

Quand et comment l'oxygène est apparu sur Terre ?

<https://www.notre-planete.info/actualites/1579-grande-oxygenation-Terre>

© [Christophe Magdelaine](#) / www.notre-planete.info - Licence : Tous droits réservés

L'histoire de la vie sur Terre est intimement liée à celle de l'apparition de l'oxygène dans notre atmosphère. Or, la grande oxygénation de l'atmosphère terrestre, apparue entre 2,5 et 2,2 milliards d'année reste mal comprise et cernée. De nouvelles recherches apportent des éléments de réponse sur cet évènement majeur.

Notre planète n'a pas toujours été pourvue d'oxygène (O₂), ce gaz indispensable à la quasi totalité de la vie terrestre actuelle. L'oxygène apparaît timidement il y a 3,8 milliards d'années alors que la Terre est enfin dotée d'un océan et d'une atmosphère primitive. Les premières formes de vie, adaptées à un milieu pauvre en oxygène (anoxique) et au rayonnement ultraviolet intense, apparaissent.

La vie sur Terre est-elle possible sans oxygène ?

Des scientifiques ont découvert en 2010 les premiers organismes pluricellulaires capables de survivre et de se reproduire dans un environnement totalement dépourvu d'oxygène. Ces étonnantes formes de vie ont été découvertes sur le plancher de la Mer Méditerranée (bassin de l'Atalante, à 200 kilomètres au large de la côte ouest de la Crète). Elles vivent dans un environnement dépourvu d'oxygène mais riche en sulfures. Les scientifiques ont constaté que ces organismes pluricellulaires du groupe des Loricifères sont vivants, mais qui plus est, ont un métabolisme actif et peuvent même se reproduire ([BMC Biology, 2010](#)).

D'après les hypothèses actuelles, ce n'est qu'à partir de 3 milliards d'années que l'oxygène commence à s'accumuler dans l'atmosphère principalement grâce à la multiplication des micro-organismes photosynthétiques et la modification de la composition des roches du manteau terrestre, moins riches en olivine - qui piège l'oxygène ([Nature Geoscience, 2017](#)).

Puis, vers 2,32 milliards d'années, la quantité d'oxygène dans l'atmosphère aurait fortement augmenté en seulement 10 millions d'années, à l'échelle planétaire. Cet évènement est appelé la **grande oxygénation de l'atmosphère terrestre** ou grande oxydation (Great Oxidation Event, GOE).

Pour comprendre quand, comment et à quelle vitesse cet épisode est apparu, une équipe internationale de chercheurs a étudié la systématique des quatre isotopes du soufre dans plus de 700 mètres de dépôts sédimentaires australiens.

Sur le même sujet :

- [L'oxygène : un acteur majeur de la formation de la Terre et de la composition du noyau](#)
- [L'histoire chaotique de l'oxygène atmosphérique sur Terre](#)
- [Quelle était l'atmosphère de la Terre il y a 4 milliards d'années ?](#)
- [L'oxygène : un poison pendant plusieurs milliards d'années...](#)

Les résultats obtenus montrent les limites des connaissances actuelles : l'oxygénation de la Terre aurait commencé bien plus tôt que traditionnellement admis et son enregistrement n'a pas été

simultané d'un continent à l'autre (Australie, Afrique du Sud, Amérique du Nord) mais étalé dans le temps sur presque 300 millions d'années. Ce décalage apparent reflète un effet local lié à l'altération en conditions oxydantes de surfaces continentales plus anciennes.

Aujourd'hui, l'oxygène est un gaz très abondant et représente 21 % du volume de l'air. Cependant, [l'oxygène se raréfie dans de plus en plus de régions marines](#), que l'on qualifie de "zones mortes".

Référence

[Globally asynchronous sulphur isotope signals require re-definition of the Great Oxidation Event](#) ; Philippot, P., Ávila, J., Killingsworth, B., Tessalina, S., Baton, F., Caquineau, T., Muller, E., Pecoits, E., Cartigny, P., Lalonde, S., Ireland, T., Thomazo, C., Van Kranendonk, M.J. and Busigny, V., Nature Communications, DOI: 10.1038/s41467-018-04621-x, 8 juin 2018

Source

[La grande oxygénation de l'atmosphère terrestre revisitée](#) - CNRS / INSU

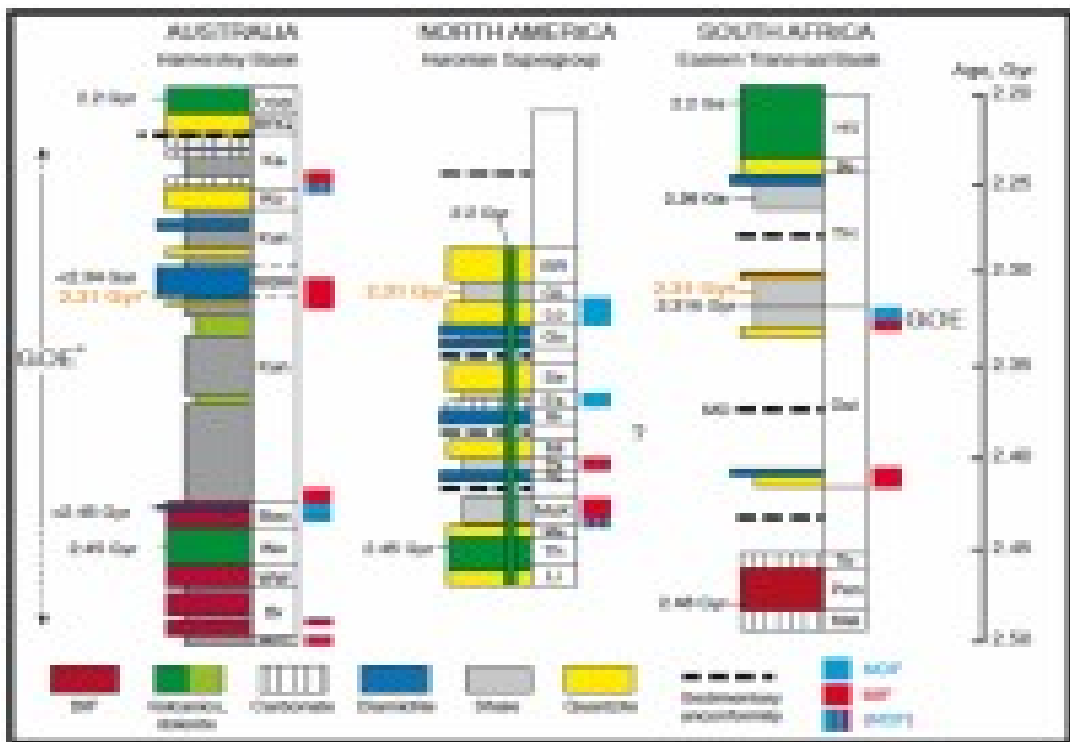
La grande oxygénation de l'atmosphère terrestre revisitée

Vendredi, 8 juin 2018 <http://www.insu.cnrs.fr/node/9323>

Pour comprendre quand, comment et à quelle vitesse l'oxygène est devenu un composant de notre atmosphère entre environ 2,5 et 2,2 milliards d'années, une équipe internationale⁽¹⁾ a étudié la systématique des quatre isotopes du soufre dans plus de 700 mètres de dépôts sédimentaires australiens. Les résultats obtenus montrent que l'oxygénation de la planète a commencé bien plus tôt que traditionnellement admis et que son enregistrement n'a pas été synchrone d'un continent à l'autre (Australie, Afrique du Sud, Amérique du Nord) mais étalé dans le temps sur presque 300 millions d'années. Ce décalage apparent reflète un effet local lié à l'altération en conditions oxydantes de surfaces continentales plus anciennes.

En l'absence d'oxygène dans l'atmosphère, la photolyse UV de dioxyde de soufre (SO₂) libéré par l'activité volcanique se traduit par la production de composés soufrés caractérisés par des fractionnements isotopiques très particulier dits indépendant de la masse (noté, MIF-S). En se dissolvant dans l'océan, ces composés soufrés transfèrent cette anomalies isotopiques au registre sédimentaire lors de leur précipitation sous forme de pyrite, par exemple. En présence d'oxygène atmosphérique, ces fractionnements isotopiques particuliers disparaissent. La grande oxygénation de l'atmosphère terrestre (Great Oxidation Event, GOE) entre 2,5 et 2,2 milliards d'années (Ga) a été définie comme l'intervalle de temps pendant lequel une quantité suffisante d'oxygène atmosphérique était présent pour empêcher la production et le transfert de ces anomalies isotopiques dans le registre sédimentaire. La disparition de ces anomalies isotopiques dans des sédiments d'Afrique du Sud sur quelques mètres d'épaisseur de sédiments, a conduit des études précédentes à proposer que l'augmentation de l'oxygène dans l'atmosphère a été rapide (moins de 10 millions d'années, Ma) et globalement synchrone à environ 2,32 Ga sur l'ensemble du globe. Cependant, comme illustré dans la figure, la présence d'importantes lacunes sédimentaires dans les séquences d'Afrique du Sud implique que ce modèle d'oxygénation reste mal contraint.

Corrélation temporelle des séquences sédimentaires associées au GOE d'Australie, d'Amérique du Nord et d'Afrique du Sud. Le modèle d'oxygénation proposé (noté GOE*, Australie) est indiqué comme un intervalle



d'environ 300 Ma. L'intervalle noté GOE en Afrique du Sud correspond au modèle classique, dans lequel l'oxygénation de l'atmosphère est considéré comme rapide (1 à 10 Ma) et globalement synchrone à environ 2,32 Ga sur l'ensemble du globe. Les segments rouges et bleus à droite des colonnes stratigraphiques représentent la composition isotopique en soufre des pyrites sédimentaires. MIF = Fractionnement indépendant de la masse. MDF = Fractionnement dépendant de la masse. Afin de mieux contraindre les mécanismes, l'amplitude et la durée du GOE, nous avons réalisé une campagne de forages dans le bassin du Hamersley en Australie occidentale afin de pouvoir étudier un échantillonnage représentatif qui recoupe la période entre 2,5 et 2,2 Ga associée au GOE. La séquence sédimentaire étudiée est le groupe du Turee Creek, laquelle, à la différence de ses équivalents d'Afrique du Sud et d'Amérique du Nord, ne présente pas de discontinuité sédimentaire majeure.

L'analyse des isotopes du soufre à haute résolution stratigraphique montre un signal MIF-S relativement homogène et de faible amplitude ($1 \pm 0.5\%$) sur l'ensemble des carottes. Ce signal est ponctué de plusieurs intervalles sédimentaires dans lesquels les sulfures ne présentent pas d'anomalies MIF-S. La présence d'épisodes de dépôt sans MIF-S impliquent que des quantités non négligeables d'oxygène étaient présentes dans l'atmosphère dès 2,45 Ga. Le signal MIF-S de l'ordre de 1‰ représente la moyenne des anomalies isotopiques mesurées dans les sulfures de la période archéenne (4,0 à 2,5 Ga) antérieure au GOE.

L'enregistrement d'une telle anomalie sur plus de 700 mètres de carottes de forage ne peut s'expliquer par un processus atmosphérique, mais résulte vraisemblablement de l'altération en conditions oxydantes de surfaces continentales plus anciennes (archéennes) et le recyclage d'un réservoir de sulfate de composition isotopique homogène de l'ordre de 1‰ dans l'océan. Ce modèle permet d'expliquer que l'enregistrement MIF-S dans les sédiments d'Afrique du Sud, d'Amérique du Nord et d'Australie ne soit pas synchrone car dépendant des surfaces d'altération locales. Ces résultats impliquent que le paradigme actuel de définir le GOE à 2,33-2,32 Ga en se basant sur la dernière occurrence de MIF-S en Afrique du Sud doit être abandonné.

Cette étude a été financée par le Labex UnivEarths de l'Université Sorbonne Paris Cité (ANR-10-LABX-0023 and ANR-11-IDEX-0005-02).

Note(s):

1. Les laboratoires et organismes impliqués sont les suivants : Institut de physique du globe de Paris (IPGP / CNRS / Université Paris Diderot) et Géosciences Montpellier (Géosciences Montpellier/OREME, Université de Montpellier / / CNRS / Université Antilles), Research School of Earth Sciences (Australian National University, Australie), Laboratoire géosciences océan (LGO/IUEM, CNRS / UBO / UBS), John de Laeter Centre for Isotope Research (Curtin University, Australie), Biogéosciences (EPHE / Université de Bourgogne Franche-Comté / CNRS) et School of Biological, Earth and Environmental Sciences (University of New South Wales, Australie).

Source(s):

Globally asynchronous sulphur isotope signals require re-definition of the Great Oxidation Event, Philippot, P., Ávila, J., Killingsworth, B., Tessalina, S., Baton, F., Caquineau, T., Muller, E., Pecoits, E., Cartigny, P., Lalonde, S., Ireland, T., Thomazo, C., Van Kranendonk, M.J. and Busigny, V., Nature Communications, DOI: 10.1038/s41467-018-04621-x, 8 juin 2018

Contact(s):

- **Pascal Philippot**, IPGP et Géoscience Montpellier
pascal.philippot@umontpellier.fr, 07 81 11 07 63