

## Comprendre les variations climatiques

---

Introduction :

Le **climat** regroupe l'ensemble des phénomènes météorologiques qui caractérisent l'atmosphère et son évolution en un lieu donné pendant une période spécifique. Au cours de son histoire, la Terre a connu de nombreux changements climatiques : l'ère Quaternaire par exemple a vu se succéder des périodes glaciaires, séparées de périodes interglaciaires. De récentes études montrent que le crétacé souvent considéré comme une période chaude aurait été marqué par des périodes froides avec un développement de calottes glaciaires importantes dans les hautes latitudes.

Le climat se modifie donc à l'échelle des temps géologiques. Cependant, nous observons une augmentation de la température globale de notre planète à un rythme anormalement élevé depuis la **révolution industrielle** : on parle de réchauffement planétaire.

Afin d'expliquer ce phénomène, nous allons nous pencher sur les différents paramètres qui influencent le climat terrestre (nous analyserons plus en détail les variations climatiques **ancienne** et **contemporaine** dans les cours suivants).

Nous détaillerons ainsi les différents facteurs qui influencent le climat, en étudiant tout d'abord l'insolation et les différents paramètres orbitaux de la Terre ; puis les conséquences de la géodynamique ; enfin, nous détaillerons le fonctionnement du système climatique.

### 1 | Insolation et paramètres orbitaux

#### a. Insolation

L'**insolation** (exposition aux rayons du soleil) est un facteur important de notre climat. Notre planète est exposée aux rayonnements solaires et absorbe ainsi de l'énergie. La quantité d'énergie reçue n'est pas homogène

sur toute la planète : elle est fonction de l'**inclinaison des rayons solaires** qui atteignent la surface.



Le mot « climat » vient de *klima* en grec qui signifie « inclinaison » : c'est en effet **l'inclinaison de l'axe de rotation de la Terre par rapport au Soleil qui explique la succession des différentes saisons.**

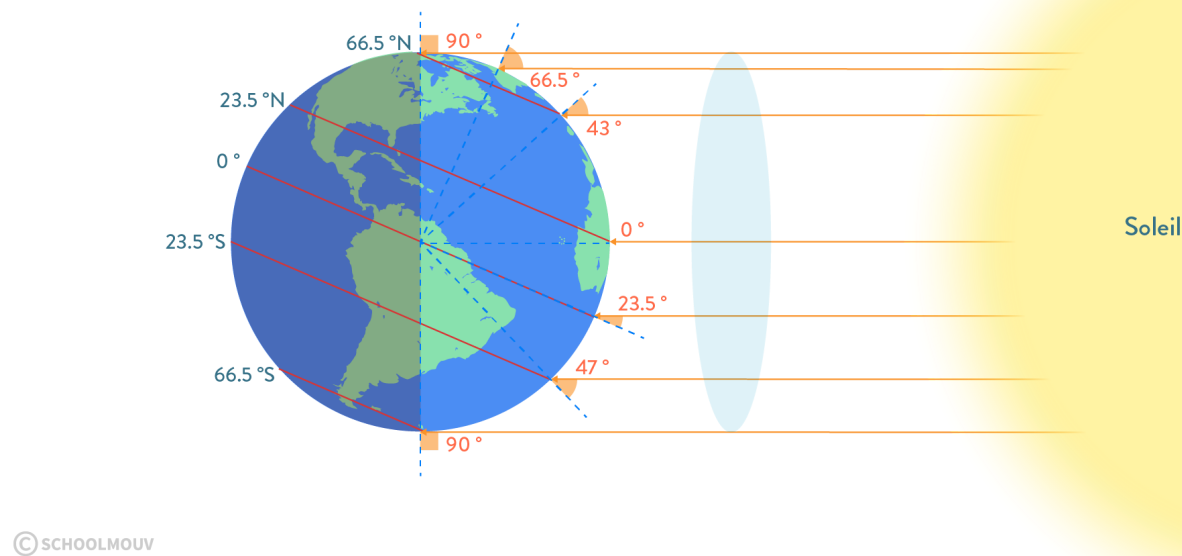


Les saisons sont une conséquence des variations périodiques d'insolation de la surface terrestre, lors de sa rotation dans le plan de l'écliptique autour du Soleil.

En hiver, dans l'hémisphère nord, les rayons du soleil sont très obliques et éclairent une grande surface. Ainsi l'énergie solaire est peu concentrée, il y a peu de chaleur reçue par unité de surface. Tandis qu'en été, les rayons solaires arrivent moins inclinés et éclairent une surface plus petite, ainsi la quantité de chaleur reçue par unité de surface est plus concentrée.

→ Ces variations de concentration d'énergie solaire sont à l'origine des variations de températures saisonnières observées sur Terre.

## Portion des ondes atteignant la Terre



Suivant la même logique, on reçoit plus de chaleur à l'équateur qu'aux pôles. Les **fluides** (l'atmosphère et les océans) servent alors de régulateurs en transportant les flux de chaleur de l'équateur vers les pôles.

→ Ce phénomène de répartition de la chaleur constitue le moteur de la circulation atmosphérique et océanique.

### b. Albédo

La nature de la **surface de la Terre** a elle aussi un rôle à jouer dans l'absorption de l'énergie solaire. Une couverture neigeuse, par exemple, réfléchit beaucoup les rayons solaires, empêchant la conservation de la chaleur ; tandis que forêts et océans absorbent de grandes quantités d'énergie.

Lorsque le rayonnement solaire arrive sur le sol, il est en partie réfléchi. On appelle **albédo** la quantité d'énergie solaire réfléchie vers l'espace.

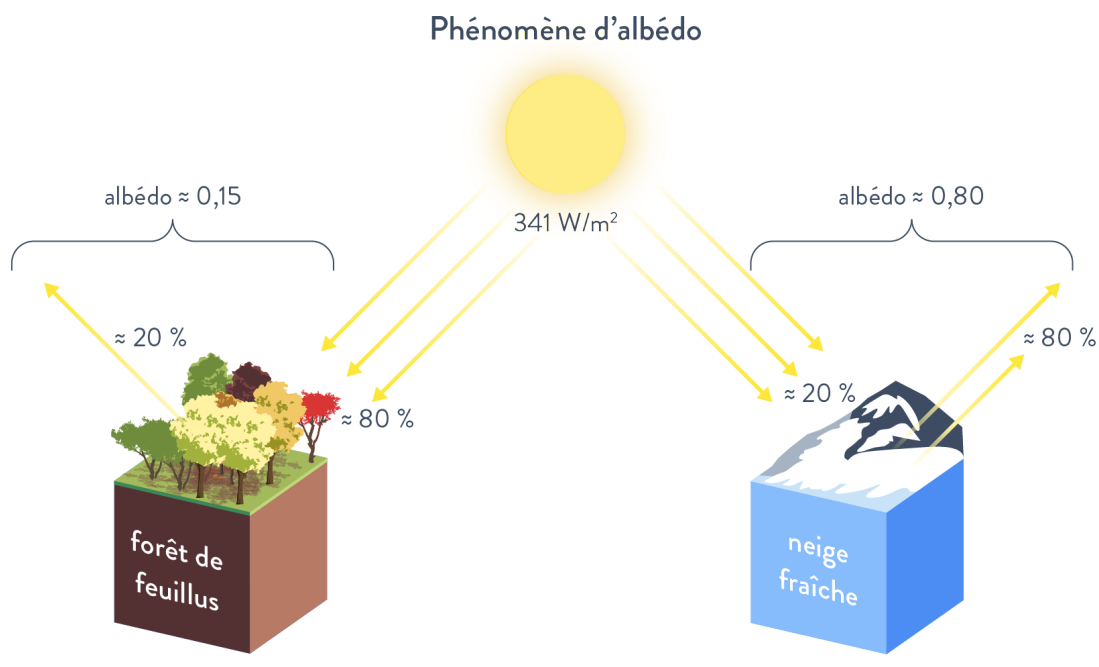
 À retenir

Plus la surface est réfléchissante, plus l'albédo est important.

 Définition

## Albédo :

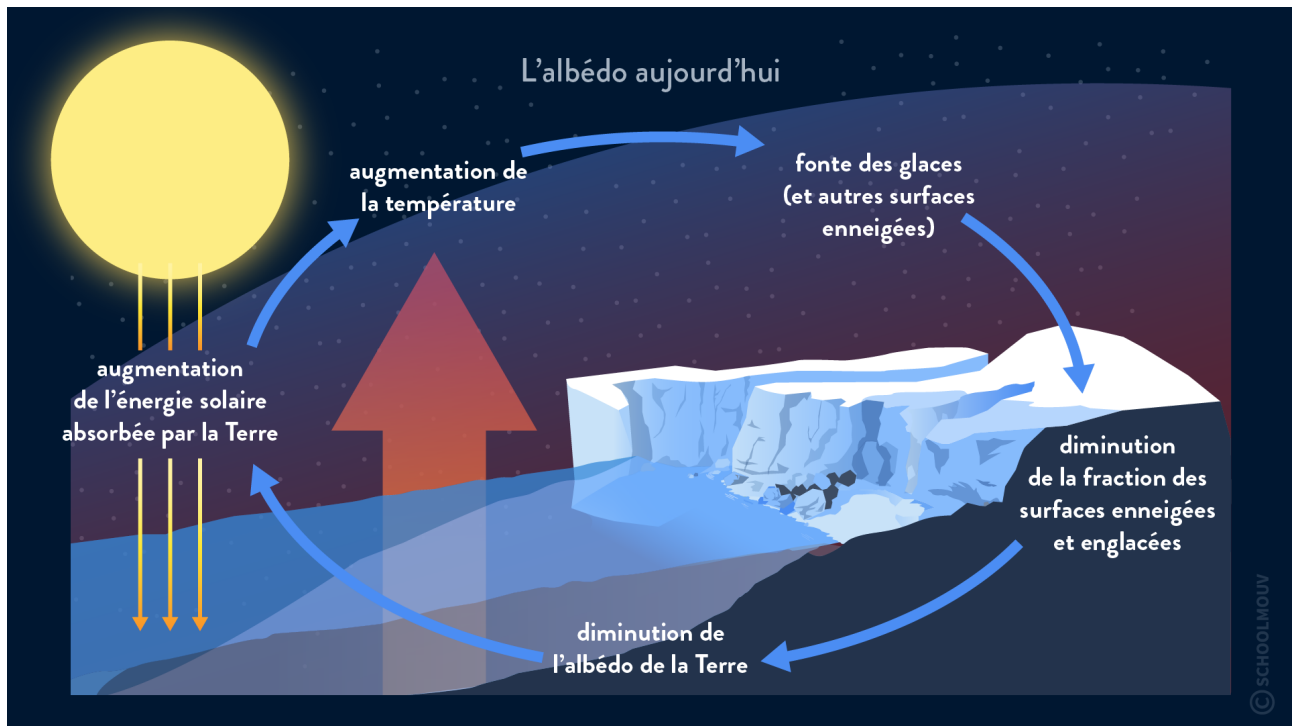
L'albédo est une grandeur sans dimension, représentant la fraction de l'énergie solaire globale réfléchiée par une surface. Elle est exprimée en pourcentage ou par un chiffre compris entre 0 (toute la lumière est absorbée) et 1 (toute la lumière est réfléchiée).



Avec l'augmentation actuelle de la température à la surface du globe, on s'interroge sur **la diminution de l'albédo**. En effet, la fonte des banquises, provoque une diminution de la surface englacée et enneigée de notre planète, au profit d'une augmentation des surfaces correspondant à des sols nus ou à des océans, qui eux possèdent un albédo plus faible.



La Terre renvoie donc une part plus faible de l'énergie solaire reçue, et contribue ainsi à l'augmentation de la température, ce qui accélère le réchauffement.



Notez que le phénomène inverse se produit dans le cas d'un refroidissement de la planète puisque l'augmentation des surfaces enneigées provoque une augmentation de l'albédo. La part de l'énergie solaire effectivement absorbée par la Terre diminue, d'où un refroidissement qui s'accélère.

### c. Paramètres orbitaux

Nous le verrons dans le cours intitulé « [Les méthodes d'observation du climat passé](#) », la Terre connaît des successions de périodes glaciaires et interglaciaires. Pour expliquer en partie ces changements climatiques, il est important d'étudier les variations astronomiques de la Terre engendrée par les **paramètres de Milankovitch**. Ceux-ci modifient l'insolation terrestre de façon cyclique (d'où les saisons) : on parle des cycles de Milankovitch.



#### Paramètres de Milankovitch :

Les paramètres de Milankovitch, utilisés dans le cadre de la théorie astronomique des paléoclimats, sont les suivants :

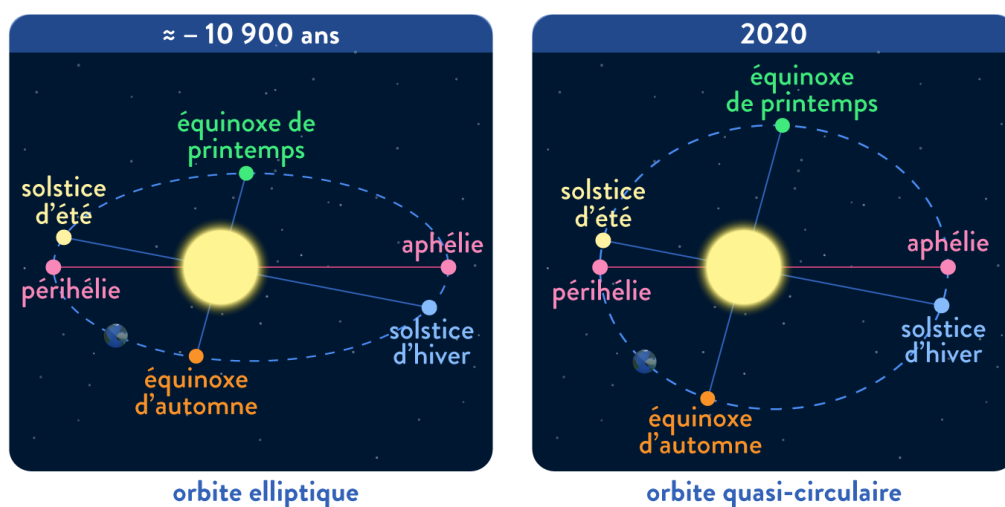
- l'excentricité ;

- l'obliquité ;
- et la précession des équinoxes.

## ● Excentricité

Il s'agit de la forme de l'orbite de la Terre autour du Soleil. Plus précisément, elle exprime l'écart entre l'ellipse réalisée par la Terre et un cercle parfait (excentricité = 0).

### Variation de l'excentricité de l'orbite



© SCHOOLMOUV

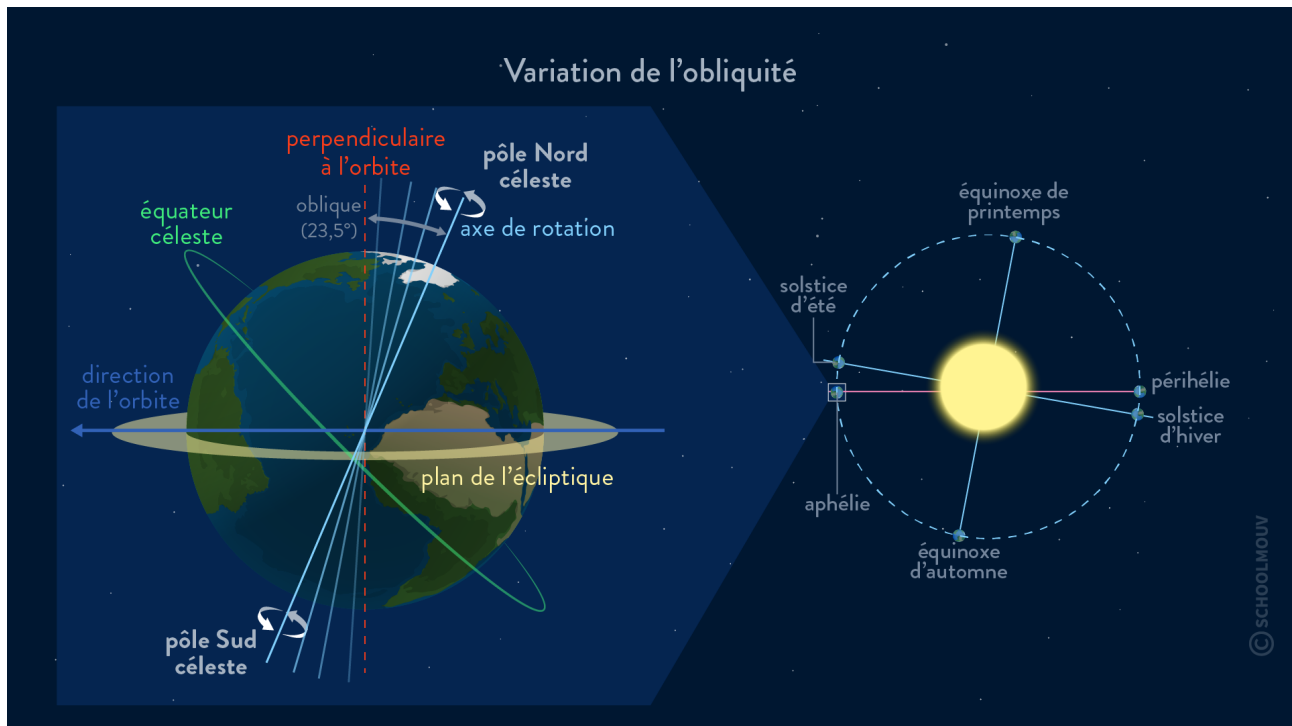
Les variations d'excentricité modulent le contraste des saisons suivant des périodicités voisines de 100 000 à 400 000 ans.



Périhélie et aphélie correspondent respectivement aux points le plus proche et le plus éloigné du Soleil.

## ● Obliquité

Il s'agit de l'angle entre une droite imaginaire (perpendiculaire à l'orbite) et l'axe réel de rotation de la Terre (comme l'illustre le schéma ci-dessous). Avec une périodicité de 41 000 ans, l'obliquité de la Terre vaut actuellement 23,5°.



 À retenir

Cette variation d'inclinaison module l'insolation terrestre et fait donc varier les climats.

## ● Précession des équinoxes

 Rappel

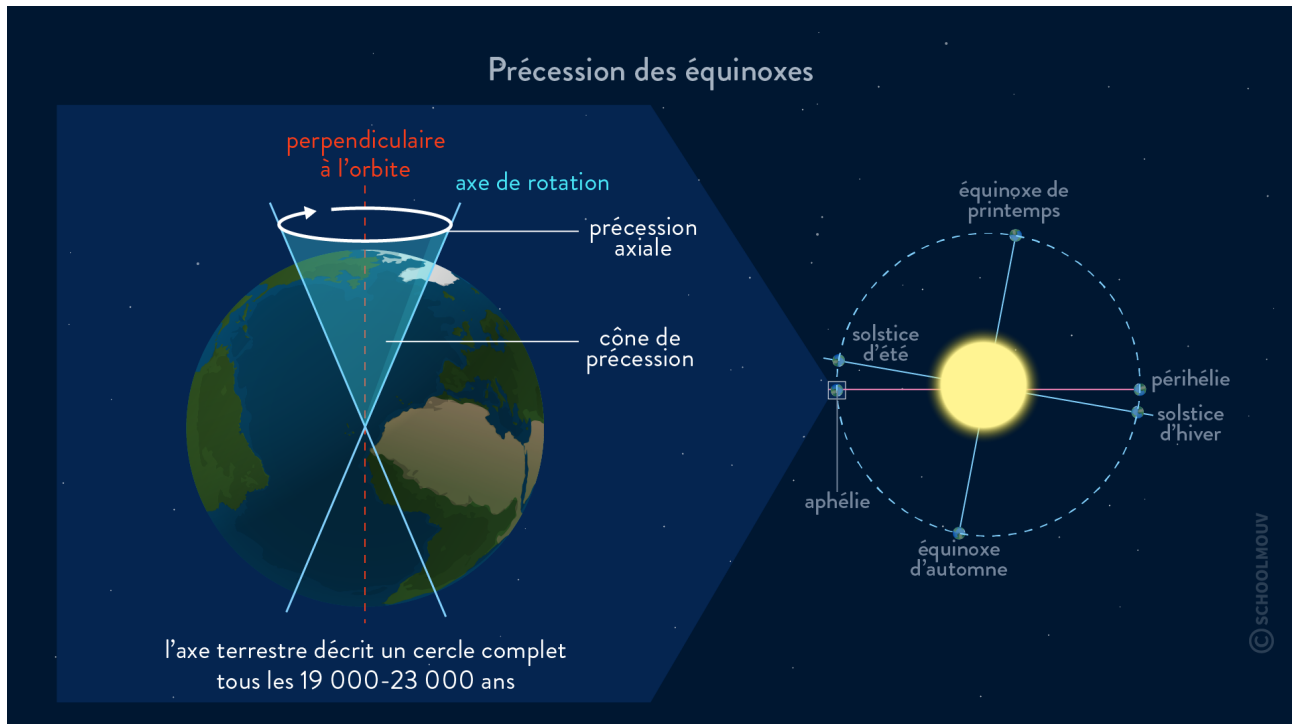
La Terre, plus aplatie aux pôles, n'est pas parfaitement sphérique.

De ce fait, la répartition des masses n'est pas homogène. C'est pourquoi, sous l'effet de la force centrifuge, la Terre tourne sur elle-même, non pas comme une sphère parfaite, mais comme une toupie en fin de rotation.

 À retenir

Ce mouvement fait que chaque équinoxe précède de **25** minutes celui de l'année précédente. Sur une période de **23 000** ans, la précession des équinoxes fait varier de façon significative les dates de solstice et d'équinoxe, induisant des variations d'insolation et donc du climat.

Dans « précession », il y a « précéder ».



 À retenir

Ces paramètres astronomiques, mis en lumière par Milankovitch, influent fortement sur la quantité d'insolation reçue par la Terre. En fonction de leurs périodicités, ils se combinent et sont à l'origine de variations importantes du climat terrestre.

Mais revenons sur Terre où de nombreux phénomènes internes peuvent être responsables d'une évolution du climat.

## 2 | Géodynamique

La **géodynamique** a également une influence sur le climat.

 Définition

**Géodynamique :**



La géodynamique s'intéresse aux processus internes de la planète et à leurs répercussions mécaniques en surface.

### a. Tectoniques des plaques

À l'échelle des temps géologiques, la tectonique des plaques a fortement modifié la géographie de la Terre : du supercontinent, la Pangée, il y a environ **250 millions** d'années, aux cinq continents d'aujourd'hui. Le mouvement des plaques terrestres a modelé l'apparence de notre planète et influencé son climat. Lors du morcellement pangéen, les masses continentales s'écartent, créant ainsi de nouveaux océans : c'est l'accrétion océanique.

→ Ces profonds changements géographiques ont impliqué :

- une modification des courants marins faisant varier la circulation des flux de chaleur et plus généralement de la température moyenne terrestre ;
- une redistribution des vents par la formation de nouveaux reliefs.

En outre, les mouvements des plaques tectoniques, notamment l'accrétion lors du démantèlement de la Pangée au Trias, sont liés à la dynamique interne du globe.

Parmi les éléments chimiques de l'écorce terrestre, on trouve les **isotopes** de l'uranium, du thorium et du potassium. La désintégration de ces éléments radioactifs lors des phénomènes d'accrétion, génère de l'énergie.

→ L'énergie ainsi produite est dissipée en surface, sous forme d'**énergie thermique**, et donc de chaleur.



Exemple

Au cours du Trias, lors de la dislocation de la Pangée, on relève une importante augmentation du **CO<sub>2</sub>** atmosphérique, et donc des températures.



À retenir

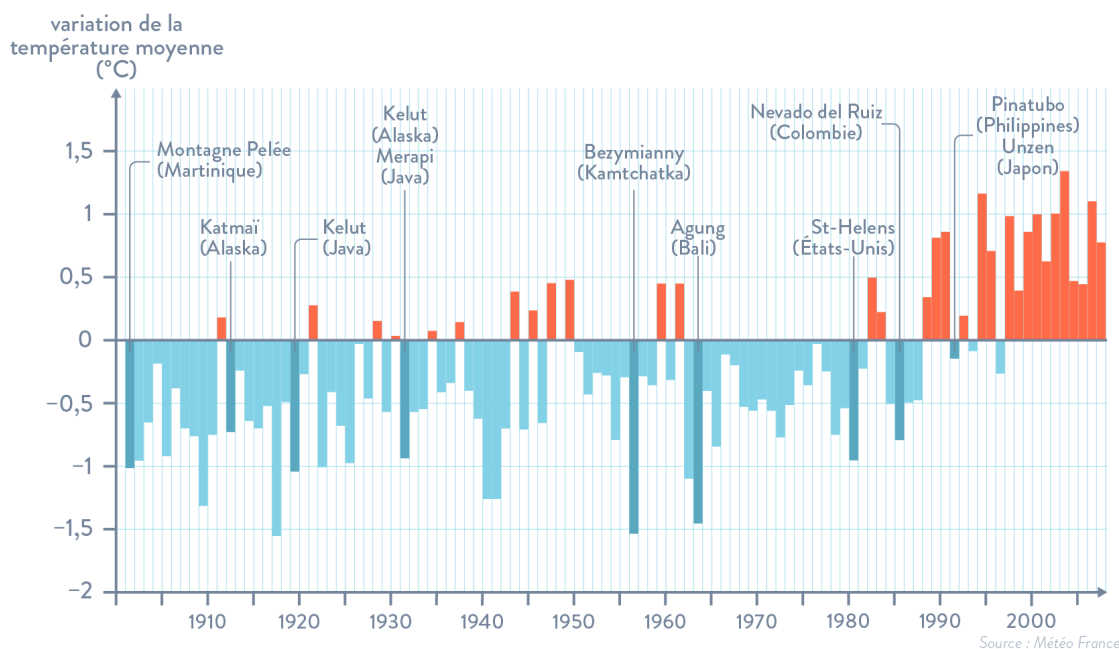
Les mouvements tectoniques horizontaux (dérive des plaques, ouverture ou fermeture des bassins océaniques, disparition ou apparition des mers et océans) et verticaux (création de dorsales, de chaînes de montagnes, de volcans) modifient les dynamiques océaniques et atmosphériques.

## b. Activité volcanique

Les mouvements tectoniques verticaux sont, entre autres, responsables de l'activité volcanique. Or, les éruptions explosives influent elles aussi sur le climat. Les rejets dans l'atmosphère de dioxyde de soufre ( $\text{SO}_2$ ) et de cendres volcaniques, bloquent une partie du rayonnement solaire. Ainsi, après une éruption volcanique importante on observe :

- d'une part une augmentation de la couverture nuageuse et des précipitations ;
- et, d'autre part, une baisse des températures liée à la transformation en acide sulfurique du  $\text{SO}_2$  à l'origine d'une baisse de 5 % à 10 % de l'énergie solaire reçue par la surface terrestre.

→ L'année qui suit une violente éruption présente souvent une chute globale des températures.



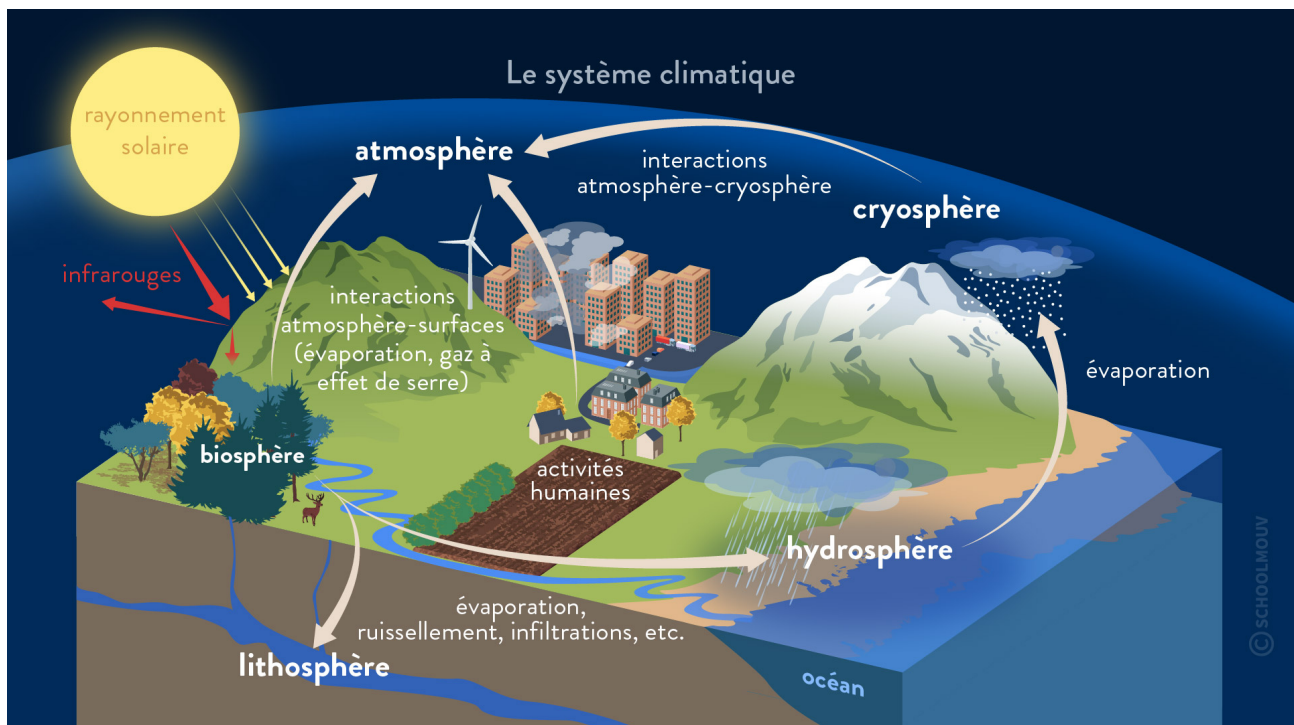
Suite à l'éruption du Pinatubo près de Manille (1991), une baisse des températures de  $0,5^{\circ}\text{C}$  à  $0,6^{\circ}\text{C}$  a été constatée dans tout l'hémisphère nord au cours des années 1992 et 1993.

Toujours à l'échelle terrestre, nous allons à présent étudier l'influence sur le climat de la circulation du  $\text{CO}_2$  et de la vapeur d'eau au sein du système climatique.

### 3 | Système climatique

Le système climatique est composé de l'**atmosphère**, de l'**hydrosphère** (océans, lacs, rivières etc.), de la couche externe du globe terrestre appelée **lithosphère**, de la **biosphère** (tous les organismes vivants), et enfin de la **cryosphère** qui correspond à la partie gelée de la croûte terrestre.

→ Ces composantes, en échangeant du carbone et de la vapeur d'eau, vont avoir un impact sur le climat.



 Attention

Notez que les activités humaines influent aussi sur les variations climatiques.

### a. Cycle du carbone

Le dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ) est constamment échangé entre l'atmosphère et l'océan, par **dissolution** (importante dans les régions polaires à cause du refroidissement des eaux de surface) ou **dégazage** (dominant dans les régions équatoriales) : l'eau profonde monte, se réchauffe et libère du  $\text{CO}_2$ .



Rappel

Le  $\text{CO}_2$  est (avec la vapeur d'eau) l'un des principaux gaz à effet de serre.

Son augmentation dans l'atmosphère a pour conséquence d'augmenter l'effet de serre, provoquant ainsi une hausse des températures. Or, les activités humaines rejettent dans l'atmosphère d'importantes quantités de  $\text{CO}_2$ .



À retenir

La **combustion des ressources fossiles** court-circuite le cycle naturel de l'effet de serre. L'accumulation rapide dans l'atmosphère de gaz à effet de serre liés à l'activité humaine (tel que le  $\text{CO}_2$ ) augmente la quantité d'énergie solaire réémise vers la surface terrestre par les gaz à effet de serre naturellement présents dans l'atmosphère.

→ Ainsi se produit un effet de serre additionnel qui amplifie l'augmentation des températures et contribue au changement climatique actuel.

### b. Rétroaction de la vapeur d'eau

La vapeur d'eau est le gaz le plus important dans l'effet de serre. Sa quantité dans l'atmosphère dépend directement de la température : plus il fait chaud, plus le phénomène d'évaporation est accentué, plus l'air

peut contenir de vapeur d'eau. Or, plus il y a de vapeur d'eau, plus l'effet de serre est important.

→ On parle de rétroaction positive car le phénomène est amplifié.



L'entrée de l'eau dans l'atmosphère s'opère par le passage de l'état liquide à l'état gazeux (vapeur) : c'est l'évaporation. Lorsque l'eau passe directement de l'état solide à l'état gazeux, on parle de sublimation.



La rétroaction positive permet de comprendre pourquoi les atmosphères tropicales sont riches en vapeur d'eau et les pluies tropicales intenses ; et les zones polaires ont à l'inverse une pluviosité plus faible.

À l'heure actuelle, les activités anthropiques n'ont qu'un impact local sur ce gaz à effet de serre.

Conclusion :

Nous avons étudié dans ce cours, les différents facteurs susceptibles d'influer sur le climat terrestre à différentes échelles de temps. Nous verrons plus précisément des exemples de variations climatiques passées dans [le cours suivant intitulé « Les méthodes d'observation du climat passé »](#).