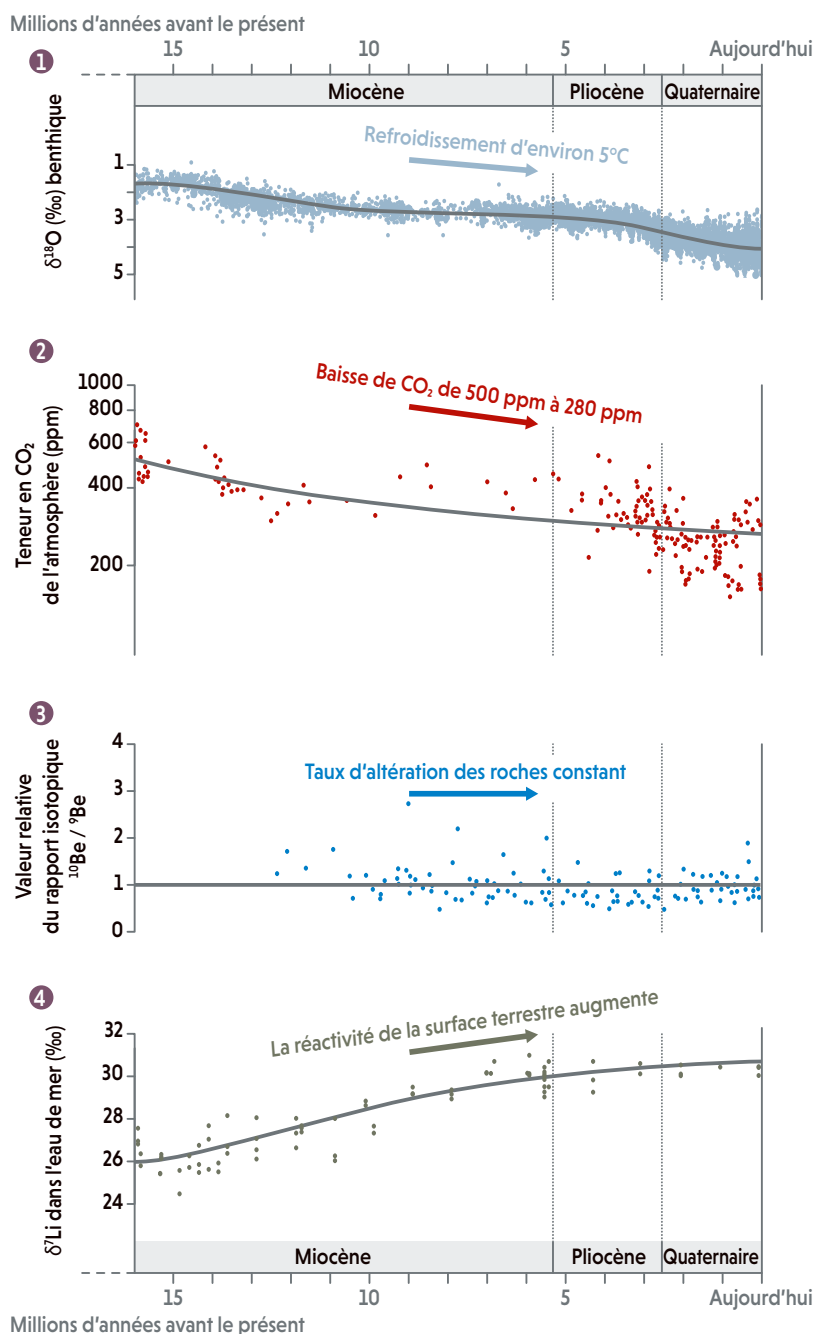


## LES SIGNES DU CHANGEMENT

**A**u cours des 15 derniers millions d'années, une plus forte rétroaction a fait évoluer la régulation du climat terrestre. **1** Ce dernier s'est refroidi (ce que l'on sait grâce aux isotopes stables de l'oxygène). **2** La concentration atmosphérique de CO<sub>2</sub> a diminué (ce que l'on sait grâce aux isotopes stables du bore). **3** Le taux d'altération des roches silicatées est néanmoins resté constant (ce que nous savons en comparant le rapport passé entre l'isotope <sup>10</sup>Be, produit par le rayonnement cosmique, et l'isotope stable <sup>9</sup>Be dans les sédiments marins, au rapport actuel <sup>10</sup>Be/<sup>9</sup>Be dans l'eau de mer, qui est de l'ordre de 10<sup>-7</sup>). **4** Pour autant, la réactivité chimique de la surface terrestre a augmenté (ce que nous savons grâce aux isotopes stables du lithium).



> silicatées. Si, par exemple, les émissions volcaniques diminuent, la concentration atmosphérique de CO<sub>2</sub> baisse. Cela fait diminuer l'altération des roches, qui absorbe alors moins de CO<sub>2</sub>, jusqu'à ce qu'un nouvel équilibre s'instaure, avec une concentration atmosphérique de CO<sub>2</sub> inférieure à la concentration initiale (voir l'encadré page 69). Comme indiqué plus haut, la durée d'un état d'équilibre est de l'ordre de 250 000 ans.

Au cours de son histoire, la Terre a connu de telles évolutions du CO<sub>2</sub> atmosphérique. Nous savons par exemple qu'au début de l'Éocène, il y a 52 millions d'années, notre planète était environ 10 °C plus chaude qu'à la fin de l'Éocène, il y a 35 millions d'années, et que l'atmosphère contenait alors environ 3 000 parties par million, ou ppm, de CO<sub>2</sub>. En revanche, à l'époque préindustrielle, le niveau de CO<sub>2</sub> était faible: 280 ppm. En fait, au cours des 15 derniers millions d'années, la température moyenne mondiale a, globalement, diminué régulièrement; elle a baissé d'environ 3 °C au cours des 5 derniers millions d'années. En conséquence, il y a 2,5 millions d'années, d'énormes calottes glaciaires ont commencé à se former périodiquement dans l'hémisphère Nord: ce sont les «glaciations quaternaires».

Un vif débat se poursuit depuis plus de vingt ans sur les raisons de ce long refroidissement. Selon la théorie qui a le plus de partisans, la formation de grandes montagnes telles que l'Himalaya, les Andes ou les Alpes aurait entraîné une augmentation globale de la météorisation des roches silicatées. La quantité de CO<sub>2</sub> atmosphérique aurait alors diminué, et l'atmosphère se serait refroidie.

## UNE FAILLE DANS LA THÉORIE DOMINANTE

Cependant, en 1997, les géochimistes américains Robert Berner et Ken Caldeira ont attiré l'attention sur une faille majeure dans cette théorie: ils ont montré qu'une évolution aussi considérable de la météorisation des roches aurait très vite déséquilibré le fragile bilan du CO<sub>2</sub>, les émissions volcaniques étant restées au même niveau. Dans cette hypothèse, il ne devrait pratiquement plus rester de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère et une Terre «boule de neige» aurait dû se former. Or cela ne s'est pas produit.

Pour comprendre où se niche le problème dans ce raisonnement, il faut savoir ce qui s'est déroulé dans l'atmosphère et à la surface terrestre au cours des 15 derniers millions d'années. Pour se renseigner sur l'histoire climatique, les géologues étudient les archives sédimentaires. Ils recherchent des dépôts d'âges connus, puis en extraient des informations sur des grandeurs physiques caractérisant les climats passés: température de surface, >