

que très peu d'éléments sidérophiles dans le manteau et la croûte. Comme ce n'est pas le cas, il y a eu un apport ultérieur de ces éléments. L'abondance du platine dans la croûte et le manteau terrestres serait alors due à un bombardement de chondrites, en quantité équivalente à environ 1 % de la masse de la Terre.

L'eau de ces chondrites pourrait avoir rempli les océans. Selon toute vraisemblance, toutes les planètes internes rocheuses, et pas seulement la Terre, ont été pilonnées par cette salve d'astéroïdes dans les étapes finales de la formation planétaire.

Des difficultés surgissent cependant dans ce scénario quand on étudie la teneur de l'eau des océans et des météorites en xénon et argon, éléments chimiquement inertes (ils ne prêtent pratiquement pas à des réactions chimiques). Du fait de cette propriété, ces éléments servent de marqueurs de divers processus physiques. Si les planètes rocheuses et les astéroïdes sont étroitement apparentés, leurs éléments inertes devraient être présents en proportions similaires. Mais les astrochimistes ont constaté que la proportion de xénon est bien plus faible dans les matériaux planétaires de la Terre et de Mars que dans les météorites.

Diverses réponses au problème du xénon manquant ont été avancées ces dernières années. Certaines remettraient les comètes sur le devant de la scène en tant que pourvoyeuses d'eau et d'autres éléments volatils. À l'heure où nous écrivons ces lignes, les chercheurs attendent avec impatience les premières mesures sur les gaz inertes de la comète Tchouri effectuées grâce à la sonde *Rosetta*. Ces mesures nous aideront peut-être à répondre de façon définitive à la question de l'origine des océans. Mais comme souvent en science planétaire, elles ont aussi de bonnes chances de soulever des questions plus difficiles qui continueront à alimenter le débat pendant plusieurs décennies.

Dans la quête pour déterminer qui des astéroïdes ou des comètes a rempli les océans de la Terre, il semble qu'il n'y ait pas de solution simple. Il se peut que le problème ne soit pas dans la nature,

mais dans les questions que nous posons. La dichotomie entre astéroïdes et comètes n'est peut-être pas aussi nette qu'on le croyait. L'un d'entre nous (David Jewitt), avec Henry Hsieh de l'Institut d'astronomie et astrophysique de l'Academia sinica de Taïwan, a récemment découvert des comètes dans la ceinture principale d'astéroïdes. Ces objets suivent des trajectoires comparables aux astéroïdes, mais ils éjectent de la poussière périodiquement au cours de leur révolution autour du Soleil, comme les comètes ordinaires. Ces objets sont riches en glace. Les notions de comètes et d'astéroïdes ne sont donc pas aussi claires et distinctes qu'on le pensait, ce qui pose des questions sur

Si la Terre avait la masse d'un Boeing 777, toute l'eau de la planète pèserait autant que deux passagers.

l'homogénéité de chaque réservoir de planétésimaux.

De plus, comme nous l'avons montré, la véritable question n'est sans doute pas tant de savoir pourquoi la Terre a autant d'eau, mais pourquoi elle en a si peu. Cette quantité somme toute limitée d'eau a pu être apportée par de multiples voies, qui dépendent étroitement de l'histoire exacte de la planète, des corps qui l'ont heurtée et des conditions initiales de leur formation.

Toutes ces ambiguïtés laissent une place considérable à d'autres scénarios plus exotiques pour l'apport de l'eau, scénarios peut-être improbables, mais qui ne peuvent pour autant être écartés.

En théorie, par exemple, il est possible que l'essentiel de l'eau de la Terre ait été présent dès les débuts de la planète. De nouvelles recherches suggèrent que des ions hydrogène du vent solaire auraient pu s'accumuler pour former des minéraux hydratés à la surface des particules de poussière interplanétaire. Ces poussières auraient alors transporté ce matériau aqueux jusqu'aux planétésimaux et aux planètes à un stade précoce de leur formation. Mais même ainsi, il est difficile de concevoir comment un réservoir aussi ancien se serait maintenu dans les profondeurs du manteau pour ne remonter qu'après les ravages des grands impacts qui ont marqué la fin de la formation de notre planète et la naissance de la Lune.

Des corps plus imposants que la plupart des comètes et astéroïdes ont également attiré l'attention récemment.

Considérons la « planète naine » Cérès, qui, avec 900 kilomètres de diamètre, est le plus grand astéroïde du Système solaire. En 2014, les chercheurs ont observé ce qui semblait être de la vapeur s'échappant de Cérès au rythme de 20 tonnes par heure, étayant l'idée que Cérès est riche en eau. La Terre est à peu près 6 000 fois plus massive que Cérès. Si, comme beaucoup le soupçonnent, Cérès est constituée pour moitié d'eau, alors l'inventaire total en eau (souterraine et de surface) de la Terre correspond à l'eau que contiendraient environ cinq corps semblables à Cérès.

Ce type d'objets était beaucoup plus répandu dans le Système solaire chaotique des débuts qu'ils ne le sont aujourd'hui, et il est facile d'imaginer que plusieurs corps du même type que Cérès aient pénétré jusque dans le Système solaire interne et frappé la Terre. Une poignée seulement de ces objets aurait suffi à doter notre planète d'un océan, sans même la contribution ultérieure de pluies de petits astéroïdes et de comètes.

La sonde *Dawn* de la Nasa est en orbite autour de Cérès depuis février 2015. Elle devrait permettre d'apercevoir de près sa glace et ses émissions gazeuses. Ses observations nous réservent, à n'en pas douter, de nouvelles surprises concernant l'histoire de l'eau sur notre planète et ailleurs. ■

Offre DÉCOUVERTE



POUR LA
SCIENCE

Le magazine mensuel
Pour la Science (12 n^{os}/an)

4,90 €/mois
seulement
ou 59€ pour 1 an

**VOS AVANTAGES
ABONNÉ**

- ✓ 24 % d'économie et plus par rapport au prix en kiosque
- ✓ L'envoi des magazines en avant-première
- ✓ La garantie de ne manquer aucun numéro

BULLETIN D'OFFRE DÉCOUVERTE

À compléter et à retourner, accompagné de votre règlement, dans une enveloppe non affranchie à : Groupe Pour la Science Service abonnements – Libre réponse 90 382- 75 281 Paris cedex 06

POUR LA
SCIENCE

1. MA FORMULE

- ☐ **OUI, je m'abonne à l'Offre Découverte à 4,90 € par mois** ou 59 € pour 1 an. Je reçois le magazine *Pour la Science* (12 n^{os}/an) et bénéficie des versions numériques offertes sur www.pourlascience.fr !

Mon e-mail obligatoire pour l'accès aux contenus numériques (à remplir en majuscules)

À réception de votre bulletin, comptez 5 semaines pour recevoir votre n^o d'abonné. Passé ce délai, merci d'en faire la demande à abonnements@pourlascience.fr

2. MES COORDONNÉES

Nom : _____ Prénom : _____
Adresse : _____
Code postal : _____ Ville : _____ Pays : _____ Tél. : _____

Pour le suivi client (facultatif)

3. MON MODE DE RÈGLEMENT

- ☐ Je règle par prélèvement **4,90 € par mois***. Je remplis l'autorisation ci-dessous en joignant impérativement un IBAN/BIC.

*Pour la France métropolitaine et d'outre-mer. Pour l'étranger (pays de la zone SEPA) : 5,90 €/mois. Abonnement renouvelable tacitement à échéance et dénonçable à tout moment avec un préavis de 3 mois.

AUTORISATION DE PRÉLÈVEMENT PAR MANDAT SEPA

En signant ce mandat SEPA, j'autorise Pour la Science à transmettre des instructions à ma banque pour le prélèvement de mon abonnement dès réception de mon bulletin. Je bénéficie d'un droit de rétractation dans la limite de 8 semaines suivant le premier prélèvement. Plus d'informations auprès de mon établissement bancaire.

1. COORDONNÉES DU TITULAIRE DU COMPTE

Nom, prénom _____
Adresse _____
Numéro et nom de la rue _____
Code postal _____ Ville _____ Pays _____

2. COORDONNÉES BANCAIRES

IBAN _____
Numéro d'identification international du compte bancaire – IBAN (International Bank Account Number)
BIC _____
Code international d'identification de votre banque – BIC (Bank Identifier Code)
Type de paiement _____ Paiement récurrent/répétitif

- ☐ Je préfère régler mon abonnement d'un an en **une seule fois 59 €****.

**Offre valable en France métropolitaine et d'outre-mer. Pour l'étranger, participation aux frais de port à ajouter : Europe 12€ – autres pays 25€.

☐ Par chèque à l'ordre de *Pour la Science* ☐ Par carte bancaire N° _____
Date d'expiration _____ Clé _____

Signature obligatoire

3. DATE ET SIGNATURE OBLIGATOIRES

À _____
Date _____
Signature : _____

NOM DU CRÉANCIER **ICS** N° FR92ZZZ426900
Pour la Science - 8 rue Férou - 75006 Paris
N° de référence unique de mandat (RUM) _____

Partie réservée au service abonnement. Ne rien inscrire

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 cette case ☐.

PLS454 Offre réservée aux nouveaux abonnés, valable jusqu'au 31.03.2015

