

External Geophysics, Climate and Environment

Coupled modeling of global carbon cycle and climate in the Neoproterozoic: links between Rodinia breakup and major glaciations

Yves Godd ris^{a,*}, Yannick Donnadi u^b, C line Dessert^c, Bernard Dupr ^a,
Frédéric Fluteau^d, Louis M. Fran ois^e, Joseph Meert^f, Anne N d lec^a, Gilles Ramstein^b

^a LMTG, Observatoire Midi-Pyr n es, CNRS/universit  Paul-Sabatier, route de Narbonne, 31062 Toulouse cedex, France

^b LSCE, CNRS/CEA, b timent 701, Orme des Merisiers, 91191 Gif-sur-Yvette cedex, France

^c Department of Earth Sciences, University of Cambridge, Downing Street, Cambridge CB2 3EQ, UK

^d IPGP, tour 24, BP 89, 4, place Jussieu, 75252 Paris cedex 05, France

^e LPAP, universit  de Li ge, 5, avenue de Cointe, B4000 Li ge, Belgium

^f Department of Geological Sciences, University of Florida, 241 Williamson Hall P.O. Box 112120, Gainesville, FL 32611, USA

Received 23 November 2004; accepted 14 December 2005

Available online 24 January 2006

Written on invitation of the Editorial Board

Abstract

A coupled climate–geochemical model of new generation (GEOCLIM) is used to investigate the possible causes of the initiation of snowball glaciations during Neoproterozoic times. This model allows the calculation of the partial pressure of atmospheric CO₂ simultaneously with the climate at the continental surface with a rough 2D spatial resolution (10° lat. × 50° long.). We calculate that the breakup of the Rodinia supercontinent, starting 800 Myr ago, results in a global climatic cooling of about 8 °C triggered by enhanced consumption of atmospheric CO₂ resulting from increased runoff over continental surfaces. This increase in runoff is driven by the opening of oceanic basins resulting in an increase of soil moisture sources close to continental masses. This climatic effect of the supercontinent breakup is particularly strong within the 800–700 Ma interval since all continents are located in the equatorial area, where temperature and runoff conditions optimize the consumption of CO₂ through weathering processes. However, this effect alone is insufficient to trigger snowball. We propose that the efficient weathering of fresh basaltic surfaces that erupted during the Rodinia breakup, and were transported to the humid equatorial area through continental plate motion, contributed the necessary CO₂ sink that triggered the ca. 730-Ma Sturtian glacial event. Simulations of the GEOCLIM model for the ca 580-Ma Gaskiers ice age, where all continents are centered on the South Pole, shows that no snowball glaciation can be initiated. The calculated CO₂ partial pressure remains above 1000 ppmv, while a threshold of less than 80 ppmv is required to initiate a snowball glaciation. At that time, a polar configuration does not allow the onset of total glaciation. Nevertheless, a regional glaciation is simulated by the GEOCLIM when the climatic and geochemical (i.e. weathering related) effects of the Pan-African orogeny (~600 Ma) are taken into account. Finally, the question of the role of the paleogeographic setting in the Marinoan snowball event (~635 Ma) is still an open question, since no reliable Marinoan paleogeographic reconstruction exists due to the paucity of paleomagnetic data. **To cite this article:** Y. Godd ris et al., C. R. Geoscience 339 (2007).

  2006 Académie des sciences. Published by Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

* Corresponding author.

E-mail address: godderris@lmtg.obs-mip.fr (Y. Godd ris).

Résumé

Modélisation coupl e du cycle du carbone et du climat au N oproterozo ique : liens entre la dislocation du supercontinent Rodinia et les glaciations majeures. Un modèle couplé géochimie–climat de nouvelle génération (GEOCLIM) est utilisé afin d’explorer les causes de l’initiation de glaciations de type « boule de neige » à la fin du Prot rozo ique. Ce modèle permet le calcul de la teneur en CO₂ dans l’atmosphère et du climat de manière simultanée, avec une résolution spatiale de 10° en latitude sur 50° en longitude. Sur la base de simulations par ce modèle, nous calculons que la dislocation du supercontinent Rodinia (qui commence vers 800 Ma) provoque un refroidissement global du climat de 8 °C, consécutif à l’augmentation de la consommation de CO₂ atmosphérique, elle-même liée à l’augmentation du ruissellement continental. Cet accroissement du ruissellement est lié à l’ouverture de bassins océaniques, agissant comme autant de sources d’humidité à proximité des continents. Cet effet climatique de la dislocation d’un supercontinent est particulièrement efficace aux alentours de 800–700 Ma, puisque tous les continents se situent dans la zone équatoriale, où les conditions de température et de ruissellement optimisent la consommation de CO₂ par les processus d’altération. Quand tous les effets liés à la dislocation de la Rodinia sont pris en compte, y compris l’altération très rapide des surfaces basaltiques fraîches qui se sont épanchées à la surface des continents durant les phases initiales de la dislocation et qui sont emmenées dans la zone équatoriale humide par la dérive des continents, une glaciation « boule de neige » est initiée, correspondant à l’ v nement glaciaire sturtien (~730 Ma). Des simulations du modèle GEOCLIM de la glaciation Gaskiers (580 Ma), où les continents sont regroupés aux alentours du pôle Sud, montrent qu’une glaciation de type « boule de neige » ne peut être initiée. La pression partielle de CO₂ atmosphérique calculée par GEOCLIM est en effet supérieure à 1000 ppmv, alors que le seuil requis pour initier une glaciation « boule de neige » Gaskiers est de l’ordre de 80 ppmv. Nous en déduisons qu’une configuration polaire des continents n’autorise pas la formation d’une Terre « boule de neige ». Néanmoins, une glaciation régionale est simulée par GEOCLIM   580 Ma, lorsque les effets géochimiques (impact sur l’altération) et climatiques de l’orogène panafricain sont pris en compte, en accord avec les données existantes. Enfin, le rôle de la paléogéographie dans le cadre de la glaciation « boule de neige » du Marinoen (~635 Ma) n’a pu être testé, par manque de données paléomagnétiques fiables, ce qui n’autorise pas une reconstruction paléogéographique précise. *Pour citer cet article : Y. Godd ris et al., C. R. Geoscience 339 (2007).*

  2006 Académie des sciences. Published by Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

Keywords: Numerical modeling; Carbon cycle; Climates; Neoproterozoic; Rodinia carbon

Mots clés : Modélisation numérique ; Cycle du carbone ; N oproterozo ique ; Rodinia

Version française abrégée

Le N oproterozo ique est une période marquée par des épisodes de glaciation majeurs [17,20,21,24]. Trois  v nements ont été jusqu’à présent identifiés : la glaciation sturtienne (vers 750–710 Ma) [10], la glaciation marinoenne (autour de 635 Ma) [21] et la glaciation varangienne ou Gaskiers (580 Ma) [4,45]. Parmi ces trois glaciations, les deux premières pourraient correspondre à des glaciations totales dites « boule de neige », consécutives, en particulier, à l’abondance de dépôts glaciaires à basse latitude [10,20,21,25]. Si l’existence de glaciations « boule de neige » durant le N oproterozo ique tend aujourd’hui à faire l’unanimité, les causes de ces  v nements restent largement inexplorées.

Dans le cadre du programme ECLIPSE du CNRS *Comprendre et modéliser les glaciations du N oproterozo ique*, nous avons développé un outil numérique nouveau (GEOCLIM [7]), couplant un modèle climatique de basse résolution (le modèle CLIMBER, 50° de longitude × 10° de latitude [39]), et un modèle géochimique décrivant, entres autres,

les cycles globaux du carbone et de l’alcalinité (COMBINE [14]). GEOCLIM permet donc de calculer la teneur en CO₂ atmosphérique à l’équilibre, avec une configuration paléogéographique donnée (Fig. 1), et pour un dégazage de la Terre solide fixé (Fig. 2). En effet, la résolution spatiale 2D de GEOCLIM autorise le calcul de la consommation de CO₂ atmosphérique par altération des silicates à la surface des continents, avec une résolution spatiale non nulle. Cette résolution permet d’étudier, de manière explicite, l’impact de la configuration continentale sur le ruissellement continental, premier facteur contrôlant l’altération des silicates [6,37], ce qui était inaccessible aux modèles 0D existants [2]. GEOCLIM nous a permis d’explorer pour la première fois l’impact géochimique et climatique du fractionnement du supercontinent Rodinia, qui débute aux alentours de 800 Ma [32].

Vers 800 Ma, la Rodinia se trouve localisée à l’ quateur et sa dislocation disperse les blocs continentaux le long de celui-ci. Les pal olatitudes maximales atteintes par ces blocs continentaux aux alentours de 730 Ma restent comprises entre 40°N et 40°S [31,32]. Cette configuration continentale est

Download English Version:

<https://daneshyari.com/en/article/4463171>

Download Persian Version:

<https://daneshyari.com/article/4463171>

[Daneshyari.com](https://daneshyari.com)