

CARTE  
BLANCHEPi, irrationnel  
et transcendant

Par ÉTIENNE GHYS

Le mois de mars sera riche en événements mathématiques destinés au grand public. Sous le parrainage du ministère de l'éducation nationale, la Semaine des mathématiques, du 13 au 19 mars, proposera toute une série d'animations et de spectacles un peu partout en France. Le tout sera clôturé par le forum Mathématiques vivantes, à Lille, Lyon, Rennes et Toulouse. Hélas, étant donné l'actualité politique, il y a fort à parier que les médias ne relayeront pas beaucoup ces activités.

La date du 14 mars s'écrit  $3/14$  à l'américaine, où il est de coutume d'écrire le mois avant le jour. C'est l'occasion de faire la fête au fameux nombre  $\pi$ , ce nombre qui vaut à peu près 3,14, qui rappelle l'école primaire et le périmètre du cercle. Une association de doctorants marseillais organise la *Tournée de  $\pi$* , un spectacle musical mathématique, le 14 mars au Théâtre des Variétés, à Paris, le 16 au Silo de Marseille et le 19 au Transbordeur de Lyon.

Comment est-il possible d'être fasciné par un nombre? Est-ce parce que  $\pi$  est irrationnel, c'est-à-dire qu'il n'est pas une fraction (même si beaucoup de mes lecteurs pensent peut-être à  $22/7$ )? Le mot irrationnel pourrait surprendre dans un contexte mathématique, où tout est en principe rationnel. Est-ce parce que  $\pi$  est transcendant, c'est-à-dire qu'il ne satisfait aucune équation polynomiale à coefficients entiers? C'est d'ailleurs cette propriété qui a permis de montrer, en 1882, que la quadrature du cercle est un problème insoluble. Cette fois, la transcendance nous approche presque du divin...

Les anecdotes sur ce nombre ne manquent pas. En 1889, le «mathématicien» américain Edwin Goodwin «démontra» que  $\pi$  est exactement égal à  $3,2$ . Il publia son théorème dans un journal mathématique respectable, déposa un brevet sur sa découverte et rédigea «un projet de loi pour introduire une vérité mathématique offerte comme contribution à l'éducation et utilisée uniquement par l'Etat de l'Indiana sans paiement de royalties». La loi a bien failli être votée par des parlementaires américains connaissant bien peu de géométrie. Une vérité alternative avant l'heure.

## Le désir de dépasser les limites

Il y a quelques années, j'ai eu l'occasion de visiter un musée mathématique extrêmement modeste à l'université palestinienne Al-Qods, à Jérusalem, blotti contre le mur de séparation avec Israël. C'était un 14 mars et un grand nombre d'enfants faisaient la queue. Tour à tour, ils passaient devant un professeur et récitaient par cœur le plus grand nombre possible de décimales de  $\pi$ . Le gagnant en récita 1500 (ce qui n'est pas grand-chose par rapport au champion du monde, qui en a récité, semble-t-il, 70 000). Il y avait quelque chose d'émouvant et de transcendant à voir ces enfants déclamer joyeusement ce nombre, à quelques mètres de l'abomination du mur. Parfois, les mathématiques permettent de se dépasser et de faire abstraction du monde réel.

C'est peut-être pour le simple désir de dépasser les limites que la compétition continue. En novembre 2016, grâce à de gros ordinateurs, mais surtout en inventant de nouvelles méthodes de calcul, un champion a réussi à déterminer 22 459 157 718 361 décimales, après 108 jours de calcul. Ainsi, ce nombre est bien plus compliqué que le simple 3,14 de notre enfance. Beaucoup de manuels scolaires de l'école primaire continuent à simplement affirmer que  $\pi$  est égal à 3,14, alors que ce n'est qu'une valeur approchée. Peut-on enseigner aux enfants des choses «pas tout à fait vraies»? Je ne sais pas. Tout en haut de la brochure de l'éducation nationale présentant la Semaine des mathématiques, le graphiste a écrit  $\pi = 3,14$ . J'aurais préféré  $\pi \approx 3,14$ . ■

Réservations (gratuites) pour le spectacle musical mathématique sur [www.piday.fr](http://www.piday.fr)

Etienne Ghys

Mathématicien, directeur de recherche (CNRS) à l'École normale supérieure de Lyon  
[etienne.ghys@ens-lyon.fr](mailto:etienne.ghys@ens-lyon.fr)Pour un débat ouvert sur l'encadrement  
des plantes génétiquement modifiées

TRIBUNE - Christine Noiville, présidente du Haut Conseil des biotechnologies, appelle à éviter la polarisation stérile des points de vue concernant les plantes OGM

Alors que se tient le Salon international de l'agriculture, le débat sur le modèle agricole et alimentaire français revient sur le devant de la scène. L'occasion pour le Haut Conseil des biotechnologies (HCB) de faire le point sur la réflexion qu'il mène depuis plus d'un an, à la demande de Ségolène Royal, ministre de l'environnement, et de Stéphane Le Foll, ministre de l'agriculture, sur le développement, dans le domaine des plantes, de ce qu'on appelle les *new plant breeding technics* (NPBT).

Il s'agit notamment de déterminer si les plantes issues de ces techniques – une modification du génome (mutagenèse ciblée, Crispr, Talen...) pour introduire ou générer de nouveaux caractères – relèvent de la réglementation applicable aux plantes transgéniques. On sait, en effet, qu'en Europe, une réglementation propre aux organismes génétiquement modifiés (OGM) mise en place dans les années 1990 impose une évaluation préalable à toute commercialisation, un suivi, une traçabilité, un étiquetage... Cette réglementation vise essentiellement les OGM obtenus par transgénèse et ne dit rien, et pour cause, des techniques apparues depuis lors. La question se pose donc de savoir si elle doit aujourd'hui être interprétée comme s'appliquant ou non aux nouvelles techniques et aux produits qui en sont issus.

D'aucuns pointeront que les NPBT étant nouvelles et le manque de recul s'accompagnant d'une incertitude

quant à leur sécurité, le principe de précaution oblige de toute façon à en anticiper les impacts éventuels, ce qui est vrai. Mais il n'en existe pas pour autant de réponse juridique toute faite aux modalités d'encadrement des NPBT.

En réalité, loin du seul cadre juridique, le débat soulevé par les NPBT implique un choix de société car ces techniques nouvelles ne s'imposent pas inéluctablement à nous. Nous devons réfléchir en amont aux impacts positifs et négatifs qu'elles peuvent avoir. Quels risques? Quels avantages? Pour qui?

Pour assurer son rôle d'éclairage des pouvoirs publics, le HCB doit prendre de la distance par rapport à la manière dont se construit depuis deux ans le débat d'acteurs sur les NPBT et qui manifeste tous les ingrédients de la controverse polarisée que l'on a connue avec les plantes transgéniques. Ainsi voit-on s'affronter deux camps à couteaux tirés et à la stratégie sémantique ciselée. D'un côté, ceux qui déplorent le développement d'«OGM cachés», employant un discours alarmiste sur les dangers de ces produits. De l'autre, un discours relevant largement de l'économie de la promesse, soutenant que les NPBT seraient indispensables à une agriculture qui doit faire face à des défis démographiques et environnementaux sans précédent, l'«édition des gènes» se situant dans un continuum en termes de risques.

Tout se passe de nouveau comme s'il n'y avait que deux voies possibles : ou bien renoncer de facto aux nouvelles biotechnologies, car même si soumet-

TOUT SE PASSE  
COMME S'IL  
N'Y AVAIT QUE  
DEUX VOIES  
POSSIBLES : OU BIEN  
RENONCER  
DE FACTO  
AUX NOUVELLES  
BIOTECHNOLOGIES,  
OU BIEN Y ADHÉRER  
SANS RÉSERVE  
OU PRESQUE

tre les NPBT à la réglementation OGM ne signifie pas les interdire, on sait la lourdeur et le coût induits par cette réglementation ; ou bien y adhérer sans réserve ou presque.

Or, cette dialectique se révèle évidemment fragile puisqu'en elles-mêmes, les NPBT ne définissent rien de précis. Ensemble de techniques hétérogènes, elles ont le potentiel de mener à des produits très différents dont les impacts n'auront probablement rien à voir selon que l'on parlera, par exemple, de plantes tolérantes à des herbicides, enrichies en Omega 3 ou tolérantes à la sécheresse.

La responsabilité du HCB est dès lors de faire un pas de côté pour poser les termes de la question comme ils doivent l'être. Il s'agit d'une part de livrer

aux décideurs publics une vision aussi claire que possible, en l'état des connaissances scientifiques, des risques en jeu pour l'environnement et la santé. D'autre part de ne pas limiter notre horizon à cette question : la thématique des plantes transgéniques y a trop été enfermée ces dernières années, avec cet effet tronqué d'occulter les autres questions – économiques, éthiques et sociales – en jeu. Cette situation a, on le sait, engendré un dialogue de sourds entre acteurs et de multiples contentieux en Europe.

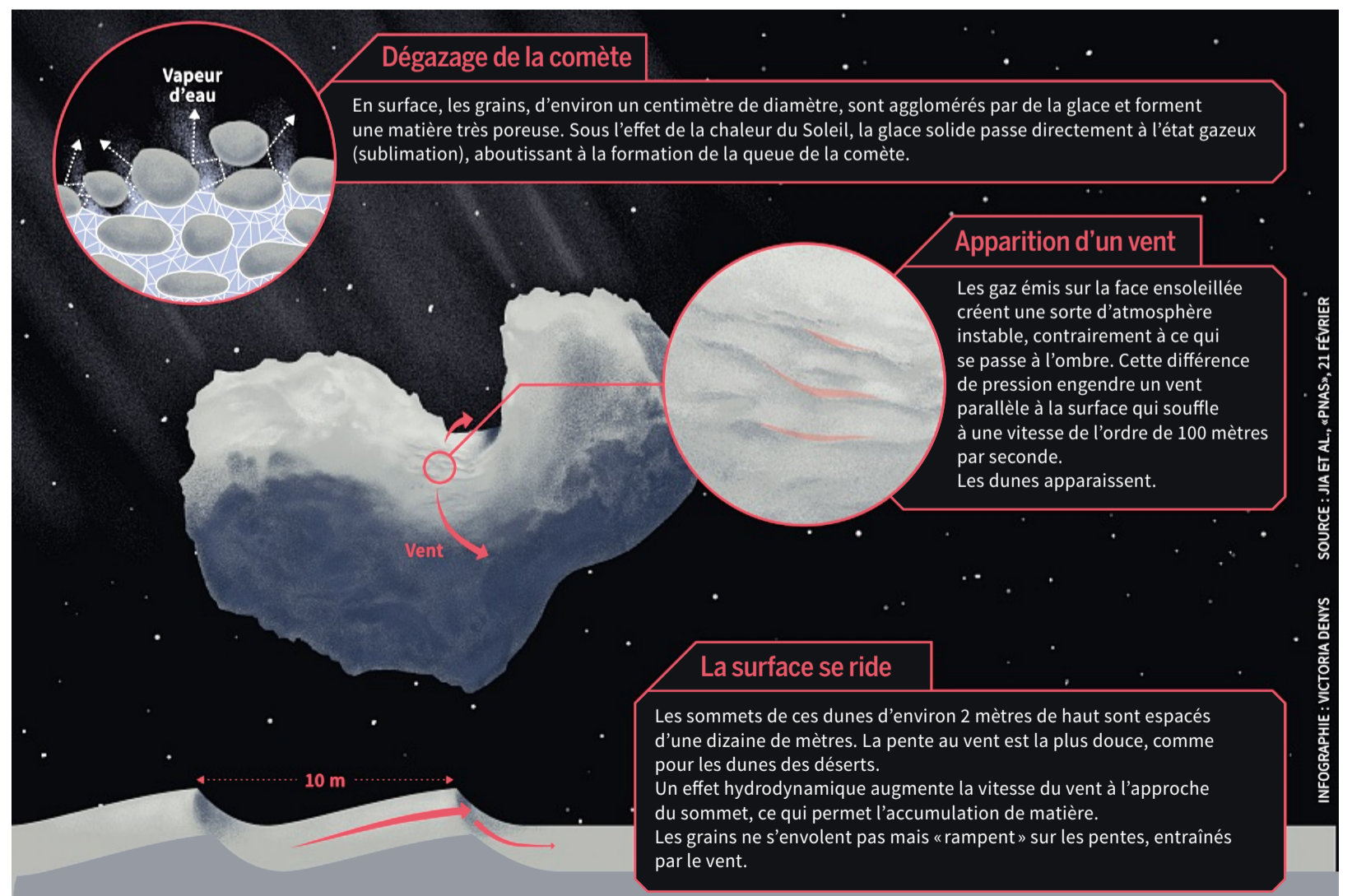
Or, le risque n'est pas tout. Dans la décision de pousser ou de freiner le développement des plantes génétiquement modifiées (PGM) interviennent bien d'autres facteurs. Quel est l'intérêt pour l'agriculteur? Le bénéfice pour le consommateur? Quelles PGM sont susceptibles de conforter tel ou tel modèle agricole? Quel impact la protection des PGM par brevets a-t-elle sur l'offre semencière et sur la diversité génétique des plantes cultivées? Quelle capacité concrète a-t-on d'organiser une coexistence entre les productions génétiquement modifiées avec les autres productions?

Ces mêmes questions-clés se posent pour les NPBT. Elles doivent être mises sur la table et débattues clairement. C'est toute la mission du HCB. Il poursuit ses travaux en étant à l'écoute de l'ensemble des acteurs. ■

Christine Noiville, présidente du Haut Conseil des biotechnologies.

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

## LE MYSTÈRE DES DUNES DE LA COMÈTE TCHOURI



Les photos de 67P/Tchourioumov-Guérassimenko prises par la sonde Rosetta ont révélé des rides à sa surface. Dès que l'équipe du Laboratoire de physique et mécanique des milieux hétérogènes les a vues, elle a mis à l'épreuve

ses modèles de dune élaborés depuis une quinzaine d'années et testés dans les déserts terrestres, sur Mars et sur Titan. Pas simple d'expliquer ce phénomène, car l'astre n'a pas d'atmosphère et donc pas de vent... Les chercheurs

identifient toutefois un mécanisme éolien, mais tombent sur un autre problème : ce vent est trop fort et emporterait les grains trop loin pour que des dunes se forment... Ils suggèrent alors que les grains, au lieu de s'envoler,

roulent ou rampent sur les flancs des dunes, en restant en contact avec leur surface, et finissent par s'accumuler. Ça marche, le modèle rend compte de l'espacement observé entre les rides. ■

DAVID LAROUSSE