

Thème : Sciences, climat et société

Chapitre : la complexité du système climatique

Bilan

I - La différence entre météorologie et climatologie

La météorologie mesure les grandeurs atmosphériques (température, la pression, le degré d'hygrométrie, la pluviométrie, la nébulosité, la vitesse et la direction des vents, etc.) à un instant donné et prévoit leur évolution pour les prochains jours. La météorologie étudie donc des phénomènes atmosphériques sur un court terme.

La climatologie définit les climats en utilisant les moyennes des grandeurs atmosphériques mesurées sur une longue période (30 ans en général). Elle étudie les variations passées et futures du climat local ou global à long terme (décennies, siècle, millénaires, etc.).

II - La variabilité naturelle du climat terrestre

Différents types d'indices géologiques (comme les traces des anciens glaciers ou l'étude des grains de pollens fossiles) permettent de reconstituer les variations climatiques passées et d'observer que le climat de la Terre présente une variabilité naturelle sur différentes échelles de temps (de la centaine d'années à la centaine de millions d'années).

III - Les indicateurs du changement climatique actuel

La température moyenne de la Terre, calculée à partir de mesures in situ et depuis l'espace par des satellites, est l'un des indicateurs du climat global, ce n'est pas le seul.

De nombreux témoins, comme l'avancement des vendanges, l'augmentation du niveau des océans liée à la diminution de l'étendue des glaces et des glaciers, la dilatation de l'eau des océans, etc. montrent que jamais dans l'histoire du climat, la température n'a augmenté aussi rapidement qu'actuellement.

IV - Le mécanisme de l'effet de serre

Depuis un siècle et demi, on mesure un réchauffement climatique global (environ +1 °C). Celui-ci est la réponse du système climatique à la hausse brutale de la proportion de gaz à effet de serre (GES) dans l'atmosphère depuis le début de l'ère industrielle.

Les principaux GES présents dans l'atmosphère terrestre sont : H_2O , CO_2 , CH_4 et N_2O . La proportion de vapeur d'eau dans l'atmosphère étant relativement stable, l'augmentation du forçage radiatif provient de la hausse de la concentration des trois autres principaux GES.

L'atmosphère absorbe l'intégralité du rayonnement infrarouge émis par la surface de la Terre et le réémet dans toutes les directions. Lorsque la concentration des GES augmente, le rayonnement infrarouge sortant de l'atmosphère est alors émis à une altitude plus élevée et donc à une température plus faible. Ceci entraîne une diminution de la puissance rayonnée par la Terre vers l'extérieur. En retour, il en résulte une augmentation de la puissance radiative reçue par le sol de la part de l'atmosphère.

Cette puissance additionnelle entraîne une perturbation de l'équilibre radiatif qui existait à l'ère préindustrielle (forçage radiatif), se traduisant, entre autres, par une augmentation de la température atmosphérique.

V - Les modèles climatiques

Pour élaborer des modèles climatiques, les scientifiques s'appuient sur les connaissances du fonctionnement du système climatique. Il s'agit de mettre en équation différentes lois physiques, chimiques, biologiques qui contrôlent le fonctionnement du climat. Les mécanismes, dont ceux qui régissent la circulation du carbone entre les océans, la biosphère et l'atmosphère sont intégrés sous forme d'équations dans le modèle.

Les modèles de climats sont des programmes informatiques, par conséquent, les équations qui contrôlent le climat sont transcrites sous forme d'algorithmes et des ordinateurs très puissants (supercalculateurs) effectuent les calculs pour simuler l'évolution des différentes grandeurs atmosphériques qui caractérisent le climat.

Pour savoir si un modèle est fiable et peut être utilisé pour réaliser des expériences numériques ou pour établir des projections de l'évolution du climat pour le futur, les scientifiques demandent aux modèles de simuler l'évolution d'un climat passé et comparent les résultats des simulations aux données réellement mesurées lors des dernières décennies.

Les modèles climatiques, nombreux et indépendants, réalisent des projections climatiques. Ils permettent d'estimer les variations climatiques globales et locales à venir sur des décennies ou des siècles.

VI - La vapeur d'eau et le changement climatique

Le réchauffement climatique actuel est à l'origine d'une augmentation de la proportion de vapeur d'eau atmosphérique. Comme la vapeur d'eau est un gaz à effet de serre, cette augmentation de la proportion de vapeur d'eau dans l'atmosphère amplifie l'effet de serre ce qui augmente encore plus la température globale. Cette amplification du changement climatique par la vapeur d'eau est appelée « rétroaction positive de la vapeur d'eau ».

VII - Les facteurs amplificateurs ou stabilisateurs du réchauffement climatique

L'augmentation de la température moyenne de la Terre :

- Fait fondre les glaces, diminuant ainsi l'albédo terrestre et donc la puissance solaire réfléchie et diffusée vers l'espace, ce qui contribue à augmenter encore davantage la température ; on parle de rétroaction positive de l'albédo ;
- Augmente la concentration de vapeur d'eau pouvant être contenue dans l'atmosphère, ce qui augmente potentiellement le forçage radiatif provoquant l'augmentation de la température ; on parle de rétroaction positive de la vapeur d'eau ;
- Fait fondre le permafrost, libérant des gaz à effet de serre dans l'atmosphère, ce qui augmente encore le forçage radiatif donc la température à la surface, constituant une rétroaction positive supplémentaire.

L'évolution de la température terrestre moyenne résulte donc de plusieurs effets amplificateurs.

Comme les végétaux en croissance consomment plus de CO₂ qu'ils n'en émettent, à court terme, un accroissement de la végétalisation constituerait un puits de CO₂ et aurait donc un effet stabilisateur sur l'évolution de la température terrestre : c'est une rétroaction négative.

L'océan absorbe une partie de la chaleur de l'atmosphère et aurait donc un effet stabilisateur sur l'évolution de la température terrestre : c'est une rétroaction négative.

Définitions :

Albédo : capacité d'une surface à réfléchir et diffuser la puissance qu'elle reçoit par rayonnement.

Dilatation thermique : une masse d'eau occupe plus de volume lorsque sa température augmente.

Forçage radiatif : différence entre la puissance reçue au sommet de l'atmosphère et la puissance sortant du système Terre, émise ou réfléchie par celui-ci.

Gaz à effet de serre : espèce chimique absorbant le rayonnement infrarouge, présente sous forme gazeuse dans l'atmosphère terrestre.

Modèle climatique : représentation numérique du système climatique, basée sur les propriétés connues de ses composants ainsi que sur leurs interactions et leur rétroaction.

Permafrost : sols gelés en permanence (on les retrouve au niveau des hautes latitudes et des hautes altitudes), ces sols emprisonnent environ 1 500 milliards de tonnes de gaz à effet de serre (méthane et dioxyde de carbone).

Projection climatique : simulation de la réponse du système climatique aux scénarios d'émissions ou de concentration de gaz à effet de serre.

Système Terre : interaction entre les différentes enveloppes externes du globe (atmosphère, biosphère, hydrosphère, lithosphère) et impact des activités humaines sur ces enveloppes.