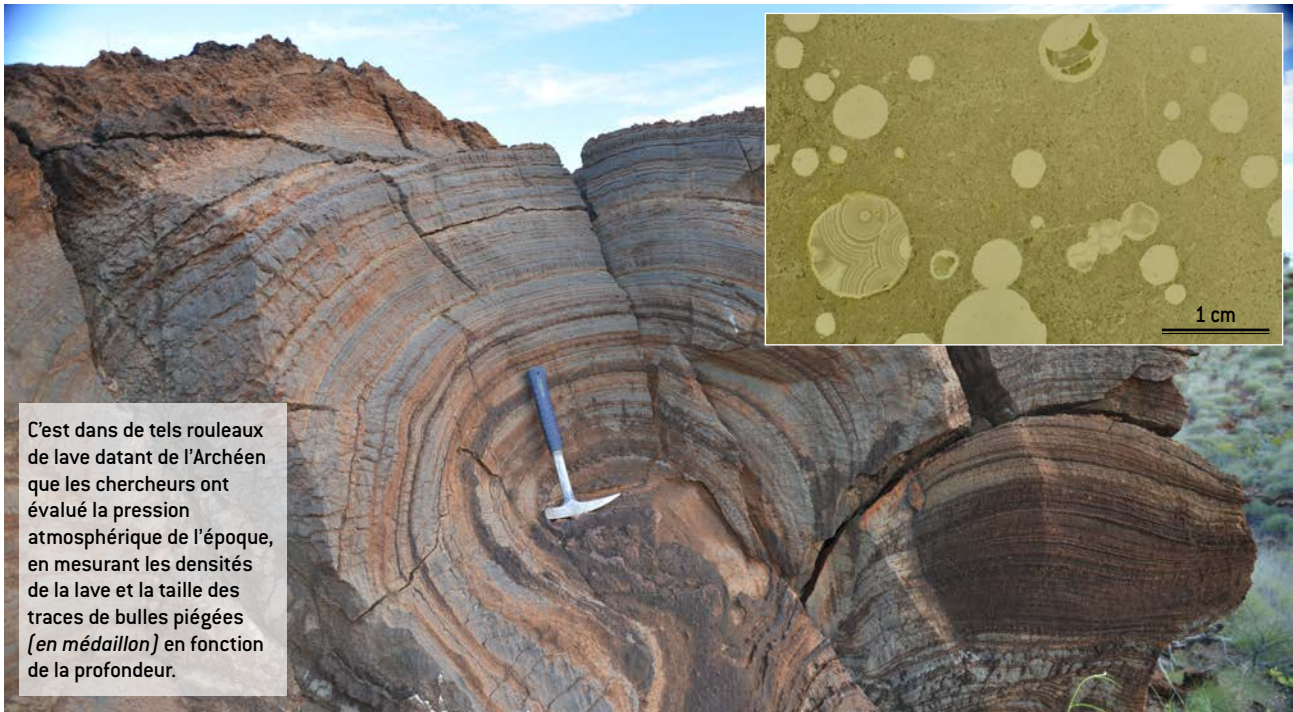


Actualités

Paléoclimatologie

Une faible pression atmosphérique à l'Archéen

Des vestiges de bulles emprisonnées dans une lave ancienne ont livré une approximation de la pression atmosphérique d'il y a 2,74 milliards d'années : elle était au moins deux fois plus faible qu'aujourd'hui.



Il y a 2,4 milliards d'années, la Terre a subi une « grande oxydation » de l'atmosphère, c'est-à-dire un fort enrichissement en oxygène. Auparavant, à l'Archéen, c'est-à-dire au cours de la période débutant il y a 3,8 milliards d'années et s'achevant il y a 2,5 milliards d'années, l'atmosphère aurait été essentiellement un mélange d'azote, de dioxyde de carbone et de méthane, que l'on pensait aussi dense que l'atmosphère oxygénée actuelle. Faux ! Avec des collègues, Sanjoy Som, de la Nasa, vient d'établir qu'il y a 2,74 milliards d'années, la pression atmosphérique était inférieure à 0,5 bar (contre environ 1 bar aujourd'hui).

Sanjoy Som se consacre depuis longtemps à l'étude de l'atmosphère du lointain passé.

Pour ce faire, il recherche systématiquement des paléobaromètres, c'est-à-dire des enregistrements de phénomènes naturels grâce auxquels il est possible d'inférer la pression atmosphérique.

Déjà en 2012, avec une autre équipe, Sanjoy Som était parvenu à exploiter la taille maximale des petits cratères laissés par les impacts de gouttes de pluie sur un tuf sud-africain pour montrer qu'il y a 2,7 milliards d'années, la pression atmosphérique maximale était probablement comprise entre 0,52 et 1,1 bar.

« Probablement », parce que pour obtenir ce résultat, Sanjoy Som avait eu besoin de s'appuyer sur des hypothèses raisonnables concernant l'atmosphère de l'ère archéenne. L'une de ces hypothèses consistait à la supposer

composée de 70 % d'azote et de 30 % de dioxyde de carbone...

Avec son équipe actuelle, il vient d'exploiter un nouveau paléobaromètre : des impressions de bulles de gaz volcanique conservées depuis 2,74 milliards d'années dans d'anciennes laves. Les chercheurs ont découvert les restes de ces épanchements basaltiques au sein du craton de Pilbara, en Australie, un très ancien fragment de croûte terrestre.

Lors d'une éruption volcanique archéenne, un flot de lave a incorporé des bulles de gaz volcanique. Tandis que les bulles proches de la surface se trouvaient presque à la pression atmosphérique, celles enfouies en profondeur subissaient en plus la pression hydrostatique. La lave s'étant solidifiée, ces bulles sont restées en place, puis se sont

remplies de minéraux avec le temps, laissant des traces rondes.

Or un calcul simple fondé sur la loi des gaz parfaits permet de relier la pression atmosphérique au volume des bulles situées à diverses profondeurs dans la lave. Pour utiliser cette relation, les chercheurs ont soigneusement sélectionné trois lames de lave formées en plein « air » archéen et contenant des impressions de bulles sur deux plans de profondeurs différentes.

Après avoir scanné par tomographie aux rayons X ces lames par tranches pour y mesurer des centaines d'impressions de bulles, ils ont inféré statistiquement le volume d'une bulle moyenne en bas et en haut des trois lames de laves. La mesure des densités de la lave a alors livré trois valeurs

Médecine

Paludisme : un espoir pour l'atovaquone

La lutte contre le paludisme se heurte à l'apparition de nouvelles résistances aux traitements médicamenteux. L'antipaludique atovaquone ne fait pas exception, mais l'équipe de Christopher Goodman, de l'université de Melbourne, a découvert que les parasites résistants à ce composé ne survivent pas à leur passage dans le moustique. Pour Jérôme Clain, de l'université Paris-Descartes et travaillant avec le Centre national de référence du paludisme et l'Institut de recherche pour le développement, il s'agit d'une excellente nouvelle.

proches de la pression atmosphérique archéenne, à des incertitudes près qui dépendent de celles entachant le volume moyen d'une bulle, l'épaisseur des lames de lave et les densités de la lave dans chaque lame. À ces incertitudes près, que les chercheurs évaluent à 0,23 bar, les trois résultats obtenus sont proches de 0,23 bar. On peut donc en conclure que la pression atmosphérique était inférieure à la moitié de la pression atmosphérique actuelle.

Ainsi, contrairement à ce que l'on pensait, l'atmosphère archéenne était ténue, ce qui remet à l'ordre du jour une énigme que l'on croyait résolue: le «paradoxe du Soleil faible». À l'Archéen, notre astre était en effet moins brillant qu'aujourd'hui, de sorte que la Terre aurait dû être froide et glacée, donc foncièrement inhabitable si, du moins, l'atmosphère avait contenu les mêmes gaz qu'aujourd'hui et dans les mêmes proportions. Or de nombreux indices suggèrent au contraire que son climat était assez clément pour que l'eau y soit liquide. On expliquait ce paradoxe en invoquant un effet de serre particulièrement renforcé par la pression partielle élevée de l'azote atmosphérique. Cette explication ne tient plus.

Une autre possibilité serait par exemple que la concentration en méthane dans l'atmosphère archéenne ait été bien plus importante qu'aujourd'hui – sachant que le méthane est un gaz dont l'effet de serre, c'est-à-dire son pouvoir de réchauffement, est environ 25 fois supérieur à celui du dioxyde de carbone. Une nouvelle enquête commence.

François Savatier

S. Som et al., *Nature Geoscience*, vol. 9, pp. 448-451, 2016

Comment est utilisé l'atovaquone aujourd'hui ?

Jérôme Clain : L'atovaquone inhibe le complexe bc1, un élément clé de la chaîne respiratoire mitochondriale du parasite *Plasmodium falciparum*, le principal responsable du paludisme. La combinaison de cette molécule avec un autre antipaludique, le proguanil, agit à la fois sur les formes hépatiques et sanguines du parasite chez l'homme et est utilisée en préventif comme en curatif. Bien qu'elle existe sous forme générique depuis deux ans, elle reste d'un prix élevé, qui la réserve surtout aux voyageurs occidentaux. Son utilisation est aussi limitée par l'apparition fréquente de résistances à l'atovaquone au cours du traitement curatif.

Comment ces résistances deviennent-elles fatales au parasite ?

J. C. : Les *P. falciparum* résistants à l'atovaquone prélevés chez des patients lors d'un échec thérapeutique présentent tous une mutation sur un acide aminé spécifique du cytochrome b, une sous-unité du complexe bc1, qui empêche l'atovaquone de l'inhiber. Mais cette mutation diminue aussi l'activité du parasite. Ce n'est pas rédhibitoire à son développement dans le corps humain, mais

cela lui est fatal lorsqu'il se trouve dans le moustique, où la chaîne respiratoire est très sollicitée. Les chercheurs ont montré, avec cinq lignées parasitaires résistantes obtenues en laboratoire issues de *Plasmodium* spécifiques de l'homme et de la souris, qu'aucune ne se transmettait durablement via le moustique. La résistance ne se transmettrait ainsi que difficilement d'un individu à un autre...



Jérôme Clain, université Paris-Descartes

Avec quelles précautions doit-on accueillir ces résultats ?

J. C. : Des études sur le terrain doivent compléter ces travaux. Ici, les *P. falciparum* résistants ont été obtenus en laboratoire à partir d'une seule lignée parasitaire, alors que la difficulté dans la prise en charge du paludisme réside justement dans la grande variabilité génétique des parasites. De plus, ils présentent bien des mutations du cytochrome b, mais non identiques à celles des parasites des malades. Néanmoins, les essais conduits chez la souris avec

des parasites présentant la mutation du même acide aminé sont prometteurs. Par ailleurs, il faut aussi prendre en compte la variabilité des vecteurs: l'étude sur le parasite humain a été réalisée sur la principale espèce de moustique impliquée dans le paludisme, *Anopheles gambiae*, mais des dizaines d'autres peuvent le véhiculer. Enfin, nous ne sommes pas à l'abri de résistances à l'atovaquone qui se développeraient en dehors du cytochrome b et qui seraient alors transmissibles.

Ces travaux vont-ils améliorer la prise en charge du paludisme ?

J. C. : L'Organisation mondiale de la santé n'a jamais poussé à l'utilisation massive de l'atovaquone contre le paludisme en zone d'endémie, en raison de son prix, et surtout du risque de dissémination rapide de résistances. Si l'absence de transmission des parasites résistants se confirme, l'atovaquone-proguanil pourrait compléter l'arsenal thérapeutique contre le paludisme. Une véritable bouffée d'oxygène, à l'heure où l'émergence de souches résistantes à l'artémisinine, l'antipaludique le plus efficace actuellement, nous inquiète beaucoup !

Martin Tiano

Science, vol. 352, pp. 349-353, 2016