

56 **IMAGERIE** **Day Night Band, le veilleur de nuit** *Steven Miller*

Un satellite américain d'observation lancé en 2011 embarque un capteur d'une sensibilité inédite à la lumière du domaine visible. Ses données recueillies la nuit ouvrent de nouveaux horizons aux météorologistes, aux pompiers, aux services de secours et aux scientifiques.



60 **PALÉONTOLOGIE** **Aux origines de nos mâchoires** *Vincent Dupret*

L'examen aux rayons X d'un fossile de petit poisson cuirassé vieux de 415 millions d'années éclaire l'apparition des premiers animaux vertébrés dotés de mâchoires.



68 **HISTOIRE DES SCIENCES** **Mesmer ou la chute du magnétiseur** *Bruno Belhoste*

En 1784, deux commissions officielles condamnent la doctrine de Mesmer, qui triomphe à Paris en « magnétisant » des malades. Sur fond de déclin de l'absolutisme politique et de naissance des sciences expérimentales, l'affaire cristallise les passions...

Rendez-vous

78 **Logique & calcul**

La beauté mise en formules

Jean-Paul Delahaye

Entamée en 1933 par le mathématicien George Birkhoff, la recherche de mesures scientifiques du beau se poursuit, avec des moyens théoriques et pratiques renouvelés.

- 84 **Science & fiction**
Jabba le Hutt, une limace de l'espace ?
J. Sébastien Steyer et Roland Lehoucq
- 86 **Art & science**
Promenades dans un paysage de lumière
Loïc Mangin
- 89 **Idées de physique**
Comme un oiseau... sur un câble électrique
Jean-Michel Courty et Édouard Kierlik
- 92 **Question aux experts**
Qu'arriverait-il sans combinaison dans l'espace ?
Roland Lehoucq
- 94 **Science & gastronomie**
La cerise dans le gâteau
Hervé This
- 96 **À lire**
- 98 **Bloc-notes**
Les chroniques de Didier Nordon

Ce numéro comporte un encart d'abonnement *Pour la Science*, jeté en cahier intérieur de toute la diffusion kiosque et posé sur toute la diffusion abonné. Des offres d'abonnement exceptionnelles sont proposées également en pages 21, 76 et 77. En couverture : © concept w/shutterstock.com

SCIENCE.fr

LETTRE D'INFORMATION



Ne manquez pas
la parution
de votre magazine
avec la NEWSLETTER

- Notre sélection d'articles
- Des offres préférentielles
- Nos autres magazines en kiosque



Recevez gratuitement la lettre d'information en inscrivant uniquement votre adresse mail sur www.pourlascience.fr

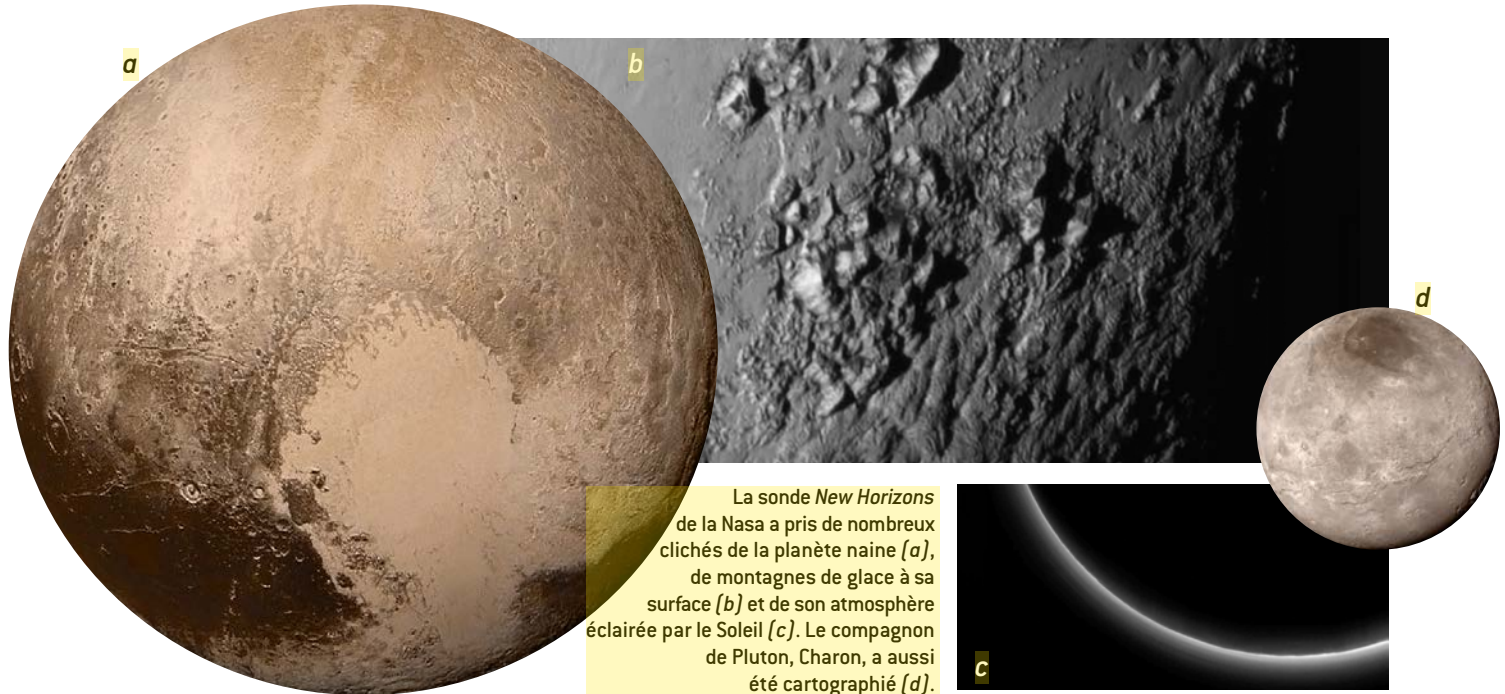
Actualités

Planétologie

Rendez-vous historique avec Pluton

Pour la première fois, une sonde spatiale, New Horizons, a survolé Pluton.

L'occasion de découvrir de près cette planète naine située aux confins du Système solaire.



La sonde New Horizons de la Nasa a pris de nombreux clichés de la planète naine (a), de montagnes de glace à sa surface (b) et de son atmosphère éclairée par le Soleil (c). Le compagnon de Pluton, Charon, a aussi été cartographié (d).

Depuis sa découverte par l'Américain Clyde Tombaugh en 1930, la planète naine Pluton n'avait livré que peu de ses secrets. Les télescopes au sol et le télescope spatial *Hubble* avaient révélé l'existence d'un compagnon, Charon, et de quatre satellites (Styx, Nyx, Kerberos et Hydra). Mais qu'en est-il de la géologie de Pluton, de sa composition, de son atmosphère ? Pour le savoir, la Nasa a lancé la sonde *New Horizons* qui, après un voyage de dix ans, a frôlé la planète naine le 14 juillet 2015, une date historique dans l'exploration du Système solaire.

Pluton a longtemps été considérée comme la neuvième planète du Système solaire, mais sa petite taille posait problème. Avec Éris, un autre objet lointain, elle est représentative d'une population

de petits corps qui se trouvent au-delà de l'orbite de Neptune. Il a donc été décidé en 2006 de rétrograder Pluton dans la catégorie des planètes naines. Cela n'en reste pas moins un objet d'un grand intérêt pour comprendre la formation et l'évolution des planètes naines, ainsi que l'histoire du Système solaire.

Après son passage à seulement 11 095 kilomètres de Pluton, la sonde *New Horizons* a livré ses premières images détaillées de la surface de la planète naine. Elle a notamment survolé le bord de la région en forme de cœur (cliché a), révélée lors de son approche et nommée depuis « région Tombaugh » en l'honneur du découvreur de Pluton. Les clichés montrent la présence de montagnes qui culminent à près de 3 500 mètres (b) ! De quoi

sont-elles constituées et comment se sont-elles formées ?

La surface de Pluton est couverte de glaces de méthane et d'azote, matériaux qui ne sont pas assez solides pour produire des montagnes aussi hautes. Il s'agit peut-être de glaces d'eau, qui deviennent résistantes comme de la roche aux très basses températures plutoniennes (vers -220°C).

Quelle activité géologique expliquerait la formation des montagnes ? Le Système solaire abrite d'autres mondes de glace ayant une activité géologique : Encelade et Europe, satellites de Saturne et de Jupiter respectivement. L'énergie à l'origine de leur activité provient des forces de marée exercées par la planète géante autour de laquelle gravitent ces lunes. Mais ce n'est pas le cas de Pluton, qui ne dépend

d'aucune planète plus massive. De nouveaux mécanismes sont donc à imaginer pour comprendre l'origine des montagnes de Pluton.

Autre caractéristique frappante des images prises par *New Horizons* : la surface de Pluton présente peu de cratères d'impact. Or les petits corps dépourvus d'atmosphère assez épaisse, comme la Lune, subissent un bombardement météoritique continu qui provoque la formation de nouveaux cratères. Le faible nombre de cratères, en particulier sur la région Tombaugh, signifie que l'activité géologique y est récente, voire encore en cours. D'après les estimations, les montagnes plutoniennes seraient âgées d'à peine 100 millions d'années. L'une des surfaces les plus jeunes jamais observées dans le Système solaire !

Science et société

Des milliards d'euros qui partent en fumées

Plusieurs dizaines de milliards d'euros : c'est le coût associé à la pollution de l'air en France, selon un bilan dressé par une commission d'enquête du Sénat et rendu public le 15 juillet. Olivier Chanel, économiste de l'environnement à l'AMSE-GREQAM, à Marseille, nous décrit les divers impacts des polluants et la façon dont on calcule leur coût.

Une heure après le passage de la sonde au plus près de Pluton, une image de la planète occultant le Soleil a été prise. On voit ainsi son atmosphère, éclairée par l'étoile (c). Elle s'étend jusqu'à 130 kilomètres d'altitude. La couche au-dessus de 80 kilomètres est plus diffuse et composée de méthane. Exposées au rayonnement ultraviolet du Soleil, ses molécules se combinent pour former de l'éthylène et de l'acétylène qui migrent dans la partie basse de l'atmosphère. Ces composés organiques, sous l'action de la lumière, forment alors des molécules diverses nommées tholins, qui se déposent sur le sol et lui donnent sa couleur sépia.

Les compagnons de Pluton sont aussi à l'honneur sur les images de *New Horizons*. Un cliché de Charon (d), corps de 1 200 kilomètres de diamètre, révèle des structures impressionnantes et variées : un canyon profond de 7 à 9 kilomètres et des falaises s'étirant sur 1 000 kilomètres, qui seraient le résultat d'une activité géologique interne. La tache sombre visible au pôle Nord, baptisée Mordor en référence au *Seigneur des anneaux*, serait un mince dépôt noir encore non identifié. Comme Pluton, Charon semble relativement pauvre en cratères d'impact, probablement effacés par une activité géologique encore importante.

New Horizons est loin d'avoir transmis toutes les données recueillies lors de son bref survol de Pluton : elles sont envoyées vers la Terre au rythme de 2 000 bits par seconde, et il faudra 16 mois pour toutes les réceptionner ! Les astronomes sont impatients de pouvoir les éproucher pour y trouver des réponses à leurs questions... et de nouvelles énigmes.

Sean Bailly

Site de la mission : <http://pluto.jhuapl.edu/>

Quels sont les principaux polluants et leurs sources ?

Olivier Chanel : Nous vivons dans un cocktail de multiples polluants : oxydes d'azote, particules fines, ozone, ammoniac, oxydes de soufre... Les pollueurs varient selon le composé et la zone géographique. Les oxydes d'azote sont principalement émis par les transports, l'ammoniac par l'agriculture, les oxydes de soufre par l'industrie... Quant aux particules fines, les principales sources sont les transports en zone urbaine, mais l'industrie et les chauffages individuels sur le reste du territoire.

Quels effets néfastes ont ces polluants ?

O. C. : Principalement des effets sanitaires. La pollution de l'air augmente par exemple le risque de cancer du poumon, d'accident cardiovasculaire et de crise d'asthme. Cela réduit l'espérance de vie de quelques mois en moyenne en France. Avec de grandes disparités : chacun est plus ou moins sensible et les citoyens sont particulièrement exposés. À Marseille, la plus touchée des grandes villes, la baisse de l'espérance de vie atteint 7,5 mois par habitant en moyenne.

Il existe également des effets non sanitaires. Les polluants, parfois toxiques pour les plantes, entraînent une baisse des rendements agricoles et forestiers, et dégradent les bâtiments.

Comment quantifie-t-on les effets sanitaires ?

O. C. : On mesure à la fois les émissions polluantes à un endroit particulier et certains indicateurs de santé, tels que le nombre de cas de cancer du poumon dans la population habitant ou travaillant à proximité de cet endroit. Des traitements statistiques permettent ensuite d'éliminer les autres causes potentielles et d'attribuer les troubles aux polluants.

Reste alors à évaluer leur coût. Pour les maladies,



Olivier Chanel est directeur de recherche au CNRS.

l'une des méthodes consiste à compter le nombre de jours d'arrêts de travail ou d'hospitalisation, et à multiplier par les salaires et les frais de santé. Pour les décès prématurés, c'est plus compliqué. Depuis une trentaine d'années, on utilise des méthodes dites de préférences déclarées, où l'on demande aux gens combien ils seraient prêts à payer pour réduire leur probabilité de mourir. On estime ainsi la valeur d'une année de vie perdue entre 30 000 et 80 000 euros.

Comment les coûts se répartissent-ils ?

O. C. : Environ 80 % du coût de la pollution atmosphérique est lié à la surmortalité. L'augmentation des pathologies représente 5 à 10 %, comme les effets non sanitaires. Au total, on obtient plusieurs dizaines de milliards d'euros pour l'impact sanitaire et quelques milliards pour les autres effets.

Le rapport du Sénat propose-t-il des solutions ?

O. C. : Oui, il préconise toute une série de mesures. La plupart visent à diffuser les bonnes pratiques (nettoyage des équipements, cycles de combustion optimisés, etc.) ou à favoriser la recherche et l'innovation. L'instauration d'une fiscalité écologique est aussi conseillée, par exemple pour développer les véhicules électriques.

Un levier important, et insuffisamment traité dans le rapport à mon sens (une seule mesure), serait de réduire les transports individuels. Plusieurs pistes existent, telles qu'un meilleur maillage du territoire par les transports publics. Si l'on diminue le nombre de véhicules, on fait baisser non seulement la pollution, mais aussi les nuisances associées, tels le bruit ou les émissions de gaz à effet de serre.

Guillaume Jacquemont

Pollution de l'air : le coût de l'inaction, rapport n° 610, 2015 (www.senat.fr/rap/r14-610-1/r14-610-11.pdf)