

DS P1 Climats

Expliquer le lien entre les variations climatiques à différentes échelles de temps et les mécanismes qui modifient le taux de CO₂ atmosphérique.

[Lien vers le sujet](#)

Le climat dépend surtout de la teneur en CO₂ atmosphérique. Les augmentations de la concentration en CO₂ atmosphérique induisent une augmentation de l'effet de serre et de la température d'équilibre de la planète, tandis que les diminutions de la concentration en CO₂ atmosphérique induisent une diminution de l'effet de serre et de la température d'équilibre de la planète. Différents indices climatiques témoignent de variations climatiques passées.

Comment les mécanismes qui modifient le taux de CO₂ atmosphérique ont-ils entraîné des variations climatiques au cours des temps géologiques ?

I : Le refroidissement de la fin du Paléozoïque (Permo-Carbonifère)

Au Permo-Carbonifère, les continents étaient réunis au sein de la Pangée (principalement située dans l'hémisphère Sud avec une vaste surface continentale en milieu intertropical).

Les bauxites, les latérites et le charbon retrouvés en Europe et datés du carbonifère témoignent d'un climat tropical / équatorial en Europe au Carbonifère puis d'un climat plus aride et plus froid (formations rubéfiées du Permien dans les Vosges) au Permien. Le climat tropical qui régnait en Europe au carbonifère s'explique par la position équatoriale de l'Europe (sa position actuelle résulte de la dérive des continents depuis la dislocation de la Pangée).

La formation du charbon piège du CO₂

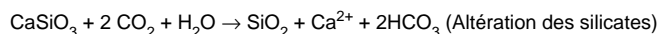
Le climat chaud et humide du Carbonifère favorise le développement d'une forêt tropicale / équatoriale vaste et productive. Une partie de la matière organique produite se retrouve enfouie en condition d'anoxie, échappant alors à la décomposition.

Avec le temps, et l'augmentation de la pression et de la température liée à l'enfouissement, cette matière organique partiellement décomposée se transforme en charbon. Le carbone atmosphérique se retrouve donc piégé durablement dans le charbon (flux de carbone atmosphère → biosphère → lithosphère) induisant ainsi une diminution de la concentration en CO₂ atmosphérique.

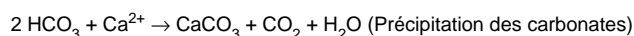
Le fait que les végétaux aient acquis la lignine et que les décomposeurs ne possèdent pas encore d'enzyme capable de la dégrader, a aussi contribué grandement à ce piégeage du CO₂ atmosphérique dans le charbon.

L'altération de la chaîne Hercynienne piège du CO₂

Il y a 320 Ma, suite à la collision entre le Gondwana et le Laurentia, une immense chaîne de montagnes se met en place. Cette chaîne, dite Hercynienne, sera totalement érodée 50 Ma plus tard. Le CO₂ atmosphérique se dissout dans l'eau de pluie, ce qui forme l'acide carbonique H₂CO₃ en réalité dissocié en HCO₃⁻ et protons. Ces protons attaquent les réseaux cristallins des minéraux silicatés (Feldspaths, pyroxènes...). Pour un pyroxène calcique, cette réaction s'écrit :



Ainsi, lors de l'érosion de la chaîne Hercynienne, l'altération des silicates consomme du CO₂ et libère du calcium et du HCO₃⁻ qui rejoignent le milieu océanique. Cet excès de calcium et de HCO₃⁻ décale l'équilibre océanique précipitation / dissolution des carbonates dans le sens de la précipitation. Ainsi, pour 2 CO₂ consommés lors de l'altération des silicates, un seul est libéré lors de la précipitation des carbonates; l'autre CO₂ est piégé dans le CaCO₃.



La formation massive de charbon et l'érosion rapide de la chaîne Hercynienne au Carbonifère piège le CO₂ atmosphérique ce qui induit une baisse de l'effet de serre et une baisse des températures.

II : Le réchauffement de la fin du Mésozoïque (Crétacé)

L'étude des roches carottées sous la glace de l'Antarctique montre que pendant le Crétacé supérieur, il y avait en Antarctique une flore d'angiospermes diversifiée (nombreux pollens). La présence d'angiosperme à ces hautes latitudes permet de penser que le climat aux pôles et le climat global étaient chauds. Le δ¹⁸O des carbonates des tests des foraminifères benthiques faible dans les sédiments du Crétacé confirme ce climat global chaud.

Au Crétacé supérieur, la production de lithosphère océanique (activité des dorsales) est plus intense qu'avant ou après (sauf au Jurassique moyen). De plus, le magmatisme intraplaque (points chauds) est lui aussi très intense comme en témoignent les successions de couches de lave constituant des trapps en milieu continental (LIPs = larges provinces ignées) datées du Crétacé.

Malgré la forte activité magmatique liée aux dorsales océaniques et aux LIPs, la concentration en CO₂ atmosphérique augmente cependant peu du fait de l'altération des silicates continentaux qui consomme du CO₂ et libère du calcium et du HCO₃⁻ qui rejoignent le milieu océanique. Cet excès de calcium et de HCO₃⁻ décale l'équilibre océanique précipitation / dissolution des carbonates dans le sens de la précipitation. Ainsi, pour 2 CO₂ consommés lors de l'altération des silicates, un seul est libéré lors de la précipitation des carbonates; l'autre CO₂ est piégé dans le CaCO₃.

L'augmentation de l'activité magmatique des dorsales océaniques et des LIPs rejette du CO₂ dans l'atmosphère ce qui induit une augmentation de l'effet de serre expliquant ainsi le climat chaud du Crétacé.

III : Les variations climatiques du Cénozoïque

L'indice stomatique des feuilles de Ginkgo biloba fossiles témoigne des concentrations en CO₂ passées à l'échelle du Cénozoïque.

Jusqu'à la fin de l'Eocène, la concentration en CO₂ atmosphérique augmente. Cette augmentation de la concentration en CO₂ atmosphérique est corrélée à une augmentation de la température d'équilibre.

A partir de la fin de l'Eocène, la concentration en CO₂ atmosphérique diminue. Cette baisse de la concentration en CO₂ atmosphérique est corrélée à une température d'équilibre plus faible.

Le rôle de la tectonique des plaques et de l'altération des roches lors du refroidissement climatique du Cénozoïque:

Au Cénozoïque, la convergence entre la plaque Africaine et la plaque Eurasienne induit une collision à l'origine de l'orogénèse alpine et de la fermeture de la Téthys (ancien océan situé entre les 2 plaques). L'altération de la chaîne alpine a eu des conséquences sur le climat du Cénozoïque.

Comme pour la chaîne Hercynienne au Paléozoïque, l'altération des silicates de la chaîne alpine consomme du CO₂ et libère du calcium et du HCO₃ qui rejoignent le milieu océanique. Cet excès de calcium et de HCO₃ décale l'équilibre océanique précipitation / dissolution des carbonates dans le sens de la précipitation. Ainsi, pour 2 CO₂ consommés lors de l'altération des silicates, un seul est libéré lors de la précipitation des carbonates; l'autre CO₂ est piégé dans le CaCO₃.

L'érosion de la chaîne Alpine au Cénozoïque piège le CO₂ atmosphérique ce qui induit une baisse de l'effet de serre et une baisse des températures.

Les alternances périodes glaciaires / périodes interglaciaires depuis le Pléistocène.

Le δ¹⁸O des glaces polaires met en évidence une alternance de périodes glaciaires / inter glaciaires depuis plus de 800 000 ans. Si ces périodes sont initiées par les variations périodiques des paramètres orbitaux de Milankovitch, le mécanisme de dégazage / dissolution du CO₂ dépend de la température et amplifie les variations climatiques par rétroaction positive.

Lors d'une période de réchauffement climatique, la baisse de solubilité du CO₂ dans l'eau, entraîne une augmentation de la concentration de ce gaz dans l'atmosphère (dégazage) et donc une accentuation de l'élévation de température moyenne de l'atmosphère par effet de serre. Le réchauffement climatique est amplifié.

Lors d'une période de refroidissement, l'augmentation de la solubilité du CO₂ dans l'eau, entraîne une diminution de la concentration de ce gaz dans l'atmosphère (dissolution) et donc une diminution de l'effet de serre. Le refroidissement climatique est amplifié.

L'influence anthropique depuis la révolution industrielle.

Les mesures de températures (mesures directes) réalisées depuis 1880 montrent une augmentation de la température d'équilibre corrélée positivement avec une augmentation de la concentration en CO₂ atmosphérique. Les activités humaines (combustion des combustibles fossiles, fabrication du ciment, déforestation, agriculture) sont responsables des rejets de CO₂ qui en enrichissant l'atmosphère induisent une augmentation de l'effet de serre à l'origine du réchauffement climatique actuel.

Conclusion.

Différents mécanismes ont provoqué des variations de la concentration en CO₂ atmosphérique induisant des variations climatiques au cours des temps géologiques. Les mécanismes producteurs de CO₂ atmosphérique (magmatisme, dégazage) ont contribué aux épisodes de réchauffement climatique. Les mécanismes consommateurs de CO₂ atmosphérique (altération des silicates, enfouissement de la matière organique, dissolution) ont contribué aux épisodes de refroidissement climatique.