



www.cnrs.fr



COMMUNIQUÉ DE PRESSE MIDI-PYRENEES - TOULOUSE LE 29 DECEMBRE 2008

Un « super effet de serre » qui perdure après l'absolue glaciation « boule de neige »

Une équipe de chercheurs toulousains du Laboratoire des mécanismes et transferts en géologie (CNRS/UT3 – Observatoire Midi-Pyrénées), en collaboration avec des équipes du Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement (LSCE/IPSL), du « Department of geophysical sciences » (University of Chicago) et de la « School of earth and environmental sciences » (University of Adelaide) ont modélisé le climat de « super effet de serre » qu'a dû connaître notre planète après sa période d'intense glaciation dite « boule de neige ». Contre toute attente, ce climat extrêmement chaud a dû être suffisamment sec pour que l'altération continentale, et donc la consommation du CO₂ atmosphérique, en soit fortement limitée. Le retour à des conditions préglaciaires n'a donc pas pu se faire avant plusieurs millions d'années.

Il y a environ 700 Ma au cours du néo-Protérozoïque, la Terre aurait connu un refroidissement extrême et unique dans son histoire, au cours duquel elle aurait été entièrement recouverte de glace. Cette hypothèse, dite de la Terre « boule de neige » ou *Snowball Earth*, pourrait s'expliquer par la dislocation du super continent Rodania qui regroupait alors toutes les surfaces continentales de la planète et s'étendait des latitudes 60° nord à 60° sud.

Comment cette Terre entièrement blanche a-t-elle perdu sa couverture neigeuse ?

Un scénario simple pourrait être que l'accumulation dans l'atmosphère, pendant des millions d'années, du CO₂ issu du volcanisme a permis la genèse d'un méga effet de serre (avec une pression en CO₂ dans l'atmosphère plus de 600 fois la pression actuelle) capable de surpasser l'effet refroidissant du fort albédo des glaces et de la neige. La fonte de la glace aurait alors conduit à une forte diminution de l'albédo planétaire, donc à une accélération du réchauffement et *in fine* à une déglaciation extrême et une montée rapide des eaux, le CO₂ demeurant dans l'atmosphère.

Cette situation singulière a amené les climatologues à considérer cette époque post-glaciaire comme une période dite de « super effet de serre » ou *hothouse*¹, caractérisée par :

- un cycle hydrologique intense ;
- des températures tropicales généralisées ;
- une très forte altération continentale², amplifiée par les pluies acides (pH ~ 4) engendrées par la forte concentration atmosphérique en CO₂.

Cependant, le climat au lendemain d'une telle glaciation globale n'avait jamais été jusqu'à présent rigoureusement modélisé.

¹ Comme les termes « icehouse » et « greenhouse », qui qualifient de très longues périodes glaciaires et interglaciaires respectivement, ce terme se réfère à un climat ayant perduré sur une longue échelle de temps.

² Les silicates (granites, basaltes...) et carbonates (sédiments anciens) continentaux sont dissous par l'eau, selon un processus chimique qui consomme du CO₂ atmosphérique, et ce d'autant plus qu'il fait chaud et humide et que l'eau est acide. Lessivés par le ruissellement, les produits de l'altération chimique atteignent la mer dans laquelle ils précipitent, donnant des carbonates qui se déposent en banc sur les dépôts glaciaires piégeant ainsi une partie du carbone atmosphérique. Au cours de ces processus, seuls les silicates sont globalement consommateurs de CO₂ atmosphérique.



www.cnrs.fr



Quels sont aujourd'hui les vestiges de la fin de cette période « boule de neige » ?

Les uniques témoins de cette période post-glaciaire sont les bancs de carbonates² riches en magnésium qui recouvrent aujourd'hui les dépôts glaciaires du néo-Protérozoïque, formant des couches dont l'épaisseur varie entre 2 et 38 mètres. Ce sont leurs caractéristiques sédimentaires et leurs anomalies géochimiques qui permettent en effet de considérer ces carbonates comme l'expression de l'altération intense des continents qui a dû accompagner le dégel massif de la « boule de neige ». La compréhension de ces déglaciations extrêmes passe donc par la compréhension de la formation de ces dépôts inhabituels de carbonates.

Pour explorer l'évolution climatique de la Terre au cours de la période de super effet de serre qui a suivi la période « boule de neige » et la formation associée de couches épaisses de carbonates, les chercheurs ont utilisé un modèle de circulation générale de l'atmosphère, identique à ceux utilisés pour la prédiction du climat futur, couplé à un modèle d'altération chimique des surfaces continentales. Ils ont ainsi pu estimer les flux de l'altération continentale post-glaciaire, un travail qui a nécessité la reconstruction de la température et du ruissellement, principaux facteurs de contrôle de cette altération.

Le principal résultat de cette étude a été de démontrer que, dans la configuration continentale de l'époque, ce climat extrêmement chaud était relativement sec, suffisamment pour que l'altération continentale sature³ beaucoup plus rapidement que prévu. Les chercheurs ont ainsi estimé que, pour une pression atmosphérique de CO₂ égale à 400 fois la pression actuelle, le ruissellement ne pouvait dépasser 1,5 fois celui observé aujourd'hui et par conséquent que le flux de l'altération continentale ne pouvait atteindre au mieux que 10 fois sa valeur actuelle.

Les implications de ce résultat sont doubles. D'une part, la limitation de l'altération continentale, qui rappelle la consommation de CO₂ atmosphérique², implique que plusieurs millions d'années seront nécessaires pour que le carbone stocké dans l'atmosphère revienne à son niveau d'équilibre préglaciaire, et non pas quelques milliers d'années comme cela était supposé. Ainsi, les climats extrêmement chauds qui suivent des climats extrêmement froids ayant perduré des millions d'années semblent devoir durer également plusieurs millions d'années. D'autre part, en utilisant les hypothèses les plus favorables, le flux calculé de cations de magnésium provenant de l'altération continentale indique que plusieurs centaines de milliers d'années seront nécessaires pour obtenir les épaisseurs actuelles des bancs de carbonates magnésiens.

Si le dépôt des carbonates cesse dès que le niveau de la mer s'arrête de monter, comme le pensent les spécialistes des sédiments, cela signifie que l'élévation du niveau marin (soit la phase de fonte) a duré beaucoup plus longtemps que supposé jusqu'alors sur la base des glaciations Quaternaires (environ 10 000 ans). Sinon, c'est que ces cations viennent d'ailleurs...

³ Cette saturation est due au fait que le ruissellement (différence entre les précipitations atmosphériques et l'évaporation), qui favorise l'altération continentale, n'augmente pas de manière proportionnelle mais de manière asymptotique avec la température (plus la température est élevée, moins le ruissellement augmente avec la température). En effet, la quantité d'énergie solaire reçue par la Terre étant limitée et indépendante de la teneur en CO₂ de l'atmosphère et l'énergie perdue par évaporation ne pouvant excéder l'énergie incidente solaire, l'intensité du cycle hydrologique (et donc celle du ruissellement) est intrinsèquement limitée : elle atteint son maximum lorsque la quasi-totalité de l'énergie incidente est perdue via l'évaporation.



www.cnrs.fr



Ce travail a été financé par le programme Eclipse de l'INSU et par le projet AccroEarth financé par l'ANR.

Source

G. Le Hir, Y. Donnadieu, Y. Goddérès, R. T. Pierrehumbert, G. P. Halverson, M. Macouin, A. Nédélec, G. Ramstein, The snowball Earth aftermath: Exploring the limits of continental weathering processes, *Earth and Planetary Science Letters*, mis en ligne le 28 décembre 2008

Contacts

Contact Presse | Carine Desaulty | T 05 61 33 60 54 | carine.desaulty@dr14.cnrs.fr

Contact Chercheur | Yves Goddérès | T 05 61 33 26 15 | godderis@lmtg.obs-mip.fr