

# DS P2 La terre boule de neige

[Lien vers le sujet](#)

[Barème](#)

Éléments scientifiques issus des documents:

Sturtien = de - 740 Ma à - 650 Ma

Dropstone = bloc de délestage = indicateur présence glacier

Présence de dropstones datées du Sturtien sur tous les continents actuels

Au Tonien (- 900 Ma) les continents étaient réunis au sein d'un super continent unique: Rodinia

Au Tonien (- 900 Ma) mise en place de nombreuses collisions induisant la formation de chaînes de montagnes; et de nombreuses subductions aussi.

Juste avant le Sturtien (- 750 Ma), séparation (fragmentation) Rodinia en plusieurs continents induit l'apparition de provinces basaltiques émergées.

L'altération des roches basaltiques (océaniques) consomme 8 fois plus de CO<sub>2</sub> que l'altération des roches granitiques (continentales)

Le taux de consommation spécifique du CO<sub>2</sub> est beaucoup plus fort dans les fleuves de chaînes de montagnes (Himalaya) que dans les fleuves de plaines (Amazone). Or ce taux est proportionnel à la consommation de CO<sub>2</sub> atmosphérique due à l'altération des roches des régions traversées par le fleuve.

L'altération des roches (consommatrice de CO<sub>2</sub>) est donc beaucoup plus forte au niveau des chaînes de montagnes.

Le modèle GEOCLIM montre que la concentration en CO<sub>2</sub> atmosphérique doit être inférieure à 250 ppm pour induire (du fait des rétroactions positives du CO<sub>2</sub> et de l'albédo) une glaciation totale de la planète, c'est à dire un épisode "boule de neige".

Les simulations réalisées à partir du modèle GEOCLIM montrent que si on prend en compte l'existence de provinces volcaniques, la concentration en CO<sub>2</sub> atmosphérique était au Sturtien inférieure au seuil requis (inférieure à 250 ppm) pour induire une glaciation totale de la planète, soit un épisode "boule de neige"

Éléments scientifiques issus des connaissances:

- Effet de serre
- Albédo
- Rétroactions climatiques
- Altération
- Conséquences altérations silicates (consommation de CO<sub>2</sub> atmosphérique)

---

*Le sujet demande de présenter les arguments en faveur de l'hypothèse d'une glaciation majeure, puis les causes possibles de cette glaciation. On pourrait être tenté de faire 2 parties (I Les arguments, II Les causes), mais ce serait un peu déséquilibré (on a un seul argument: les dropstones).*

*Pour éviter ce déséquilibre, on peut présenter l'argument en introduction et recentrer ensuite le sujet sur les causes. (C'est souvent une bonne approche lorsqu'on vous demande d'expliquer un phénomène: présenter ce phénomène en intro, puis poser le problème: comment expliquer ce phénomène)*

*On peut ensuite faire un développement en suivant la chronologie des événements ayant amené à la glaciation, et en intégrant quelques connaissances utiles ainsi que les données des modèles climatiques pour conclure.*

*J'utilise cette démarche dans la synthèse ci dessous. Il est important de veiller à obtenir une synthèse fluide et chronologique !*

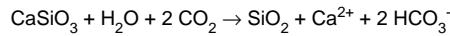
---

Les épisodes qualifiés de "Terre boule de neige" sont des périodes très froides durant lesquelles la Terre était entièrement recouverte de glace. Ces épisodes se seraient produits à trois reprises au cours de l'histoire de la Terre. Certains scientifiques suggèrent qu'un tel épisode se serait produit au Sturtien (- 740 Ma à - 650 Ma). Différents indices semblent le confirmer; on retrouve en effet des dropstones datées du Sturtien sur tous les continents actuels, ces blocs de délestage déposés par des glaciers attestent donc d'une glaciation générale au Sturtien.

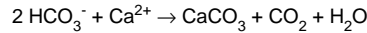
## Comment expliquer le refroidissement climatique à l'origine de l'épisode de Terre boule de neige au Sturtien ?

Un peu avant le Sturtien, au Tonien (- 900 Ma) les continents étaient tous réunis au sein d'un super continent unique: la Rodinia. Ce super continent était le siège d'une activité tectonique liée à un contexte convergent et à l'origine de collisions et de subductions. Les nombreuses collisions induisent la formation de chaînes de montagnes (orogénèse)

Tous les reliefs sont soumis à l'altération, principalement sous l'effet de l'eau liquide ou solide. Ainsi, sous l'effet de l'eau, l'altération des silicates des roches magmatiques ou métamorphiques constitutives de la croûte continentale, consomme du CO<sub>2</sub>. Il y a transfert de CO<sub>2</sub> atmosphérique vers l'hydrosphère :



L'apport en Ca<sup>2+</sup> et HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> dans les océans provoque alors un décalage de l'équilibre océanique entre la précipitation et la dissolution des carbonates dans le sens de la précipitation:



Ainsi pour 2 CO<sub>2</sub> prélevés dans l'atmosphère lors de l'altération d'un silicate (CaSiO<sub>3</sub>), l'un se retrouve piégé dans un carbonate (CaCO<sub>3</sub>) tandis que l'autre se retrouve solubilisé dans l'hydrosphère. Ce mécanisme induit une diminution de la concentration en CO<sub>2</sub> atmosphérique.

On observe que le taux de consommation spécifique du CO<sub>2</sub> est beaucoup plus fort dans les fleuves de chaînes de montagnes (Himalaya) que dans les fleuves de plaines (Amazonie). Or ce taux est proportionnel à la consommation de CO<sub>2</sub> atmosphérique due à l'altération des roches des régions traversées par le fleuve. L'altération des roches (consommatrice de CO<sub>2</sub>) est donc beaucoup plus forte au niveau des chaînes de montagnes.

Les chaînes de montagnes formées à partir de -900 Ma ont donc dû subir une forte altération, ce qui a consommé beaucoup de CO<sub>2</sub>

Juste avant le Sturtien (- 750 Ma), le contexte tectonique global change: il devient divergent et la Rodinia se fracture (rifting continental) en plusieurs continents qui dérivent (activité des dorsales). Cela induit l'apparition de larges provinces basaltiques (lithosphère océanique qui résulte de la forte activité des dorsales) émergées. Or l'altération des roches basaltiques consomme 8 fois plus de CO<sub>2</sub> que l'altération des roches granitiques.

Ces mécanismes d'altération qui consomment du CO<sub>2</sub> ont induit une baisse de la concentration en CO<sub>2</sub> atmosphérique à la fin du Tonien, juste avant le Sturtien. L'effet de serre est alors devenu moins fort, ce qui a initié un refroidissement global au début du Sturtien.

Ce refroidissement a pu être ensuite amplifié du fait des rétroactions positives du CO<sub>2</sub> et de l'albédo (lors d'un refroidissement):

Le CO <sub>2</sub> : un mécanisme amplificateur des variations climatiques	L'albédo: un mécanisme amplificateur des variations climatiques
Réchauffement -----> Dégazage CO <sub>2</sub> -----> Hausse [CO <sub>2</sub> ] atm ↑ Hausse effet de serre ←----- ↓	Réchauffement -----> Fonte calottes glaciaires -----> Baisse albédo ↑ ↓
Refroidissement -----> Dissolution CO <sub>2</sub> -----> Baisse [CO <sub>2</sub> ] atm ↑ Baisse effet de serre ←----- ↓	Refroidissement ----> Expansion calottes glaciaires ----> Hausse albédo ↑ ↓

Les modèles climatiques tels que le modèle GEOCLIM qui tiennent compte des différents paramètres climatiques, montrent ainsi que si la concentration en CO<sub>2</sub> atmosphérique est inférieure à 250 ppm cela peut induire une glaciation totale de la planète, c'est à dire un épisode "boule de neige".

Or les simulations réalisées à partir du modèle GEOCLIM montrent que si on prend en compte l'existence de provinces volcaniques (les provinces basaltiques formées vers -150 Ma, la concentration en CO<sub>2</sub> atmosphérique était au Sturtien inférieure au seuil requis (inférieure à 250 ppm) pour induire une glaciation totale de la planète. Le refroidissement initié à la fin du Tonien puis amplifié par rétroaction a donc pu induire un épisode de Terre boule de neige au Sturtien.