

HORS-SÉRIE N° 104 : OCÉANS

Corail : un problème de synchronisation

Le réchauffement climatique et d'autres facteurs font peser une menace jusqu'alors insoupçonnée sur les récifs coralliens : l'asynchrone libération des gamètes, qui nuit à leur reproduction.

L'avenir incertain des récifs coralliens était une des préoccupations du *Hors-Série* n° 104 : «Océans. Le dernier continent à explorer». De fait, les menaces qui pèsent sur ces édifices et les organismes qui les produisent sont légion : la surpêche, la pollution, l'acidification des océans, le réchauffement des eaux océaniques... Tom Shlesinger et Yossi Loya, de l'université de Tel Aviv, en Israël, viennent d'ajouter un nouveau péril à la liste. Et il est particulièrement sournois.

Au début de l'été, la nuit, les eaux chaudes qui abritent le corail se voient soudain troublées. C'est que les coraux, le plus souvent hermaphrodites, ont pondu. La mer se remplit de millions d'ovules colorés (rose, vert, jaune...) ainsi que de nuages géants de spermatozoïdes. Les gamètes remontent vers la surface en une neige inversée et, au gré des rencontres, fusionnent en œufs, de futurs petits polypes qui iront construire de nouveaux édifices. La saison des amours est brève, quelques heures pendant une ou deux nuits. La synchronisation de la libération des deux types de gamètes est donc cruciale. Sa réussite repose sur des réglages précis à plusieurs échelles de temps : de celle du mois pour la gamétogenèse à celle de la minute pour la libération des gamètes. Cette belle mécanique est désormais grippée.

Les deux biologistes ont suivi pendant plusieurs années des récifs, en mer Rouge, à Eilat et à Aqaba, et ont comparé les données recueillies au même endroit il y a trente ans. Le constat est accablant. Pour trois des cinq espèces suivies, la synchronicité de la libération des gamètes est perdue. Plus précisément, les coraux fraient petit à petit et sur une période s'étalant jusqu'à deux mois, plutôt qu'en une seule fois. Les chances de fertilisation sont drastiquement diminuées, et la survie des espèces menacée.

Comment expliquer ce dérèglement ? Selon les auteurs de l'étude, on peut incriminer le réchauffement des eaux, et vraisemblablement la pollution qui perturberait le cycle hormonal du corail. La pollution lumineuse pourrait, elle aussi, être en cause.

Le danger est insidieux, car «le récif lui-même n'est pas menacé», explique Tom Shlesinger. «Mais certaines espèces qui semblent actuellement abondantes pourraient bien disparaître d'ici à quelques décennies, faute de pouvoir se reproduire. On peut aussi craindre que la désynchronisation ne commence à toucher d'autres espèces et d'autres régions du globe.» Sale temps pour le corail ! ■

T. SHLESINGER ET Y. LOYA, *SCIENCE*, VOL. 365, PP. 1002-1007, 2019

Les premiers ovules de ce corail sont libérés en mer. Ont-ils une chance d'être fertilisés ?



Dépression et bains de forêts

Les bienfaits des bains de forêts, (*Shinrin-yoku* en japonais) étaient vantés dans le *Hors-Série* n° 101 : «La révolution végétale». Akemi Furuyashiki et ses collègues de l'université de Hiroshima, au Japon, viennent d'en apporter une nouvelle preuve. Ils ont suivi quelque 155 travailleurs, dont 37% présentaient des tendances dépressives, après de tels bains de forêts, et ont comparé les bienfaits de ce séjour dans les deux groupes. Tous les participants ont vu leur tension artérielle et leur pouls s'améliorer. Et surtout, l'humeur (mesurée par des tests calibrés) des travailleurs dépressifs a retrouvé les niveaux mesurés chez les autres individus.

A. FURUYASHIKI ET AL., *ENVIRON. HEALTH PREV. MED.*, VOL. 24(1), 46, 2019

Approcher π

Le nombre π était une des stars du *Hors-Série* n° 103 : «L'ordre caché des nombres» où l'on s'intéressait notamment aux façons de l'approcher par des nombres rationnels comme $22/7$, $355/113$... La qualité de ces approximations est au cœur de la conjecture proposée en 1941 par Richard Duffin et Albert Schaeffer, qui vient d'être démontrée par James Maynard et Dimitris Koukoulopoulos. En 1837, Dirichlet avait montré que pour tout irrationnel, il existe une infinité de fractions qui l'approchent autant qu'on le souhaite, à mesure que le dénominateur augmente. La conjecture Duffin-Schaeffer approfondit cette relation entre précision de l'approximation et taille du dénominateur. Elle entraîne notamment l'alternative suivante : selon les paramètres choisis, vous pouvez approcher soit presque tous les irrationnels, soit quasiment aucun. La démonstration explique cette dichotomie. L'usage de graphes pour parvenir à ce résultat de théorie des nombres a surpris la communauté, peut-être plus encore que le résultat lui-même !

D. KOUKOULOPOULOS ET J. MAYNARD, [ARXIV.ORG/ABS/1907.04593](https://arxiv.org/abs/1907.04593)

Alzheimer, entre le gris et le blanc

Conséquence du vieillissement de la population, la maladie d'Alzheimer touchera de plus en plus d'individus à travers le monde, rappelait le *Hors-Série* n° 102: «Les mutations de notre mémoire». Il importe donc de bien comprendre l'évolution de la maladie et de poser un diagnostic le plus tôt possible pour espérer, un jour, la traiter, quand des traitements auront été mis au point. Jie Zhao, de l'université Hebei, à Baoding, en Chine, ont exploré une piste inédite.

On s'attend à ce que la matière grise du cerveau (elle réunit l'ensemble des corps cellulaires des neurones) soit la plus intensément touchée dans le déclin cognitif. Ce n'est pas le cas. Plusieurs anomalies de la substance blanche (principalement composée des axones des neurones) ont été associées à la maladie d'Alzheimer. En outre, les signes caractéristiques de la maladie (les peptides bêta-amyloïdes qui s'accumulent en plaques et les protéines tau hyperphosphorylées) se trouvent aussi bien dans la substance blanche que la matière grise. Les liens entre substance blanche et matière grise dans la maladie d'Alzheimer sont plus profonds encore.

Par diverses méthodes d'imagerie, les biologistes chinois ont comparé les cerveaux de malades à ceux d'individus sains. Les résultats montrent une notable différence de connectivité fonctionnelle (des liens entre zones partageant des fonctions identiques) entre la substance blanche et la matière grise, un peu partout dans le cerveau, comme si, à mesure que la maladie progresse, le cerveau se séparait en deux zones...

Selon les chercheurs, le suivi par imagerie de cette connectivité fonctionnelle serait un biomarqueur important de l'évolution de la maladie, et ce, dès les premiers stades. ■

J. ZHAO ET AL., *BRAIN BEHAV.*,
PRÉPUBLICATION EN LIGNE, 2019

La vie, l'univers, le reste... et la somme des cubes

Le nombre 42 est bien la somme des cubes de trois entiers. C'était le dernier nombre inférieur à 100 pour lequel ce n'était pas prouvé.



Le nombre 42 a été le dernier (parmi ceux inférieurs à 100) à livrer les trois nombres dont il est la somme des cubes.

Il est des nombres qui se distinguent des autres sans en avoir l'air, et le *Hors-Série* n° 103: «L'ordre caché des nombres» racontait les secrets de quelques-uns. Ainsi en va-t-il de 42! Pour quelle raison? Il est certes la réponse à la grande question sur la vie, l'univers et le reste qui est posée dans le *Guide du routard galactique*, de Douglas Adams, mais il est aussi, parmi les entiers inférieurs à 100, le seul pour lequel on ignorait s'il était la somme de trois cubes. Il vient de rentrer dans le rang grâce aux efforts d'Andrew Booker, de l'université de Bristol, en Grande-Bretagne. Ce mathématicien a en effet trouvé les trois entiers x, y et z , tel que $x^3 + y^3 + z^3 = 42$.

Le problème avait été posé en 1954 par Louis Mordell, de l'université de Cambridge. Les cas simples ont été rapidement résolus et les cas impossibles écartés. Ces derniers consistent en tout nombre égal à 4 ou 5 modulo 9, c'est-à-dire ceux dont le reste de la division par 9 est égal à 4 ou 5: soit 4, 5, 13, 14, 22, 23... Mais certains nombres ont longtemps résisté aux assauts des mathématiciens. Une solution pour 74 a été trouvée en 2016, et une autre pour 33 seulement en mars 2019, restait 42. Pour en venir à bout, Andrew Booker a utilisé un algorithme de sa composition, avec lequel il avait déjà fait tomber 33. Cependant, le superordinateur de son université était impuissant pour 42. Il s'est alors tourné vers Andrew Sutherland, du MIT, un spécialiste du calcul parallèle, et a avec lui utilisé Charity, un «ordinateur virtuel international» fonctionnant avec les disponibilités de 500 000 ordinateurs personnels. Après l'équivalent de millions d'heures de calcul, la réponse est tombée. $42 = (-80538738812075974)^3 + 80435758145817515^3 + 12602123297335631^3$.

Et à l'instar de celui du *Guide du routard*, l'ordinateur est formel: «J'ai vérifié très soigneusement et c'est incontestablement la réponse exacte.» Le problème reste désormais ouvert pour quelques nombres inférieurs à 1000: 114, 165, 390, 579, 627... ■

LE COMMUNIQUÉ DE L'UNIVERSITÉ DE BRISTOL: [HTTP://BIT.LY/UB-QUAD](http://bit.ly/ub-quad)