



→ pourscience.naturejobs.com

Nouveau service d'offres d'emplois scientifiques sur

POUR LA SCIENCE

en partenariat avec **naturejobs**



- Chaque semaine, plus de **8000 offres d'emploi** dans le secteur des sciences.
- En un clic la **sélection des postes à pourvoir** en France et dans les pays francophones ou voisins.
- Une équipe Naturejobs spécialisée, **au service des recruteurs francophones**.
Contact : Muriel Lestringuez
E-mail : m.lestringuez@nature.com
Tél. : +44 20 7843 4994

POUR LA SCIENCE.fr

Le site de référence de l'actualité scientifique

taille nanométrique, susceptibles de passer facilement dans la chaîne alimentaire. Mais cela reste à confirmer.

Notons que les plastiques dits biodégradables sont également une source de microplastiques. En effet, il s'agit en général de composites mêlant polymères de synthèse et amidons, seuls ces derniers étant vraiment biodégradables.

Où vont les microplastiques ? Les débris s'accumulent dans le milieu marin, les apports étant soit directs (rejets par les activités humaines sur le littoral et en mer), soit, à 80 pour cent, indirects (lessivage de sols pollués, déchets charriés par les rivières, eaux usées, etc.). Les études disponibles indiquent que l'on retrouve des microplastiques dans toutes les mers, sur toute la hauteur de la colonne d'eau et presque partout.

Par exemple, Mark Browne, de l'*University College* de Dublin, et ses collègues ont montré que les microplastiques contaminent les côtes de 18 sites échantillonnés sur les six continents. Les milieux côtiers et les estuaires sont de fait les plus concernés, même s'il existe en plein milieu des océans des gyres, énormes tourbillons formés par les courants, qui concentrent de grandes quantités de débris divers, dont les microplastiques. Ainsi, dans le gyre du Pacifique Nord, des chercheurs ont dénombré en 2001 plus de 330 000 fragments de plastique par kilomètre carré...

Les quantités de microplastiques présentes dans le milieu marin sont des informations cruciales pour évaluer l'ampleur de la pollution et ses impacts. Mais les données en la matière ne sont encore que parcellaires. Premier obstacle : les océans sont vastes et les côtes sont longues... D'autres problèmes – surmontables – sont de nature méthodologique et rendent difficile la comparaison entre les diverses études. La définition même des microplastiques est un peu vague, certains chercheurs s'arrêtant à une taille maximale de trois millimètres, d'autres à un millimètre, etc. Cela se traduit dans les techniques d'échantillonnage et, par exemple, les résultats obtenus avec des filets à mailles très fines ne sont pas les mêmes que ceux obtenus avec des filets plus grossiers.

L'étude récente de M. Browne et ses collègues a trouvé, selon les endroits sondés, entre 8 et 120 fibres (polyéthylène, polyester, polypropylène, etc.) par litre de sédiment. Elle a aussi constaté, comme attendu, que les abondances les plus élevées se rencontrent là où la population est dense et où se déversent les eaux usées, traitées ou non.

UNE GRANDE PARTIE DES FIBRES de plastique retrouvées dans le milieu marin proviendraient... des lave-linge !

L'équipe de M. Browne a aussi découvert qu'une grande partie des fibres de plastique retrouvées dans le milieu marin proviendraient... des lessives de vêtements, dont beaucoup contiennent des fibres synthétiques ! Des tests avec des lave-linge le corroborent : le lavage d'un seul vêtement peut rejeter plus de 1 900 fibres. Avec plus de 100 fibres par litre d'eau rejeté, le lavage du linge se révèle ainsi une source importante de microplastiques. Raison de plus pour se vêtir avec des tissus naturels, même si un jour se met en place un filtrage plus efficace dans les lave-linge et le traitement des eaux...

Quant à l'impact environnemental et sanitaire des microplastiques, il est encore mal connu. En tout cas, le rôle de perturbateurs endocriniens de certains composants, tels le bisphénol A, ne rassure pas. Tamara Galloway, de l'Université d'Exeter, qui a participé au bilan et aux études cités ici, explique que « l'ingestion de microplastiques par les animaux marins pourrait entraîner une accumulation de contaminants dans la chaîne alimentaire et, en fin de compte, nuire à la santé humaine ». Bref, insiste-t-elle, « Il faut faire plus d'efforts pour mesurer ce qu'il y a et comprendre comment les débris marins sont transportés et s'accumulent. »

Maurice MASHAAL est rédacteur en chef de Pour la Science.

M. Cole et al., Microplastics as contaminants in the marine environment : a review, *Marine Pollution Bulletin*, vol. 62(12), pp. 2588-2597, décembre 2011.

M. A. Browne et al., Accumulation of microplastic on shorelines worldwide : sources and sinks, *Environ. Sci. Technol.*, vol. 45, pp. 9175-9179, 2011.

Une suite d'applications scientifiques à la pointe de la technologie !

- Aéronautique
- Agroalimentaire
- Biochimie
- Biologie
- Chimie
- Finance
- Génétique
- Matériaux
- Médecine
- Microbiologie
- Pharmacologie
- Physique
- Psychologie
- Toxicologie
- Zoologie...

Analyse de pics

Ajustement de surfaces

Ajustement de courbes

PeakFit

TableCurve 3D

TableCurve 2D
Automated curve fitting
and equation discovery

AutoSignal

SYSTAT 13

Mesure et analyse d'images

Analyse du signal

Analyse et visualisation
de données scientifiques

Analyse
statistique

SigmaPlot 12

Plus d'informations sur :

www.ritime.com/go/systat

RITME Informatique - Distributeur Officiel • 34, bd Haussmann • 75009 Paris • France
Tél. : +33 (0)1 42 46 00 42 • Fax : +33 (0)1 42 46 00 33
info@ritime.com • www.ritime.com



Disponible pour Windows.

Sauf indication contraire : logiciel et documentation en anglais, et livrés par CD-Rom.

© Copyright 2011 RITME. Les produits Systat sont des marques déposées de Systat Software.

Toutes les marques déposées sont la propriété de leurs sociétés respectives.

RITME
INFORMATIQUE

Distributeur officiel en France

VRAI OU FAUX

Le Soleil va-t-il vraiment s'éteindre ?

Oui. Dans cinq milliards d'années, il se transformera en géante rouge, puis en naine blanche, qui se refroidira lentement.

Roland LEHOUCQ

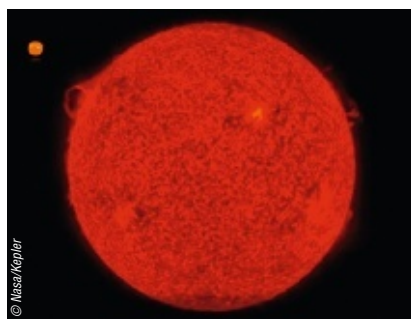
Le Soleil a commencé à briller il y a 4,56 milliards d'années. Ses réserves d'énergie sont-elles inépuisables ? Afin de le déterminer, examinons d'abord comment il brille.

Une étoile est une sphère de gaz chaud, dont la cohésion résulte de l'attraction gravitationnelle entre ses particules. Elle ne s'effondre pas sur elle-même car, partout, la pression s'oppose à la gravitation. La pression augmente avec la profondeur, entraînant un échauffement du gaz stellaire : de quelques milliers de degrés en surface, la température atteint quelques dizaines à quelques centaines de millions de degrés dans les régions centrales, selon la masse de l'étoile. Ce déséquilibre de température provoque un transfert d'énergie du cœur de l'astre vers sa surface. Le flux d'énergie s'échappe ensuite sous forme de rayonnement : l'étoile brille.

Ainsi, l'étoile est condamnée à perdre de l'énergie par sa surface. Comment l'hémorragie est-elle compensée ? Au début du XX^e siècle, les physiciens comprirent que seules des réactions nucléaires sont capables de faire briller durablement les étoiles. Ils estimèrent qu'elles produisent assez d'énergie pour alimenter le Soleil pendant plusieurs milliards d'années, durée comparable à l'âge de la Terre déterminé par les géologues. Le physicien allemand Hans Bethe décrivit les réactions en jeu : quatre noyaux d'hydrogène (H^+) fusionnent en un noyau d'hélium (He^{2+} , composé de deux protons et deux neutrons), ce qui implique que deux protons se transforment en neutrons. Ces réactions se déroulent au cœur du Soleil, seule région où l'agitation thermique, aidée par un effet dit tunnel, est suffisante pour que les noyaux se

rapprochent malgré la répulsion électrique qu'ils exercent les uns sur les autres.

Une réaction de fusion produit de l'énergie, car la somme des masses des noyaux pères est supérieure à la masse du noyau fils : au centre du Soleil, 619 millions de tonnes d'hydrogène réagissent ainsi chaque seconde pour former 614,7 millions de tonnes d'hélium. La différence (environ 0,7 pour cent de la masse initiale) est transformée en énergie, et cette énergie compense exactement celle qui s'échappe par la surface.



Le Soleil dans son état actuel (en haut à gauche), comparé à la plus grande géante rouge observée par le satellite Kepler (au centre).

Inéluctablement, l'hydrogène central s'épuise. Dans environ cinq milliards d'années, il devrait s'être presque totalement transformé en hélium, entraînant un ralentissement des réactions de fusion. Dès lors, le cœur du Soleil se contractera et l'échauffement résultant déclenchera la fusion des noyaux d'hélium issus du cycle précédent ; ainsi, des éléments plus lourds, tel le carbone, se formeront. La puissance dégagée, supérieure à celle provenant de la fusion de l'hydrogène, dilatera l'enveloppe externe de l'étoile, dont le rayon sera multiplié par plusieurs

dizaines. En conséquence, la surface se refroidira et changera de couleur. Le Soleil deviendra alors une géante rouge, qui engloutira Mercure et Vénus ; la Terre ne devrait pas être atteinte, mais l'énorme flux d'énergie reçu sera difficile à supporter pour la vie à sa surface. Notre étoile restera dans cet état jusqu'au terme de la combustion de l'hélium, qui durera environ un milliard d'années.

L'hélium épuisé, la matière centrale se contractera à nouveau. Cependant, elle ne pourra pas amorcer un nouveau cycle de fusion, en raison de la trop faible masse du Soleil – plus les noyaux qui fusionnent sont gros, plus l'énergie nécessaire pour déclencher la réaction est grande.

La contraction provoquera tout de même un échauffement. Une partie de l'enveloppe externe du Soleil sera alors expulsée dans l'espace, donnant naissance à une nébuleuse planétaire. Le reste de notre étoile deviendra une naine blanche, à peine plus grosse que la Terre, mais pesant près de la moitié de la masse actuelle du Soleil. Très chaude, l'étoile naine émettra toujours un rayonnement thermique ; toutefois, sa luminosité ne vaudra plus que le millième de celle émise aujourd'hui. Elle ne s'éteindra pas d'un coup mais, dépourvue de source interne d'énergie, elle se refroidira lentement et brillera de moins en moins intensément. En outre, ses atomes s'ordonneront pour former un gigantesque cristal. Au bout de quelques centaines de milliards d'années, le flux lumineux dans le domaine visible sera devenu très faible : le Soleil cessera alors définitivement de briller. ■

R. LEHOUCQ est astrophysicien au CEA, à Saclay.

SUPERBACTERIES : les résistances épidémiques ne sont-elles qu'un début ?

POUR LA
SCIENCE

Septembre 2013 27 k€ www.leseditionsdelalune.fr
Éditeur : Éditions de la Lune, Nantes

Vivre dans un monde quantique

Des effets quantiques dans les objets macroscopiques

Les insectes en résonance du magnétisme ?
Les mathématiques de la perception
Le jeu de parrains alternatifs
Pratiques dissidentes

Une nouvelle enquête
mystère : la fonction

14 € / trimestre
seulement !

À retourner accompagné de votre règlement à : **Service Abonnements • Pour la Science • 8, rue Férou • 75278 Paris cedex 06**

■ POUR LA
SCIENCE

- ❶ ☐ Oui, je m'abonne à **Pour la Science** au prix de **14€ par trimestre**. Je reçois 12 numéros par an et bénéficie aussi des versions numériques sur **www.pourlascience.fr**

- ## ② J'indique mes coordonnées :

[illegible]

- ### ③ Je choisis mon mode de règlement

☐ Je règle en douceur 14€/trimestre**. Je remplis la grille d'autorisation de prélèvement ci-dessous en joignant impérativement un RIB.

****** Abonnement valable uniquement en France métropolitaine, renouvelable à échéance par tacite reconduction et dénonçable à tout moment avec un préavis de 3 mois.

Autorisation de prélèvement automatique (France métropolitaine uniquement). J'autorise l'établissement teneur de mon compte à prélever le montant des avis de prélèvement trimestriels présentés par *Pour la Science*. Je vous demande de faire apparaître mes prélèvements sur mes relevés de compte habituels. Je m'adresserai directement à *Pour la Science* pour tout ce qui concerne le fonctionnement de mon abonnement.

Titulaire du compte à débiter

Nom, Prénom : _____
N° : _____ Rue : _____
Code postal : | | | | | Ville : _____

Établissement teneur du compte à débiter

Établissement : _____
N° : _____ Rue : _____
Code postal : | | | | | Ville : _____

Compte à débiter

[illegible]

Date et signature (obligatoire)

Organisme créancier
Pour la Science
8 rue Férou - 75006 Paris

Organisme créancier
Pour la Science
8 rue Férou – 75006 Paris
N° national d'émetteur : 426900

- ☐ Je règle mon abonnement en une seule fois **56 €** (Offre valable en France métropolitaine et d'outre-mer. Participation aux frais de port à ajouter au prix de l'abonnement : Europe 12 € - autres pays : 25 €).

☐ par chèque à l'ordre de *Pour la Science*☐ par carte bancaire

N°: _____

Expire fin: _____ Clé (les 3 chiffres au dos de votre CR): _____

Signature obligatoire :

En application de l'article 27 de la loi du 6 janvier 1978, les informations ci-dessus sont indispensables au traitement de votre commande. Elles peuvent donner lieu à l'exercice du droit d'accès et de rectification auprès du groupe *Pour la Science*. Par notre intermédiaire, vous pouvez être amené à recevoir des propositions d'organismes partenaires. En cas de refus de votre part, merci de cocher la case ci-contre ☐

Archéologie

L'Égypte ancienne à l'aune du radiocarbone

Eva Maria Wild et Walter Kutschera

Il y a 60 ans, des objets égyptiens ont servi à mettre
au point la méthode de datation au radiocarbone.
Aujourd'hui, épaulée par la spectrométrie de masse
par accélérateur, la radiodation contribue à résoudre
les énigmes de la chronologie égyptienne.



*Soldats! Songez que du haut de ces pyramides,
40 siècles vous contemplent.*
Bonaparte, bataille des Pyramides, 1798

Napoléon avait tort avec ses « 40 siècles », mais il ne se trompait que de 400 ans... Du moins en ce qui concerne la pyramide de Khéops, puisque la seule des sept merveilles du monde encore visible a été construite au XXVI^e siècle avant notre ère, il y a plus de 4500 ans. Ainsi, l'estimation de Napoléon était plutôt bonne, si l'on tient compte du fait que l'étude scientifique de l'Égypte ancienne ne commença qu'avec l'arrivée sur les rives du Nil des bataillons de... savants du général Bonaparte.

Depuis, beaucoup d'eau a coulé dans le Nil et une multitude de scientifiques ont travaillé à décrypter la civilisation de l'Égypte ancienne. L'un de leurs principaux efforts consiste à établir une chronologie absolue des règnes pharaoniques. Or, après plus de deux siècles de travail, nombre d'incertitudes demeurent. Les discussions entre égyptologues ont abouti à l'emploi de deux chronologies : la chronologie « haute » et la chronologie « basse ». Leurs divergences sont d'autant plus grandes qu'elles concernent des époques lointaines.

Rappelons que l'histoire égyptienne se divise en trois grandes ères historiques – l'Ancien Empire (qui a débuté vers 2700 avant notre ère), le Moyen Empire (depuis 2050 environ) et le Nouvel Empire (depuis 1550 avant notre ère) –, séparées par des « périodes intermédiaires ». Pour le Nouvel Empire, les divergences entre les chronologies haute et basse sont de l'ordre de dix ans ; pour l'Ancien Empire, elles dépassent le siècle !

C'est pourquoi, sous la direction de Christopher Bronk Ramsey, de l'Université d'Oxford, une équipe de chercheurs israéliens, français, britanniques et autrichiens (nous-mêmes) a travaillé trois ans durant pour réduire ces désaccords en utilisant la datation par le carbone 14. Après avoir présenté cette méthode, nous expliquerons comment nous l'avons appliquée pour clarifier la chronologie égyptienne.

La datation est un problème essentiel pour toutes les sciences du passé. Notamment en préhistoire, où les sources

1. LE TEMPLE DE LA REINE HATCHEPSOUT
a livré les pépins des raisins consommés par ses constructeurs. Ils ont été datés par le carbone 14 pour préciser la durée de son règne.

L'ESSENTIEL

✓ Produit en continu dans la stratosphère, le carbone 14 est un isotope radioactif à la base d'une méthode de datation très utile en archéologie.

✓ La méthode de datation au carbone 14 est soumise à divers biais dont il faut tenir compte avec soin. Les corrections à appliquer sont résumées par une courbe de calibration, dont la dernière a été élaborée en 2009.

✓ La datation au carbone 14 de 211 échantillons issus des musées vient de préciser la chronologie de l'Égypte ancienne.

© Shutterstock/Lucarelli Temistic