

Un jeu de taquin bien taquin

Les 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 4×4), 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! ■

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.

Le *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. ■