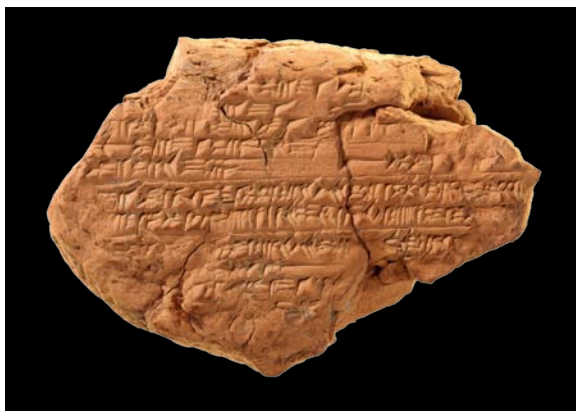


48 **ARCHÉOLOGIE** **L'apprentissage du cunéiforme**

Markus Hilgert

En Mésopotamie, l'écriture cunéiforme a été pratiquée pendant des millénaires. L'analyse des textes permet de reconstituer comment les scribes l'apprenaient. Elle indique aussi comment se prononçaient les langues transcrites en cunéiforme.



54 **PHILOSOPHIE DES SCIENCES** **Des corrélations à la causalité**

Isabelle Drouet

À partir de données statistiques, peut-on déterminer les liens de cause à effet entre des phénomènes et, si oui, comment ? Les philosophes des sciences ont renouvelé les réflexions sur cette question.

62 **CLIMATOLOGIE** **Climat : le faux espoir**

Michael Mann

Le réchauffement global s'est temporairement ralenti, mais une crise climatique menace toujours dans un avenir proche.



Rendez-vous

70 **Histoire des sciences**

Guldin et les indivisibles de Cavalieri

Amir Alexander

La préhistoire du calcul intégral, au XVII^e siècle, a été marquée par la querelle sur les « indivisibles » du mathématicien italien Bonaventura Cavalieri.

74 **Logique & calcul**

Équations résolubles ou non ?

Jean-Paul Delahaye

Parfois, une équation semble impossible à résoudre. Impossibilité théorique et définitive, ou contournable ?

80 **Science & fiction**

Les X-men, des mutants prometteurs

J. Sébastien Steyer et Roland Lehoucq

82 **Art & science**

Alerte à la pollution en rouge et en vert

Loïc Mangin

84 **Idées de physique**

Les éoliennes verticales

Jean-Michel Courty et Édouard Kierlik

89 **Question aux experts**

Sommes-nous commandés par des phéromones ?

Didier Trotier

91 **Science & gastronomie**

Éliminer l'odeur d'ail de l'haleine

Hervé This

92 **À lire**

96 **Bloc-notes**

Les chroniques de Didier Nordon

POUR LA
SCIENCE.fr

Le site de référence de l'actualité scientifique internationale

Toutes les archives*

■ Pour la Science

■ Dossier
Pour la Science

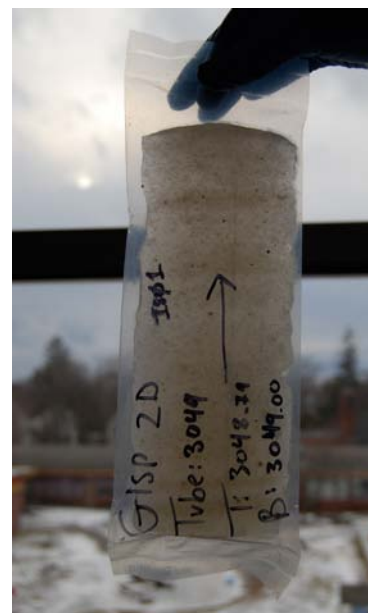
depuis 1996

maintenant sur www.pourlascience.fr

* Numéros à lire en ligne ou téléchargeables en PDF, en vente à l'unité ou accessibles par abonnement.



Le sol libéré par le retrait d'un glacier groenlandais. Un tel substrat de limon a aussi été identifié sous trois kilomètres de glace au centre du Groenland, grâce à un carottage profond (à droite, un tronçon de la carotte).



P. Bierman, Université du Vermont

Géosciences

Une toundra ancienne sous les glaces du Groenland

Un sol préservé a été découvert sous trois kilomètres de glace au centre du Groenland.

Il est resté exposé à l'air libre pendant plusieurs centaines de milliers d'années, avant qu'une calotte de glace ne le recouvre, il y a quelque 2,7 millions d'années.

En 1993, cinq ans après avoir débuté, le forage GISP2 (Greenland Ice Sheet Project) de la calotte glaciaire groenlandaise centrale s'achève par le contact avec le socle granitique. Or les 15 derniers mètres de la carotte de 3053 mètres ainsi obtenue révèlent des sédiments riches en matière organique. Autour de Paul Bierman, de l'Université du Vermont aux États-Unis, une équipe américaine vient de les faire parler. Ces sédiments montrent qu'avant la formation de la calotte centrale groenlandaise, il y a quelque 2,7 millions d'années, une toundra a occupé le centre du Groenland pendant au moins 200 000 ans.

Il y aurait de la glace au Groenland depuis 38 millions d'années au moins, mais c'est au début du Pléistocène (ère

qui s'étend d'environ 2,6 millions d'années à 12 000 ans avant le présent) que la calotte glaciaire groenlandaise s'est formée. Elle a persisté durant la trentaine de cycles glaciaire-interglaciaire qui ont suivi. Or les géologues considèrent que tous les glaciers arasent le sol sur lequel ils reposent, ce qui fait disparaître les paysages qu'ils recouvrent. En outre, l'étude des dépôts de sédiments marins autour du Groenland et de l'Amérique du Nord suggérerait que depuis le début du Pléistocène, la succession des débâcles glaciaires a entraîné sur ces terres l'arasement d'une couche de sol de 100 mètres d'épaisseur...

Pas partout, a prouvé l'équipe de P. Bierman en étudiant la concentration en béryllium 10 dans les 15 derniers mètres de carotte. Cet isotope radioactif du

béryllium (noyau atomique composé de quatre protons et six neutrons) est en effet cosmogénique, c'est-à-dire créé sous l'effet des rayons cosmiques incidents sur Terre. La couche de sédiments la plus riche en béryllium 10, que les chercheurs identifient au paléosol, en contient $3,8 \times 10^8$ atomes par gramme. Or une loi empirique, établie à partir de nombreuses mesures dans les sols arctiques, relie cette densité en masse à la densité en surface. Les chercheurs en ont déduit que le paléosol contient $6,7 \times 10^{10}$ atomes de béryllium 10 par centimètre carré. Comme on estime que $3,5 \times 10^5$ atomes de cet isotope sont créés par centimètre carré et par an au centre du Groenland, on en déduit que la durée d'exposition de ce sol aux rayons cosmiques a été d'au moins 190 000 ans.

Mais il est probable qu'en autant de temps, le sol se soit érodé, au moins un peu... En outre, les 2,7 millions d'années de la

calotte glaciaire correspondent à deux demi-vies du béryllium 10, de sorte qu'au début du Pléistocène, le nombre d'atomes de cet isotope dans le sol du centre du Groenland était quatre fois supérieur. Pour ces deux raisons, les géologues concluent qu'une toundra a été présente au centre du Groenland pendant une durée comprise entre 200 000 ans et un million d'années avant le début du Pléistocène, époque où le climat était subarctique plutôt qu'arctique.

Le cas étudié par P. Bierman et ses collègues prouve par ailleurs qu'il est possible qu'un glacier laisse presque intact le sol qu'il recouvre durant des millions d'années. Les chercheurs veulent maintenant tenter de découvrir des paléosols intacts en Antarctique, où les calottes dépassent souvent quatre kilomètres d'épaisseur...

François Savatier

Science, vol. 344, pp. 402-405, 2014



Retrouvez
plus d'actualités sur
www.pourlascience.fr

Suivez les dernières actualités
de Pour la Science
sur les réseaux sociaux

