

# Un jeu de taquin bien taquin

**L**es nombres se nichent partout, et notamment dans de nombreux jeux, les articles du *Hors-Série* n° 103: «L'ordre caché des nombres» en faisaient la démonstration. Ainsi en va-t-il du jeu de taquin, constitué de 15 petits carreaux numérotés qui, en les faisant glisser dans un cadre prévu pour 16, doivent être remis dans l'ordre. Depuis son invention, en 1870, aux États-Unis, il a fait l'objet de nombreuses études mathématiques, parfois dans une version généralisée (de  $n \times n$  cases, plutôt que  $4 \times 4$ ), pour par exemple minimiser le nombre de déplacements nécessaires à sa résolution à partir des plus de  $10^{13}$  dispositions solubles pour  $n = 4$  (il en existe autant d'insolubles).

Yang Chu et Robert Hough, de l'université de Stony Brook, dans l'État de New York, ont pris le problème à l'envers: combien de déplacements faut-il pour donner à un jeu ordonné une configuration aléatoire? Le mathématicien et magicien américain Persi Diaconis avait conjecturé en 1988 qu'il fallait  $n^3$  déplacements. Rendre aléatoire un jeu de taquin se fait pas à pas, l'ordre disparaissant progressivement. Pour étudier un tel phénomène, où un état du jeu donné ne dépend que du précédent, l'outil mathématique adapté est la chaîne de Markov. Plus précisément, les mathématiciens se sont intéressés aux matrices de transition qui rendent compte, dans les chaînes de Markov, de la probabilité de passer d'une configuration à une autre. En les analysant, ils ont montré que le nombre de déplacements nécessaires à «randomiser» un jeu est de  $n^4$ , lorsque par «aléatoire», on entend la définition suivante: chaque carreau numéroté a autant de chances de se retrouver à un emplacement donné que les autres. C'est encore plus ( $n^4 \log n$ ) avec une définition plus stricte. Dans tous les cas, c'est plus long que ne le prévoyait Persi Diaconis.

À quoi bon s'adonner à de tels travaux anodins? C'est que des processus similaires au brouillage du jeu de taquin sont à l'œuvre dans des phénomènes importants, comme la fonte des glaces, l'apparition de mutations dans l'ADN... mais je vous taquine! ■

LA PUBLICATION DE Y. CHU ET R. HOUGH :  
[HTTPS://ARXIV.ORG/ABS/1908.07106](https://arxiv.org/abs/1908.07106)

# Remonter le cours du plastique

La fondation Tara Océan a étudié les neuf principaux fleuves d'Europe: tous sont contaminés par le plastique qui se déverse ensuite dans les océans.



La pollution par le plastique des océans dans les fleuves qui s'y déversent.

**L**e *Hors-Série* n° 104: «Océans. Le dernier continent à explorer» alertait sur la pollution des mers par le plastique, qui ne cesse de s'intensifier. Les fleuves ne sont pas en reste, la dernière expédition de la fondation Tara Océan, coordonnée par le CNRS, vient de le montrer. La goélette Tara a sillonné pendant six mois les façades maritimes européennes permettant à son équipage d'analyser quelque 2700 échantillons prélevés en 45 sites dans 9 fleuves importants. Les résultats sont sans appel: les microplastiques sont omniprésents, pas un des échantillons n'en était exempt! C'est une mauvaise nouvelle tant ces débris ont un impact important sur toute la chaîne alimentaire.

On retrouve des microbilles en provenance de certains cosmétiques et dentifrices... ainsi que des fragments de quelques millimètres nés de la décomposition de déchets plastiques sous l'effet du soleil et du brassage mécanique par l'eau. C'est un premier enseignement, car on imaginait que cette transformation avait lieu en mer. Elle est plus précoce que prévue.

Autre nouvelle d'importance, nombre de ces microplastiques captent et concentrent les polluants qu'ils rencontrent dans l'eau. Ainsi, ils ne sont pas simplement une source de substances toxiques, quand ils les relarguent une fois immergés, mais aussi un véhicule emportant vers les océans des composés néfastes présents dans les fleuves (pesticides, hydrocarbures, métaux lourds...).

Les analyses vont se poursuivre afin de remonter les voies principales de pollution, et éventuellement, les contrer. Les mécanismes de la fragmentation seront aussi explorés. Par ailleurs, des travaux de séquençage s'attacheront à identifier la «plastisphère», c'est-à-dire l'ensemble des microorganismes qui colonisent ces minuscules bouts de plastiques. En fin de compte, les microplastiques forment un triple polluant: le plastique en lui-même, les composés toxiques charriés et les microorganismes parfois toxiques embarqués.

Pour rappel, chaque année, 8 millions de tonnes de plastiques sont rejetées en mer, dont 80% proviennent des terres. ■

LE COMMUNIQUÉ DE TARA: [HTTP://BIT.LY/TARA-MIC](http://bit.ly/tara-mic)

HORS-SÉRIE N° 102 : MÉMOIRE

# Alzheimer, une nouvelle cause identifiée

Les particules fines émises par les voitures et les usines augmenteraient le risque de développer la maladie d'Alzheimer.

**L**es médecins n'ont de cesse de comprendre les causes de la maladie d'Alzheimer et le *Hors-Série* n° 102: «Les mutations de notre mémoire» relatait par le détail leurs efforts. Diana Younan, de l'université de Californie du Sud, à Los Angeles, et ses collègues ont exploré une piste inédite: l'influence des particules fines présentes dans l'atmosphère.

Près de 1000 femmes, âgées de 73 à 87 ans, suivies par imagerie médicale (IRM) dans le cadre d'études au long cours (inscrites dans le programme Women's Health Initiative) ont été sollicitées. À partir des données de l'Alzheimer's Disease Neuroimaging Initiative (qui collecte en grand nombre d'informations relatives à la maladie), un algorithme d'apprentissage automatique a attribué à chacune des participantes, sur la base de ses IRM, une «note» évaluant son profil Alzheimer, soit une estimation du risque de développer la maladie. Par ailleurs, à partir des témoignages (lieux de vie, déménagements...) et de données publiques, les chercheurs ont reconstitué l'environnement atmosphérique des femmes afin de déterminer une concentration moyenne (sur trois ans) de particules fines auxquelles elles ont été exposées.

Rappelons que les particules sont dites fines lorsque leur diamètre est inférieur à 2,5

micromètres (soit 1/30<sup>e</sup> de la largeur d'un cheveu humain). Elles sont émises principalement par les gaz d'échappement des voitures et des usines. Ces polluants sont connus pour favoriser l'asthme, les maladies cardiovasculaires, les maladies pulmonaires...

L'équipe de Diana Younan montre que plus la concentration de particules fines subies est élevée, plus la mémoire immédiate et les processus d'apprentissage des femmes suivies sont altérés. Le risque de maladie d'Alzheimer augmente également, et ce, même en écartant l'effet d'autres facteurs, comme le tabagisme, les niveaux de revenus et d'éducation, les antécédents d'accidents vasculaires cérébraux. L'exposition aux particules fines favorise bel et bien, en elle-même, le déclin cognitif. Elles pénétreraient dans le cerveau, en franchissant la barrière hématoencéphalique et provoqueraient une atrophie de la matière grise (le cœur des neurones du cerveau).

Selon Andrew Petkus, l'un des auteurs de l'étude, ces résultats apportent une nouvelle pièce au puzzle que constitue la maladie d'Alzheimer, en identifiant un nouveau facteur de risque. Protégez-vous, respirez de l'air pur! ■

D. YOUNAN ET AL., *BRAIN*,  
PRÉPUBLICATION EN LIGNE, 2019

**Alerte pollution!** Les particules fines endommagent le cerveau et nuisent à la mémoire, voire favorisent le développement de la maladie d'Alzheimer.



## La troisième somme de trois cubes de 3

**U**n simple nombre, voire un chiffre est capable de mettre en émoi la communauté des mathématiciens, plusieurs exemples figuraient dans le *Hors-Série* n° 103: «L'ordre caché des nombres». Un exemple ? 3 ! Oui, 3. Les mathématiciens Andrew Booker et Andrew Sutherland viennent de découvrir une nouvelle façon de l'exprimer comme la somme de trois cubes. Les deux premières sont simples :  $3 = 1^3 + 1^3 + 1^3 = 4^3 + 4^3 + (-5)^3$ . La troisième l'est un peu moins... car elle recourt à des nombres de 19 à 21 chiffres ! Les techniques employées avaient récemment fait leurs preuves avec 33 et 42, les deux seuls nombres inférieurs à 100 pour lesquels on ne connaissait pas la somme de trois cubes correspondante. Peut-être y en a-t-il une quatrième, à vous de jouer !

LA VIDÉO OÙ LES RÉSULTATS SONT PRÉSENTÉS :  
[YOUTU.BE/GXHZZAEM7K0](https://youtu.be/GXHZZAEM7K0)

## Des antibiotiques à la mer

**L**es océans sont une source inépuisable de composés, le *Hors-Série* n° 104: «Océans. Le dernier continent à explorer» en apportait la preuve. Les résultats de Christian Jogler, de l'université Radboud, à Nijmegen, aux Pays-Bas le confirment. Avec ses collègues, ils se sont intéressés aux planctomycètes, des bactéries aquatiques, dont ils ont réussi à cultiver 79 souches, déjà une prouesse en soi. Premier résultat, plusieurs mécanismes de division identifiés sont inédits. En outre, parmi les composés fabriqués par ces microorganismes, plusieurs sont dotés de propriétés antibactériennes. Les planctomycètes gagnent à être connus !

S. WIEGAND ET AL., *NATURE MICROBIOL.*, PRÉPUBLICATION EN LIGNE, 2019