

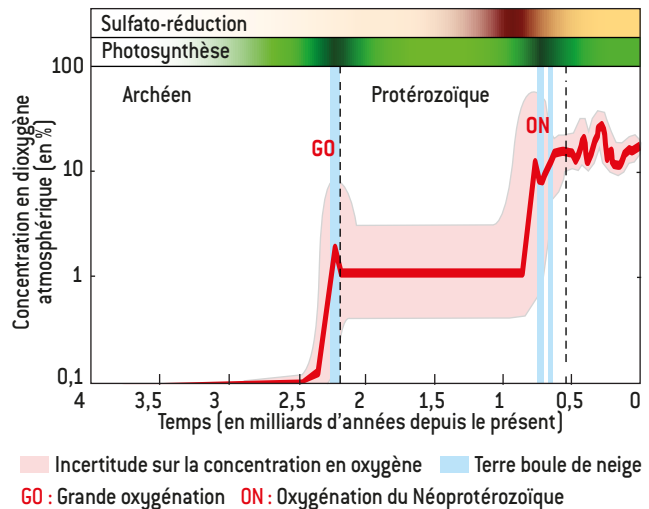
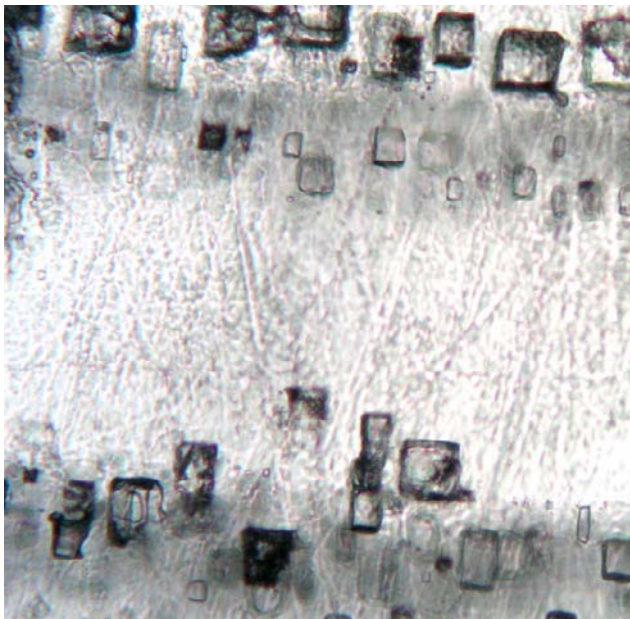
Actualités

Géosciences

L'atmosphère s'est enrichie en oxygène plus tôt que prévu

Selon la plupart des modèles, l'atmosphère terrestre serait restée relativement pauvre en oxygène jusqu'au début de l'ère cambrienne, il y a 500 millions d'années.

L'analyse d'un échantillon d'air datant de 815 millions d'années semble montrer le contraire.



En se formant, les cristaux d'halite (à gauche) piègent des bulles et gardent ainsi en mémoire la composition de l'atmosphère de l'époque. Des analyses d'halite ancienne ont ainsi montré que, il y a 815 millions d'années, l'atmosphère était plus riche en oxygène qu'on ne le pensait.

Respirez profondément et sentez ce précieux mélange d'azote et d'oxygène emplir vos poumons. L'air, qui contient 20,9 % d'oxygène, n'a pourtant pas toujours été riche en ce gaz indispensable à la vie animale. Mais une nouvelle étude suggère une teneur déjà assez élevée il y a 815 millions d'années, bien plus tôt qu'on ne l'estimait.

De nombreux indices géologiques montrent que l'oxygène était absent de l'atmosphère durant les deux premiers milliards d'années de l'histoire de la Terre. Ce n'est qu'à la suite de la Grande oxygénation, événement survenu il y a environ 2,4 milliards d'années, que l'oxygène est apparu dans l'atmosphère, mais encore en très faibles quantités (moins de 1 %). Selon le modèle dominant, cette concentration

aurait augmenté peu à peu au Protérozoïque (de 2,5 milliards à 541 millions d'années), pour grimper en flèche lors d'une seconde grande oxygénation qui se serait produite au Cambrien (de 541 à 385 millions d'années), en même temps que le développement de la vie pluricellulaire.

Mais l'explosion de la biodiversité cambrienne est-elle la cause ou le résultat de l'augmentation de la teneur en oxygène ? Une étude menée par une équipe internationale, dont fait partie Christophe Lécuyer, du Laboratoire de géologie de l'université de Lyon, penche pour le second scénario. En analysant un échantillon de l'atmosphère datant de 815 millions d'années, c'est-à-dire au Néoprotérozoïque, bien avant le Cambrien, les chercheurs ont découvert que la concentration

en oxygène était déjà bien plus élevée qu'on ne le pensait.

La pierre de sel, que les géologues nomment halite, est une archive naturelle précieuse pour l'étude des environnements passés : en se formant à l'interface entre l'air et l'eau saumâtre, ces cristaux capturent de l'air dans des bulles, qui enregistrent ainsi la composition de l'atmosphère au moment de leur formation. Les chercheurs ont trouvé des fragments d'halite sous une couche de sédiments d'environ un kilomètre de profondeur dans le sud-ouest de l'Australie. Ils ont déterminé leur âge – approximativement 815 millions d'années – en datant les couches sédimentaires correspondantes.

Les chercheurs ont ensuite brisé les cristaux dans une chambre à vide pour libérer le contenu des

bulles. Par spectrométrie de masse, ils ont déterminé la concentration en oxygène de cet air primitif. Le résultat est surprenant : ce dernier contient 10,9 % d'oxygène, soit 5 fois plus qu'on ne l'estimait habituellement pour l'atmosphère d'il y a 800 millions d'années.

Ces résultats suggèrent par conséquent que l'oxygène était déjà présent en quantité importante dans l'atmosphère (et donc dans l'océan) bien avant l'explosion de la vie pluricellulaire, à l'aube du Cambrien.

Par quel phénomène la concentration atmosphérique d'oxygène a-t-elle autant augmenté ? Parallèlement à cette étude sur l'halite, une équipe franco-brésilienne des universités de Sao Paulo et de Bélem, de l'Institut de physique du globe à Paris et du laboratoire

Domaines océaniques de Brest, menée par Pierre Sans-Jofre, a mis en évidence le rôle indirect de bactéries exploitant le soufre dans l'augmentation de l'oxygène atmosphérique et océanique au Néoprotérozoïque.

En analysant les composés soufrés dans des sédiments (des pyrites et des sulfates), les chercheurs ont estimé que ces bactéries auraient été responsables d'une baisse de 50 % des sulfates dissous dans l'océan. Utilisant ces sulfates comme oxydant dans une respiration anaérobie (sans oxygène), ces bactéries n'auraient donc pas consommé l'oxygène produit par les organismes photosynthétiques, et qui a ainsi pu enrichir l'atmosphère.

Ce phénomène de sulfato-réduction se serait produit au lendemain d'un événement majeur de l'histoire de la Terre, une glaciation de type « Terre boule de neige », une période où la planète a été entièrement couverte de glace. Selon Pierre Sans-Jofre et ses collègues, la déglaciation aurait conduit à un apport important de phosphate et de fer dans les océans. Ces éléments ont favorisé le développement massif d'algues qui ont alors consommé l'oxygène dissous dans l'eau. Appauvri en oxygène, le milieu est devenu plus favorable à des métabolismes associés à une respiration anaérobie, tels que celui des bactéries mises en évidence par les chercheurs.

Ces deux résultats se complètent et précisent ainsi les facteurs en jeu à une époque cruciale dans l'évolution de l'atmosphère terrestre.

William Rowe-Pirra

N. J. F. Blamey et al., *Geology*, vol. 44, pp. 651-654, 2016; P. Sans-Jofre et al., *Nature Comm.*, vol. 7, article 12192, 2016

Neurosciences

Mots et tons : les chiens font la différence

Le meilleur ami de l'homme ne cesse de surprendre. Attila Andics, éthologue à l'université Loránd Eötvös de Budapest, et ses collègues ont montré que le cerveau du chien traite séparément le sens des mots et le ton employé. Or ces fonctions font appel, chacune, à un hémisphère différent du cerveau, une aptitude que l'on pensait peu répandue en dehors de l'espèce humaine. Le neurobiologiste Georges Chapouthier nous explique les implications de cette latéralisation des hémisphères cérébraux.

Que savait-on du traitement de la parole humaine par les chiens ?

Georges Chapouthier :

Une idée très répandue est que les animaux, êtres émotionnels, sont capables de reconnaître les intonations mais pas la signification des mots. Or Attila Andics et son équipe ont montré que les chiens traitent séparément les données sémantiques et les données d'intonation. Ce que nous leur disons est analysé dans l'hémisphère gauche du cerveau alors que la façon dont nous le disons est analysée dans le cortex auditif de l'hémisphère droit.

Comment les chercheurs ont-ils établi ce résultat ?

G. C. : Ils ont travaillé avec treize chiens appartenant à quatre lignées différentes. Ils ont utilisé une technique d'imagerie cérébrale, l'IRM fonctionnelle, pour visualiser les régions de leur cerveau activées lors des expériences. Les expérimentateurs devaient soit dire des mots gentils (« bon chien », « bien joué... ») avec une voix enjouée ou neutre, soit dire des mots sans aucune signification pour le chien (« pourtant », « ainsi... ») sur les mêmes tons enjoués ou neutres. Lorsque les mots avaient un sens pour le chien, l'hémisphère gauche s'activait, et de même pour l'hémisphère droit lorsque

l'intonation exprimait un sentiment.

En quoi ces travaux sont-ils novateurs ?

G. C. : Contrairement à des travaux antérieurs qui analysaient l'aptitude remarquable de certains chiens à connaître un grand nombre de mots, cette étude est la première à opposer la capacité des chiens à reconnaître les mots employés à celle de reconnaître les tons utilisés.



G. Chapouthier, directeur de recherche émérite CNRS

Elle montre ainsi que leur cerveau est latéralisé sur le plan fonctionnel, c'est-à-dire que les deux hémisphères ont des fonctions différentes.

Quelles sont les implications de cette découverte ?

G. C. : Que la latéralisation hémisphérique est un phénomène beaucoup plus répandu et ancien qu'on ne le croyait. Nous connaissons, en dehors des primates, très peu d'animaux dont les hémisphères cérébraux ont des fonctions différentes. C'est le cas de certains oiseaux avec leur chant

(comme l'étourneau) et des rats, dans la perception des hormones. Cette étude suggère donc que la latéralisation des hémisphères est un phénomène qui pourrait être présent dans de nombreux groupes encore non étudiés. Dans le cas spécifique du langage, on peut penser que la capacité des deux hémisphères à traiter des informations différentes – hémisphère gauche pour les éléments analytiques et hémisphère droit pour les données émotionnelles – remonte au moins à l'ancêtre commun des chiens et des primates (il y a près de 125 millions d'années).

Quelles suites donner à cette étude ?

G. C. : Afin de mieux visualiser quelle région de l'hémisphère gauche s'active pour traiter la parole humaine, l'expérience gagnerait à être reconduite avec un groupe plus homogène de chiens. En effet, les sujets testés dans cette étude ont des caractéristiques diverses : mâles et femelles entre 1 et 12 ans, de quatre races différentes. Dans un second temps, il serait intéressant d'étudier d'autres espèces telles que les éléphants, les dauphins, les corbeaux...

Alice Maestracci

A. Andics et al., *Science*, vol. 353, pp. 1030-1032, 2016