrie agroalimentaire, moteur de ces changements, impacte la santé humaine mais aussi l'environnement. L'intensification des modes de production, la surconsommation de viande, l'utilisation massive de produits chimiques dans l'agriculture (glyphosate), l'utilisation de substances chimiques et d'emballages (phtalates) pour conserver les aliments ont un impact majeur sur l'environnement et participent aux fortes émissions de CO₂. En parallèle, trop de gras, de sucré, d'aliments trop riches en calories ainsi qu'une consommation importante de boissons sucrées et d'alcools ou d'aliments contaminés par des pesticides, associés à une baisse de l'activité physique, sont des facteurs de risques importants de MNT. Le diabète illustre parfaitement ce lien fort entre santé des populations et santé de notre planète et les défis liés.

En 2017, 425 millions de personnes vivaient avec le diabète; une personne en mourrait toutes les 6 secondes et la maladie a coûté 723 milliards de dollars. Le diabète est aussi la première cause de cécité, de mise sous dialyse ou d'amputations non traumatiques dans le monde. La Fédération internationale du diabète estime que d'ici 2045, on dénombrera 628 millions de malades, dont plus de 80% vivront dans les pays à faibles et moyens revenus. Le diabète touchera 42 millions de personnes en Afrique et coûtera 6,6 milliards de dollars au continent africain.

90% des cas de diabète seraient évitables avec des politiques de prévention ambitieuses visant à modifier les comportements alimentaires et la sédentarité. Malheureusement, cet objectif est encore un rêve. Pour les personnes qui souffrent déjà de diabète, les traitements sont extrêmement onéreux pour le patient, sa famille, mais aussi les gouvernements. Dans certains pays, ces traitements ne sont pas disponibles pour tous. Dans d'autres, ils sont disponibles mais le coût est un fardeau colossal. En Afrique, un médicament antidiabétique comme l'insuline n'est disponible que dans 40% des pays et à

90 % DES CAS DE DIABÈTE **SERAIENT ÉVITABLES AVEC DES POLITIQUES DE PRÉVENTION AMBITIEUSES**

un prix très élevé. Ainsi, au Mali, 56% des ménages avec un patient diabétique consacrent plus de 40 % de leurs revenus au règlement des soins de santé. Des politiques d'accès aux traitements sont donc indispensables.

La troisième réunion de haut niveau des Nations unies sur les MNT du 27 septembre est une chance unique pour les gouvernements de changer de paradigme en adoptant les décisions indispensables pour répondre à quatre grands défis: nourrir plus sainement la planète afin de réduire l'impact de la mauvaise alimentation sur la santé humaine et sur l'environnement; prévenir les maladies chroniques pour en diminuer le fardeau économique; fournir aux patients un accès aux traitements indispensables pour leur prise en charge à un coût abordable ou «gratuit » grâce à la couverture-maladie universelle; encadrer l'implication du secteur privé pour réduire les conflits d'intérêts et obtenir de réelles avancées sur la qualité des produits alimentaires et l'accès aux traitements.

Ces défis exigent de prendre des mesures urgentes: adopter, d'un côté, une fiscalité et des réglementations qui

garantissent une alimentation saine et écologique et, de l'autre, des taxes sur l'alcool et les boissons sucrées pour en diminuer la consommation (sur le modèle de la «taxe soda» en France); généraliser l'étiquetage sur le contenu des aliments (à l'instar du Nutri-score); interdire les publicités sur des aliments malsains ciblant les plus jeunes; adopter des mesures fiscales positives pour rendre moins chers les produits sains et aux bonnes qualités nutritionnelles; développer les programmes de prévention qui vont permettre aux consommateurs de réaliser de meilleurs choix alimentaires tout en garantissant des espaces de vie et de travail propices à la pratique d'une activité physique régulière; assurer l'accès à des traitements de qualité au moindre coût et les inclure, ainsi que les dispositifs médicaux nécessaires, dans les couverturesmaladie universelles; financer la réponse mondiale contre les MNT par un «trust fund » permettant de structurer une lutte efficace dans les pays disposant de trop faibles moyens et échanger les expertises pour soutenir les Etats dans leurs stratégies de lutte contre les MNT. ■

Collectif, dont Cynthia Fleury, philosophe, Cyril Dion, réalisateur et cofondateur du mouvement Colibris, Stéphane Besançon, directeur général de Santé diabète, Gaël Giraud, économiste, Pierre Salignon, Agence française de développement. Retrouvez l'intégralité des signataires sur Lemonde.fr

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 « LES DÉFIS DE LA SCIENCE »

Les émotions au cœur de l'apprentissage

omment les émotions influencent-elles l'acquisition de nos compétences? Un débat agite la communauté des sciences cognitives à ce propos. Une première théorie dite du cerveau «tri-unique» a été proposée dans les années 1970 par le neurobiologiste américain Paul MacLean. Elle suppose que le cerveau est organisé en trois couches héritées de l'évolution: au-dessous, le cerveau reptilien (le thalamus et une partie des ganglions de la base), qui gère des comportements instinctifs; au milieu, le système limbique (l'autre partie des ganglions de la base et les amygdales), qui traite la motivation et les émotions conduisant à des comportements alimentaires, reproductifs et parentaux; et enfin, au-dessus, le néocortex qui produit des opérations cognitives abstraites (planification, langage).

Processus d'inhibition

Elle postule que chaque système inhibe celui du dessous. Ainsi le système limbique entraînerait des réactions primaires fondées sur les émotions (plaisir, souffrance, peur), lesquelles seraient inhibées par le néocortex qui produirait des comportements plus élaborés. Selon cette théorie, l'acquisition d'une compétence se ferait en deux temps (apprentissage, puis expertise) contrôlés chacun par deux structures séparées : le système limbique, puis le néocortex, qui inhiberait le limbique. Et les troubles psychiatriques seraient dus à des défauts de ces processus d'inhibition.

Par exemple, ce serait parce qu'un patient n'arrive pas à contrôler ses émotions avec son système cognitif qu'il développerait des pathologies comme les troubles anxieux, les tocs (troubles obsessionnels compulsifs) ou les addictions. La théorie tri-unique a été largement diffusée en raison de son adéquation élégante entre structures cérébrales et fonctions ainsi que de quelques similitudes avec la théorie psychanalytique de Freud. Elle influence toujours fortement la psychologie et les sciences cognitives, avec l'idée que le néocortex est là pour inhiber les comportements émotionnels primitifs issus du système limbique.

Mais elle est largement battue en brèche aujourd'hui, notamment avec l'arrivée d'une nouvelle théorie sur les aptitudes, qui vient d'être publiée dans Progress in Neurobiology et qui replace les émotions au cœur du processus d'apprentissage. «Notre théorie prend à contre-pied celle du cerveau tri-unique», explique Thomas Boraud, directeur de recherche CNRS à l'université de Bordeaux. «Ce n'est pas l'inhibition qui permet au néocortex de contrôler les apprentissages, mais au contraire, c'est le système limbique qui permet au néocortex d'apprendre en s'appuyant sur les émotions, afin que les apprentissages s'automatisent sous forme d'expertise.»

Donc au lieu d'un système limbique inhibé par le cortex, on aurait au contraire un néocortex qui apprend sous le contrôle du système limbique. Et en phase d'automatisation, lorsque l'apprentissage est acquis, les signaux émotionnels du sys-

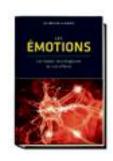


AGE FOTOSTOCK

tème limbique ne sont plus entendus par le néocortex. Ce renversement de paradigme est important dans la mesure où il montre une coopération fondée sur un fonctionnement en boucle entre systèmes limbique et cortical et non une compétition hiérarchique entre deux systèmes séparés. Il expliquerait l'un des paradoxes de la maladie de Parkinson. « On ne comprenait pas pourquoi la stimulation intracrânienne profonde permet de calmer les troubles moteurs des patients. En fait, c'est probablement parce qu'en supprimant des retours inappropriés de leur système limbique déréglé, elle leur permet de fonctionner avec l'expertise de mouvements acquise par leur néocortex avant d'être *malades »*, avance Thomas Boraud.

MARIE-LAURE THÉODULE

Pour accompagner la collection «Les défis de la science », chaque semaine, état des lieux d'une thématique de recherche.



9,99 €, en kiosque le 19 septembre.

Laelia Benoit, aux côtés des enfants face à la peur de l'école

PORTRAIT - Cette pédopsychiatre montre comment les sciences sociales éclairent l'étude de l'autisme ou de la psychose. Elle lance une enquête participative sans précédent sur la phobie scolaire

ous sommes la seule société qui ne donne pas de rites à nos adolescents. (...) Une civilisation qui ne se rend pas compte de ce besoin de croire de ses adolescents est en crise », déclarait la femme de lettres Julia Kristeva dans la série télévisée canadienne « Contact, l'encyclopédie de la création ».

Ce mot de philosophe, Laelia Benoit pourrait le reprendre à son compte... de pédopsychiatre et de sociologue. Une double casquette précieuse, dans un univers qui tend à favoriser les parcours ultraspécialisés. Une journée par semaine, la docteur Benoit consulte à la Maison des adolescents-Maison de Solenn (hôpital Cochin, AP-HP, Paris). Les quatre autres jours, elle les consacre à ses recherches dans une unité Inserm, au Centre de recherche en épidémiologie et santé des populations.

«Tout en étant clinicienne, Laelia Benoit a une vraie pensée de sociologue; c'est assez unique, salue le professeur Bruno Falissard, pédopsychiatre et directeur de ce centre de recherche. En même temps, elle est typique de cette nouvelle génération de pédopsychiatres français qui n'hésitent pas à croiser les regards sur un même sujet. Ils se demandent d'ailleurs comment leurs aînés ont pu en arriver là: à cette guerre permanente entre différents courants de pensée: psychanalyse, neurosciences, thérapies cognitives...»

Souriante et déterminée, Laelia Benoit, 30 ans tout juste, n'a pas perdu de temps. En parallèle de sa formation médicale, elle suit un master 1 de biologie moléculaire, puis un master 2 de psychologie... et un autre de sociologie en santé des populations et politiques sociales, à l'EHESS. Ces chemins de traverse – un exploit en soi –, la jeune pédopsychiatre les fait converger, ouvrant des perspectives inédites sur l'autisme, la psychose, la déscolarisation...

Laelia Benoit a ainsi lancé une enquête sur la phobie scolaire. Car, à l'heure où la plupart de nos jeunes ont retrouvé le chemin de l'école, d'autres s'y égarent. « Certains y voient un phénomène de mode. Pourtant, des enseignants expérimentés disent qu'ils ne voyaient pas tant de ces "refus scolaires" en début de carrière. »

Un exemple de recherche citoyenne

Coconstruite avec les familles, cette enquête « est un exemple de recherche citoyenne et participative », souligne la psychiatre. Y compris dans son financement, via la plate-forme philanthropique Thellie. Objectif: fournir un état des lieux de ce trouble en France, pour améliorer les interventions précoces auprès des enfants déscolarisés.

A cette fin, un questionnaire évalue l'impact social de la phobie scolaire. Les parents ont-ils dû aménager leur temps de travail? Se sont-ils sentis soutenus par l'école, par les professionnels de santé? Ont-ils dû faire appel à des prestations de soins non remboursées? Mais aussi: quels sont les profils de ces jeunes? A quel âge est apparu leur blocage? Quelles en ont été les causes, que l'on sait très variées: harcèlement, troubles des apprentissages, troubles anxieux ou dépressifs, angoisse de séparation d'avec la famille, pression scolaire...? Quelles prises en charge, quelle éducation ont été proposées? Et comment l'enfant s'en est-il sorti?

« C'est la plus grosse étude sur le sujet menée en France », se réjouit Luc Mathis, président de l'Association phobie scolaire, qui a participé à l'élaboration du questionnaire. Déjà diffusé auprès des familles de cette association, l'éducation nationale pourrait contribuer à élargir sa distribution dans les collèges et lycées de six académies.

«La phobie scolaire est toujours un peu suspecte, déplore Luc Mathis. On la voit tantôt comme un caprice de l'enfant, tantôt comme un effet d'une famille dysfonctionnelle. En réalité, c'est un problème mal compris. D'où l'importance de ces recherches.»

Laelia Benoit partage un constat récurrent : la société change plus vite que l'école. « Nous aurons besoin de gens qui sauront s'adapter à ce monde moins stable. Cela peut engendrer de l'insécurité. D'où l'importance d'un socle humain sécurisant. » Nos enfants doivent aussi apprendre à apprendre, à rebondir après un échec, à innover...

Autre sujet complexe: l'autisme. En 2017, Laelia Benoit publie un Rapport d'évaluation sur le parcours précoce des enfants avec troubles du spectre de l'autisme (...) en Pays de la Loire. Partant des témoignages des parents, ce rapport révèle des difficultés inattendues. Un



Laelia Benoit, à Paris, le 28 février 2017.

exemple: «Malgré les politiques de sensibilisation sur l'autisme, les parents rencontrent encore des généralistes dont le manque de formation retarde la prise en charge.»

Laelia Benoit s'intéresse aussi à la psychose. En 2017, elle publie dans *PloS One* un travail suggérant pourquoi le diagnostic précoce du risque de psychose est peu implanté en France. «Ce risque paraît trop incertain aux psychiatres pour être annoncé, du fait du jeune âge de leurs patients.» Par ailleurs, la France bénéficie d'une meilleure couverture des frais de santé que ses voisins. Les patients n'ont donc pas besoin de déclarer un diagnostic de risque à leur mutuelle – ni les médecins de leur annoncer. Du coup, «ils peuvent prendre en charge discrètement ces jeunes à risque».

Envie d'un travail relationnel

En 2018, elle montre, avec Valentina Deriu et Marie-Rose Moro (directrice de la Maison de Solenn), que le courant international qui encourage les interventions précoces dans la psychose s'est construit en ignorant les minorités ethniques et les migrants. Or, ces populations aussi peuvent être touchées! «Il faudrait, par exemple, leur proposer la présence d'interprètes médiateurs culturels, lors du bilan psychologique.»

D'où vient cet intérêt de Laelia Benoit pour les jeunes en difficulté? «Mon père est radiologue et ma mère était psychologue. Voilà pour l'interprétation bourdieusienne», explique-telle. Enfant, elle voulait «être écrivain». Mais elle suit la filière scientifique des – très – bons élèves. Lycéenne dans un établissement de prestige (Louis-le-Grand, à Paris), elle expérimente ce paradoxe: une exigence d'excellence, couplée à une confrontation avec ses propres limites – ou vécues comme telles. «Elle aborde aujourd'hui avec d'autant plus d'empathie les difficultés des ados confrontés à la pression scolaire», relève François Taddei, qui dirige le

Centre de recherches interdisciplinaires (CRI), à Paris, consacré aux nouvelles manières d'apprendre. Après le bac, ce sera finalement la médecine, « par envie d'un travail relationnel ». Sa rencontre avec la psychiatrie scellera sa voie. « J'y étais comme un poisson dans l'eau. »

Son ouverture d'esprit vient de loin. «Ma mère était brésilienne, d'où mon intérêt pour d'autres cultures. C'est ce qui m'a amenée à la sociologie.» Ardente militante du déploiement des sciences humaines et sociales en médecine, elle juge «les méthodes qualitatives, centrées sur les pratiques quotidiennes des gens, pertinentes pour toutes les questions de santé publique qu'on ne sait pas résoudre».

En 2016, elle a bénéficié d'un des rares postes d'accueil Inserm, «pour lesquels les exigences scientifiques sont très élevées», relève Bruno Falissard. «Très compétente, elle sait gagner la confiance de ceux avec qui elle travaille. Adaptable, elle peut aussi bien travailler dans un monde hiérarchisé que plus horizontal», estime François Taddei. Tous saluent son leadership, son art de faire travailler les gens ensemble. «Elle est parfois un peu cash. Elle dit ce qu'elle pense, d'où un risque de retour de bâton, ajoute Bruno Falissard. Mais, comme elle travaille beaucoup, le risque est limité.» Luc Mathis, quant à lui, apprécie son côté «naturel et humain».

Cela reste compliqué d'être une femme et de vouloir faire une carrière, glisse-t-elle. «Les attentes à notre égard restent contradictoires. D'un côté, on nous demande d'adopter certains canons masculins comme l'autonomie. De l'autre, on se méfie de nous.»

Férue de voyages, cette hyperactive s'est mise à la danse classique à l'âge de 20 ans. Elle adore l'univers du médecin romancier Mikhaïl Boulgakov, auteur du *Maître et Marguerite* (1967), au ton burlesque et fantastique, critique sociale et roman d'amour. Ou encore la correspondance de Camus et Maria Casarès.

FLORENCE ROSIER



VIE DES LABOS

Le plan qui fait trembler les revues

nze agences de financement européennes, baptisées cOAlition S, ont annoncé le 4 septembre un « Plan S », dont l'objectif est de changer radicalement les règles de publication des travaux scientifiques qu'elles financent. Après le 1er janvier 2020, les résultats d'équipes soutenues notamment par l'Agence nationale de la recherche en France (ANR) et le Conseil européen de la recherche (ERC) devront ainsi être publiés dans des journaux en open access, en lecture gratuite.

Les journaux qui publient en open access sont financés soit par des frais de publication payés par les organismes de rattachement des chercheurs, soit par des sociétés savantes ou des institutions, soit par des services connexes payants (accès aux statistiques de l'article...).

Ce modèle s'oppose à celui des revues par abonnement, pour lesquelles la lecture est payante (et la publication gratuite). Il existe aussi un système «hybride»: le journal est payant mais certains articles sont gratuits (si l'institution d'origine des auteurs a payé pour cela).

La cOAlition S, qui pourrait s'élargir, refuse clairement ces deux derniers modèles. Elle s'oppose aussi à ce que la «gratuité» ne soit accordée qu'après un délai de six à douze mois après la publication, comme certains journaux l'autorisent. Au total, selon l'Association internationale des éditeurs scientifiques, techniques et médicaux (STM), 85% des journaux se trouveraient en fait exclus.

Marc Schiltz, président de Science Europe, l'association qui fédère la plupart des agences de financement européennes, à l'origine du Plan S, explique: «L'accès libre à la connaissance pour tous est fondamental. Nous voulons que la transition vers l'open access, dont on parle depuis quinze ans, devienne une réalité.»

Sans surprise, les grands éditeurs des revues scientifiques ont déjà protesté. L'association STM, dans un communiqué, invite à *«faire attention à ces changements qui limiteraient la liberté académique»*; les chercheurs ne pourraient plus choisir où publier, y compris dans les journaux réputés de leurs domaines.

De gros profits pour les éditeurs

L'éditeur Springer Nature, qui déclare être le premier acteur de l'open access avec 30 % de la production mondiale, regrette que la cOAlition S « refuse les journaux par abonnement ou ceux dits "hybrides" ». L'American Association for the Advancement of Science, éditeur du célèbre journal Science, craint que le Plan S ne « nuise à la qualité des journaux (...) et ne casse la communication entre chercheurs ». Science, diffusé exclusivement sur abonnement (mais qui rend gratuits au bout d'un an ses articles), se trouve de facto exclu du Plan S.

«L'écosystème de publications profite à de gros éditeurs qui ne risquent pas d'être trop déstabilisés. L'argent public n'est pas là pour générer des marges de 35% à 40%, rétorque Marc Schiltz. C'est notre droit de fixer un cadre réglementaire. Aux éditeurs de s'adapter, et ils y arriveront. » Le Plan S a prévu de laisser aux chercheurs la possibilité de publier dans des journaux «non open access» à condition également de mettre en ligne leurs articles sur des sites dits «d'archives ouvertes» ou «preprint», accessibles gratuitement.

Des chercheurs aussi critiquent ce plan, comme par exemple un groupe signataire d'un texte qualifiant le Plan S de « trop risqué ». «Nous défendons l'open access depuis longtemps, mais ce plan va créer des problèmes et aura de graves conséquences», indique Lynn Kamerlin, biochimiste à l'université d'Uppsala (Suède), à l'origine de ce texte. Parmi les reproches, l'entorse à la liberté académique, des craintes sur la qualité des journaux favorisés par le Plan S ou encore l'exclusion de certains acteurs (chercheurs de pays en voie de développement, mal dotés ou retraités), incapables de payer des frais de publication. Le Plan S, selon eux, favoriserait une seule voie pour l'open access, celle passant par les frais de publication. Or, cette solution peut s'avérer plus coûteuse au total que les abonnements, dont les montants inflationnistes ont justement été la cause d'une crise qui a conduit au développement de... l'open access. « Nous nous sommes bien gardés de définir telle ou telle voie de l'open access », rassure Marc Schiltz, qui rappelle que la publication dans deux tiers des journaux en open access est gratuite.

Pour Toby Green, spécialiste du monde de l'édition scientifique, le Plan S n'est pas assez clair et « ne réglera pas les problèmes critiques de l'inflation des coûts », même si ses promoteurs promettent de travailler à un plafond des frais de publication.

DAVID LAROUSSERIE