

L'ÉVOLUTION DES PALÉOCLIMATS DANS LES RÉGIONS POLAIRES (I)

L'histoire du climat de la Terre est faite de rebondissements : nombreux sont les incidents climatiques qui ont marqué son passé. S'il n'est pas simple de retracer sa ligne du temps, tant la variabilité du climat semble toujours avoir largement prédominé, géologues et paléoclimatologues ont toutefois pu mettre en évidence deux modes entre lesquels le climat de la Terre a toujours oscillé : des périodes froides, dites glaciaires et des périodes chaudes, dites interglaciaires. Si les premières sont synonymes de vastes calottes de glace, débordant depuis les pôles sur les régions tempérées, les secondes sont en revanche caractérisées par une fonte rapide des glaces et une hausse résultante du niveau marin global. Au regard de l'extrême froidure qui règne à présent sur chacun des pôles, arrêtons-nous un instant sur ces grands moments de froid qui ont marqué l'histoire de notre planète.

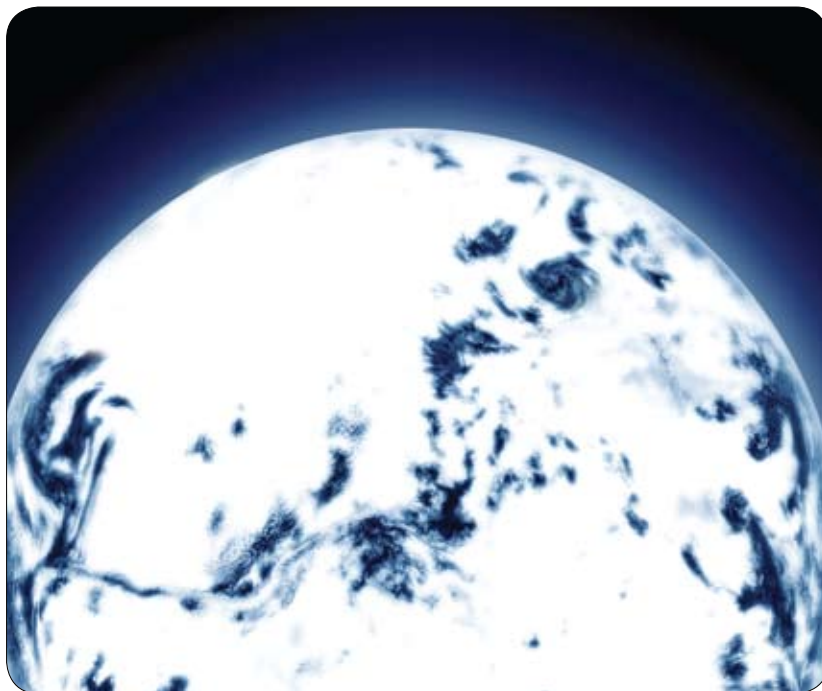


Figure 1

Variation de la température en surface au cours de l'histoire de la Terre

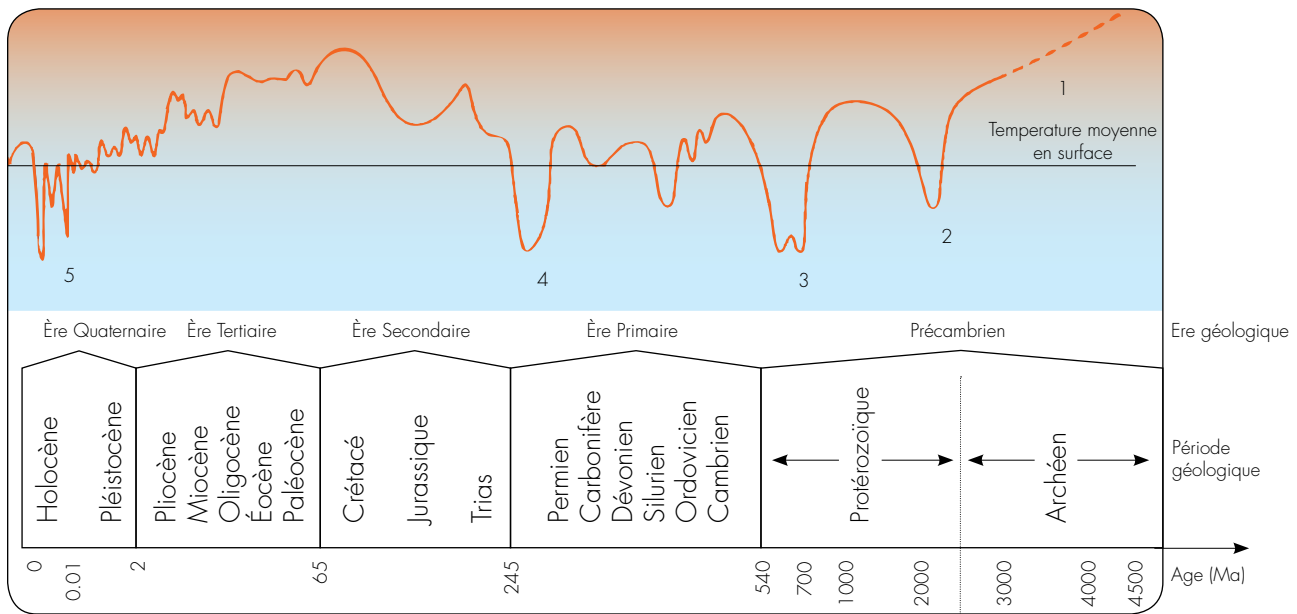
- 1 Période chaude du Précambrien inférieur (Archéen : -4,6 Ga à -2,5 Ga).
- 2 Hypothèse de glaciation (-2,3 Ga).
- 3 Episode froid de la "Terre, boule-de-neige" (Snow Ball Earth en anglais).
- 4 Glaciation Permo-carbonifère ou gondwanienne.
- 5 Glaciation Plio-Quaternaire (depuis -2Ma).

Rem. :

- Les points 4 et 5 sont développés à travers la fiche n°4.

- Unités de temps :

1 Ga = 1 milliard d'années
1 Ma = 1 million d'années



1) DES DÉBUTS PLUTÔT CHAHUTÉS :

Le climat du **Précambrien** (période géologique s'étirant depuis les origines de la Terre, il y a 4,6 milliards d'années jusqu'à -545 millions d'années) est encore assez mal connu dans l'ensemble, mais tout laisse penser qu'il devait y faire assez chaud dans l'ensemble (voir point 1 de la Figure 1). **Pourquoi la température en surface était-elle aussi élevée aux origines de la Terre ?** Malgré une insolation nettement plus faible qu'aujourd'hui (stade de "soleil pâle" durant les deux premiers milliards d'années, où la puissance était à peine égale à 75% de l'actuelle), un important effet de serre, résultant d'une atmosphère primitive particulièrement riche en gaz carbonique et méthane (principaux gaz à effet de serre), devait certainement compenser la faiblesse du rayonnement solaire originel.

2) QUELQUES GRANDS ÉVÈNEMENTS FROIDS :

2.1) L'épisode de la "Terre, boule-de-neige" :

Si certains géologues et paléoclimatologues font remonter les premières traces de glaciation au Protérozoïque ancien (2,3 milliards d'années B.P.), le plus large consensus pour ce premier épisode de grand froid, remonte à environ 700 millions d'années. Cette théorie porte le nom de "Terre, boule-de-neige" (**Snowball Earth** en anglais) et fait encore l'objet d'un débat entre spécialistes, essentiellement quant à l'ampleur du phénomène avancé. Elle postule en faveur d'un globe terrestre partiellement, voire totalement englacé à cette époque, d'où le nom choisi pour celle-ci. A cette époque, la Terre aurait donc pris l'aspect d'une gigantesque boule de neige. **Les preuves avancées ?** De nombreuses stries, observées dans les roches anciennes, vraisemblablement l'oeuvre

d'imposantes calottes de glace, alors présentes en surface. En effet, suite à leur effet abrasif, celles-ci auraient raclé le socle rocheux à l'aide de blocs emportés par les glaciers. **Quelles furent les raisons d'un tel coup de froid ?** Il semblerait que cette avancée des glaces, à l'origine d'une **crise biologique** sans précédent, résulte d'une véritable explosion préalable de la vie bactérienne au sein des océans. Comment tout cela est-il possible ?

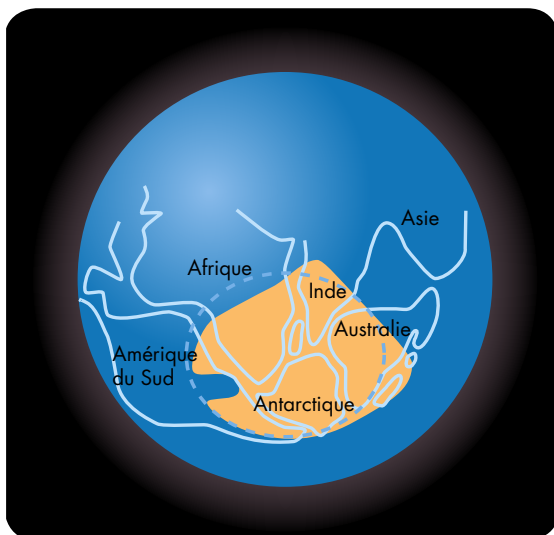
Les roches de cette époque reculée (**cratons**) présentent de nombreuses traces de colonies de **cyanobactéries**. En proliférant dans les océans primitifs, ces organismes simples, aux prémices de la **photosynthèse**, se seraient comportés comme un important puits de CO₂, absorbant quantité de ce gaz à effet de serre depuis l'atmosphère vers l'océan et faisant diminuer ainsi d'autant cet effet. Tout était réuni pour faire lentement basculer la Terre sous un climat froid, provoquant une profonde rupture avec les conditions primitives surchauffées, largement prédominantes jusque-là. Hormis les régions équatoriales, le globe allait rapidement prendre l'aspect d'un désolant paysage de glace, s'étalant à perte de vue.

Quelles furent les raisons de cet état léthargique, complètement gelé ? Sans doute l'effet cumulé de divers facteurs : la faible puissance du jeune soleil (intensité des rayons de 6% inférieure à l'actuelle), une atmosphère nettement plus sèche et totalement irrespirable (à peine 10% de sa teneur actuelle en oxygène) et enfin, des vents puissants (**blizzards**) qui devaient balayer la surface neigeuse. En conséquence, les océans étaient recouverts d'une épaisse banquise opaque qui devaient bloquer les rares rayons de soleil, privant ainsi complètement le **phytoplancton** de toute activité photosynthétique. En quelques milliers d'années, la majorité des espèces allaient disparaître à



Figure 2

Répartition des terres australes lors de la période glaciaire gondwanienne (~300 Ma B.P.)



travers une gigantesque crise bioclimatique. Seule une vie somnolente, de quelques niches de micro-organismes, allait parvenir à subsister çà et là, en attendant une improbable **débâcle**.

Comment la Terre est-elle sortie d'une telle période de désolation ?

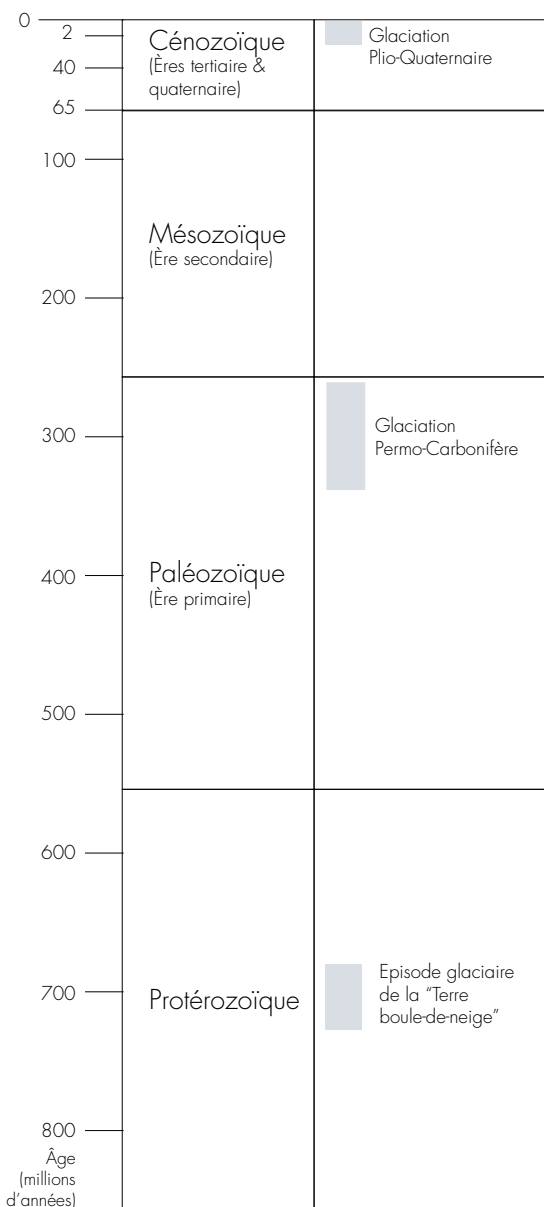
C'est un regain d'activité volcanique, libérant ainsi chaleur et gaz carbonique, qui semble avoir libéré la Terre de cette emprise des glaces. N'ayant d'autre possibilité que de s'accumuler progressivement dans l'atmosphère, en l'absence de phosynthèse et de précipitations de calcaires dans les océans, l'effet de serre s'est alors à nouveau imposé, marquant ainsi le glas de ce triste épisode froid. Très vite, le paysage prit l'aspect d'un immense chaos de plaques de glace enchevêtrées en tous sens, où la fonte des glaces s'accéléra par un effet de rétroaction positive (voir Fiche n°22). Les géologues ont pu mettre en évidence des alternances de sédiments glaciaires et de calcaires déposés lorsque les mers étaient plus chaudes, ce qui démontre la grande variabilité de ces climats anciens (~700Ma) et la sortie par saccades de cette période froide.

2.2) La glaciation gondwanienne ou permocarbonifère (~300 Ma B.P.) :

Cette sévère glaciation, sans doute la plus longue que la terre ait jamais connue au cours de son histoire (durée d'environ 75Ma) trouve une origine essentiellement tectonique. Elle semble avoir démarré en Amérique du Sud et en Afrique, avant de se propager à l'Antarctique et l'Australie (voir figure 2). De nombreuses traces de celle-ci sont parvenues jusqu'à nous grâce à des dépôts sédimentaires caractéristiques, retrouvés sur chacun des blocs continentaux composant le supercontinent Gondwana aux périodes carbonifère et permienne. Ces dépôts (**tillites**) sont marqués de très nombreuses stries qui témoignent du caractère particulièrement abrasif des puissants glaciers en place à cette époque. Composés de sédiments grossiers, souvent mêlés de blocs plus imposants (anciennes reliques de **moraines** charriées à l'avant des glaciers), c'est essentiellement la position des terres du Gondwana, centrées sur le pôle Sud, qui explique le développement d'imposants inlandsis aux pôles (voir glaciation Permo-Carbonifère de la figure 3). De la même façon, l'éloignement progressif, en fin de période, vers les régions chaudes des basses latitudes, marque la sortie de cette période glaciaire.

Figure 3

Principales périodes glaciaires au cours des temps géologiques



GLOSSAIRE :

Blizzard : n.m. Climato. - Vent fort tempétueux caractéristique des tempêtes de neige.

Craton : n.m. Géol. - Socle rocheux ancien datant du Précambrien, de composition granitique particulièrement résistante. Les plus vieux cratons datent de 3 milliards d'années.

Crise biologique : n.f. Paléont. - Période de profond changement à la surface du globe, marquée par des disparitions brutales de groupes entiers d'organismes vivants. Ces crises biologiques marquent les grandes ruptures de l'échelle stratigraphique, utilisée en géologie pour décrire l'histoire de la Terre. Elles sont le plus souvent d'origine climatique.

Cyanobactéries : n.f. Paléont. - Organismes procaryotes simples (c'est-à-dire unicellulaires sans organite ni noyau) qui furent les premières cellules à réaliser la photosynthèse dans les océans primitifs. En libérant ainsi l'oxygène (O₂) dans les océans et l'atmosphère de l'époque, elles ont ouvert la voie de la respiration à de nombreux êtres vivants. (syn. Algues bleues).

Episode de la Terre "boule-de-neige" : Géol. - Théorie qui postule en faveur d'une période glaciaire très ancienne (fin du Précambrien, il y a environ 700 millions d'années) où la quasi totalité de la surface terrestre aurait été recouverte de glace, sous forme de banquise ou glace de mer dans les océans primitifs et d'imposantes calottes glaciaires sur les continents émergés.

Ere primaire : n.f. Géol. - Période géologique également appelée Paléozoïque, comprise entre -540Ma et -245Ma, marquée par l'explosion de la vie végétale et animale sur Terre.

Paléoclimatologie : n.f. Climato. - Etude des climats anciens de la Terre s'appuyant sur diverses disciplines telles que la géologie, la géomorphologie, la paléontologie, la glaciologie, l'analyse isotopique, etc.

Précambrien ou Protéozoïque : n.m. Géol. - Période géologique très ancienne, antérieure à l'Ère primaire ou Paléozoïque, c'est-à-dire s'étalant de -4,6 milliard d'années jusqu'à -545 millions d'années (passage à l'Ère primaire).

Rétroaction positive : n.f. Phys. - La rétroaction ("feedback" en anglais) est l'action en retour d'un effet sur le dispositif qui lui a donné naissance. Une rétroaction positive amplifie donc le phénomène. Par exemple, la fonte de la glace diminue l'albédo moyen en surface et accélère le phénomène de fonte.

Soleil pâle : n.m. Astro. - Stade jeune de notre soleil où l'intensité était nettement plus faible qu'actuellement (jusqu'à 30% inférieure lors des deux premiers milliards d'années).

Cette fiche Savoir n°3 fait référence aux fiches suivantes :



WEB :

Un site illustrant à merveille les grandes étapes de l'histoire de la Terre.

PALEOMAP

<http://www.scotese.com/earth.htm>

Deux sites sur la théorie de la "Terre, boule-de-neige"

<http://www2.cnrs.fr/presse/communiqu/443.htm>

<http://www.ggl.ulaval.ca/personnel/bourque/s3/boule.neige.html>