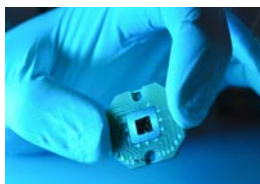




P.26
**LES NOUVEAUX DÉFIS
DE LA PHYSIQUE QUANTIQUE**

Étienne Klein et Carlo Rovelli

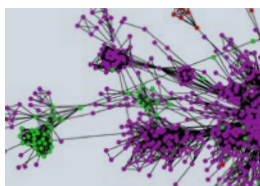
Le problème de la gravitation sera-t-il résolu grâce à une réinterprétation de la théorie quantique?



P.38
**« L'ORDINATEUR QUANTIQUE
DEVIENT UN ENJEU POLITIQUE »**

Entretien avec Pascale Senellart-Mardon

Le rêve d'ordinateurs opérant sur des bits quantiques et non classiques se concrétise... à petits pas!



P.46
**LES MUTATIONS
DE LA THÉORIE DE L'ÉVOLUTION**

Hervé Le Guyader

La théorie de l'évolution ne cesse... d'évoluer depuis sa première formulation par Darwin, en 1859.



P.58
**« L'ÉPIGÉNÉTIQUE EST
UN MODULATEUR CLÉ DE L'ÉVOLUTION »**

Entretien avec Edith Heard et Vincent Colot

En régulant des éléments mobiles du génome, l'épigénétique contrôle un vaste réservoir de variations.



P.66
**L'INCONSCIENT DOIT
ENCORE FAIRE SES PREUVES**

Axel Cleeremans et Adélaïde de Heering

La psychologie expérimentale et les neurosciences redéfinissent l'inconscient et son rôle.



P.74
OBSERVER LA CONSCIENCE

Lionel Naccache

Grâce notamment à l'imagerie cérébrale, on comprend mieux aujourd'hui ce qui caractérise l'état conscient.

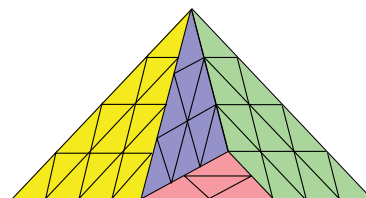
P.82

LOGIQUE & CALCUL

**DÉCOUPER
UN TRIANGLE
EN TRIANGLES**

Jean-Paul Delahaye

Est-il possible de découper un triangle en un nombre donné de morceaux triangulaires plus petits? Aujourd'hui encore, on découvre de nouveaux et remarquables résultats sur ce type de questions.



P.88

IDÉES DE PHYSIQUE

Du noir presque parfait

*Jean-Michel Courty
et Édouard Kierlik*

P.92

**CHRONIQUES
DE L'ÉVOLUTION**

**Du pot au lait
à la mucoviscidose**

Hervé Le Guyader

P.96

SCIENCE & GASTRONOMIE

**Des aliments plus
ou moins mi-cuits**

Hervé This

P.98

À PICORER

A

CTUALITÉS

P. 6 Échos des labos

P. 16 Livres du mois

P. 18 Agenda

P. 20 *Homo sapiens informaticus*

P. 22 Questions de confiance

PALÉONTOLOGIE

UN TÉMOIGNAGE GÉOLOGIQUE DES DERNIERS INSTANTS DES DINOSAURES



Sur le site de Tanis, en Amérique du Nord, une couche de 1,3 mètre d'épaisseur et âgée de 66 millions d'années renferme les restes de nombreux poissons et de plantes enchevêtrés, associés à des traces géologiques de l'impact d'une météorite.

On a découvert le témoignage fossile d'une hécatombe qui s'est produite quelques minutes après l'impact de la météorite ayant mis fin au règne des dinosaures.

La disparition des dinosaures à la fin du Crétacé est attribuée à la chute d'un astéroïde au Mexique. Mais que s'est-il passé exactement ce jour-là ? Pour l'essentiel, nous l'ignorons. Cependant, Robert DePalma, de l'université du Kansas, a étudié une extraordinaire capsule temporelle contenant le témoignage précis d'une mort en masse apparemment liée à l'impact, qui apporte quelques précisions sur les suites immédiates de la catastrophe.

La fin du Crétacé s'est produite il y a quelque 66 millions d'années, quand un

astéroïde d'environ 10 kilomètres de diamètre frappa la Terre près de l'emplacement du village actuel de Chicxulub. L'énergie libérée par le choc était équivalente à celle de quelque 100 milliards de bombes de Hiroshima, ce qui aurait eu de grandes conséquences écologiques, notamment l'extinction des dinosaures.

Nommé Tanis, le gisement paléontologique étudié par Robert DePalma se trouve dans le Dakota du Nord, à 3000 kilomètres du point d'impact. Il s'agit d'une couche de 1,3 mètre d'épaisseur mêlant des sédiments à un amas de fossiles de plantes et d'animaux très bien conservés. Les bouches

ouvertes des poissons d'eau douce fossilisés (des poissons-spatule et des esturgeons) et les signes de tétanie due à l'asphyxie des animaux prouvent que c'est bien le contenu d'un fleuve qui a brusquement été rejeté en vrac sur la rive végétalisée d'un méandre du paléofleuve Tanis. Coulant vers l'est, ce dernier se jetait dans la mer intérieure nord-américaine présente à l'époque. Le dépôt fait donc penser au genre de chaos sédimentaire laissé par les tsunamis. Pour autant, son profil granulométrique oblige à le subdiviser en deux strates superposées. Il y a donc eu deux déferlements successifs.

L'âge du dépôt suggère fortement une fossilisation rapide liée à l'impact de Chicxulub : depuis le début de l'étude de Tanis, pas moins de 40 datations à l'argon (fondées sur le rapport $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$) se sont

accumulées, attribuant aux sédiments un âge moyen de $65,76 \pm 0,15$ millions d'années, ce qui correspond bien à l'extrême fin du Crétacé. En outre – et comme il se doit si Tanis date vraiment de la toute fin du Crétacé – ses strates sont immédiatement recouvertes par la même fine couche d'argile riche en iridium (élément très présent dans les météorites) qui, retrouvée partout sur la planète, est identifiée comme la signature chimique de la météorite.

Logiquement, Robert DePalma a donc d'abord pensé avoir affaire au dépôt formé par le déferlement dans la vallée de l'énorme tsunami dû à la météorite. Le calcul montre toutefois que ce n'est pas possible: le tsunami aurait mis plus de 18 heures pour arriver à Tanis, alors que deux observations prouvent que l'inondation violente de Tanis s'est produite dans l'heure qui a suivi l'impact. La première est que les ouïes des poissons et la boue de Tanis sont saturées de petites billes de quartz choqué, des éjectas typiques d'un impact météoritique et qui, d'après les calculs, ont plu sur Tanis entre 13 minutes et 2 heures après le choc. Deuxième observation: des impacts de tectites, des projectiles de verre aux formes arrondies produits par l'éjection puis la solidification en vol des roches fondues par l'impact, constellent les strates de Tanis.

Dès lors, d'où viennent les deux vagues qui ont déferlé à Tanis? Selon les chercheurs, le plus vraisemblable est qu'elles ont été induites par les oscillations d'un bassin attenant au fleuve Tanis (son embouchure?), provoquées par les très puissantes ondes sismiques associées à l'impact. Or le calcul montre que ces ondes ont atteint Tanis en quelques minutes.

Ainsi, Tanis témoigne bien de ce qui s'est produit dans l'heure qui a suivi l'impact de Chicxulub. Or Robert DePalma y a découvert un os iliaque de dinosaure herbivore, et il a aussi confié à Douglas Preston, du magazine *The New Yorker*, avoir trouvé une plume de dinosaure présumée et «des dents, des os cassés et des restes d'éclosion de presque tous les groupes de dinosaures connus dans la région, ainsi que des restes de ptérosaure». Ces découvertes, non encore publiées, laissent penser que les dinosaures étaient toujours là le jour où la météorite de Chicxulub est tombée. ■

FRANÇOIS SAVATIER

R. DePalma et al., *PNAS*, en ligne le 1^{er} avril 2019

Biodiversité mondiale : un rapport accablant

L'IPBES, la plateforme intergouvernementale sur la biodiversité et les services écosystémiques, créée sous l'égide de l'ONU en 2012, vient de tenir sa 7^e conférence plénière à Paris. Elle a rendu public son rapport sur la biodiversité mondiale le 6 mai. Les explications de l'écologue Sandra Lavorel, contributrice à l'IPBES à titre d'experte.



Propos recueillis par MAURICE MASHAAL

SANDRA LAVOREL
directrice de recherche
au Laboratoire
d'écologie alpine,
à Grenoble

Quels étaient les objectifs de ce rapport ? Comment a-t-il été établi ?

Il s'agissait d'établir une synthèse à l'échelle mondiale de l'état actuel de la biodiversité, des écosystèmes et des services que ceux-ci rendent, en indiquant les tendances passées et attendues ; de passer en revue les divers instruments, réglementaires et autres, qui sont susceptibles d'améliorer la situation ; et de proposer aux décideurs (politiques, industriels, etc.) des pistes d'action. Cette synthèse est le fruit de plusieurs grandes évaluations, notamment régionales comme celle à laquelle j'ai participé et qui portait sur l'Europe et l'Asie centrale. Elle a mobilisé plus de 450 experts de disciplines diverses pendant environ trois ans. C'est le premier rapport global sur la biodiversité depuis l'« Évaluation des écosystèmes pour le millénaire » de 2005, et le premier qui soit intergouvernemental, soumis à l'approbation des représentants des 132 pays membres de l'IPBES.

En termes de constat, quels sont les points saillants ?

Les tendances au déclin de la biodiversité et à la dégradation des écosystèmes, à un rythme sans précédent, sont malheureusement confirmées. Le rapport contient à cet égard beaucoup de chiffres éloquentes. Par exemple, en Europe et Asie centrale, 28 % des espèces évaluées sont menacées d'extinction, ce chiffre montant à 37 % pour les poissons d'eau douce, à 33 % pour les plantes vasculaires. Autre exemple, on estime que 75 % des milieux terrestres, 40 % de l'environnement marin et la moitié des cours d'eau ont été gravement altérés. Les causes de ces évolutions négatives sont d'abord l'utilisation des terres – pour l'agriculture, l'exploitation forestière ou

l'urbanisation – et le prélèvement direct des ressources comme la pêche et la chasse ; il y a ensuite le changement climatique, les pollutions et les espèces invasives. Un autre pan important du rapport est l'évaluation des services écosystémiques, qui tente de quantifier l'impact de la dégradation des écosystèmes sur la production alimentaire, celle du bois, la pollinisation, l'érosion des terres, la qualité des eaux, les valeurs culturelles...

Que préconise le « résumé pour décideurs » du rapport ?

Ce résumé souligne notamment le fait que l'arsenal législatif et réglementaire existant permettrait déjà d'améliorer la situation, à condition qu'il soit correctement appliqué. L'une des recommandations est de modifier les modes de consommation de l'énergie et de l'alimentation, de veiller à ne pas exporter à distance des problèmes, par exemple quand la consommation de bois dans un pays conduit à de la déforestation dans un autre. Une autre piste est de rapprocher les gens de la nature, y compris dans les villes où, par exemple, les surfaces végétalisées permettent de réguler la température ou d'améliorer l'écoulement des eaux de pluie.

Le combat risque d'être encore plus long et difficile que pour le climat, non ?

En fait, les problèmes de la biodiversité et du climat relèvent souvent d'un même combat de fond, modifier les modèles économiques et les modes de consommation. C'est dans ces synergies entre solutions pour le climat et pour la biodiversité que l'on peut espérer des actions à fort impact. Comme pour le climat, il existe de très nombreuses initiatives locales, et beaucoup de grandes entreprises ont pris conscience de l'importance de la biodiversité et de ses services. Mais tout cela doit être complété et renforcé par des initiatives venant des gouvernements. ■

Rapport disponible sur le site de l'IPBES : www.ipbes.net