

Chapitre 2 – La complexité du système climatique

Synthèse

La distinction entre météorologie et climatologie –

Activité 1

- La météorologie mesure les **grandeurs atmosphériques** 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, siècles, millénaires, etc.).

La variabilité du climat – Activités 2 et 3

- 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).

- Cependant, de nombreux témoins (température atmosphérique, proportion de CO₂, niveau des océans, étendue des glaces et des glaciers), appelés indicateurs climatiques, montrent que jamais dans l'histoire de la Terre, le climat n'a varié aussi rapidement qu'actuellement.

L'origine du changement climatique actuel –

Activité 4

- Depuis un siècle et demi, on mesure un réchauffement climatique global (environ +1°C). Celui-ci est la réponse du **système climatique** à l'augmentation du **forçage radiatif** due 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 : H₂O, CO₂, CH₄ et N₂O. 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 émis par l'atmosphère est davantage absorbé. Le rayonnement infrarouge sortant de l'atmosphère est alors émis à une altitude plus élevée et donc 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, se traduisant, entre autres, par une augmentation de la température atmosphérique.

Savoir-faire

- Distinguer sur un document des données relevant du climat et de la météorologie.
- Identifier des tendances d'évolution de la température sur plusieurs échelles de temps à partir de graphiques.
- Identifier des indices de variations climatiques passées.
- Interpréter des documents donnant la variation d'un indicateur climatique en fonction du temps.
- Analyser les variations au cours du temps de la teneur atmosphérique en CO₂ et de la température moyenne.
- Déterminer la capacité d'un gaz à influencer l'effet de serre atmosphérique à partir de son spectre d'absorption des ondes électromagnétiques.

Mots clés

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

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

Grandeur atmosphérique : paramètre étudié en météorologie et en climatologie, comme la température, la pression, le degré d'hygrométrie, la pluviométrie, la nébulosité, la vitesse et la direction des vents, etc.

Indicateur climatique : ensemble d'observations permettant de mettre en évidence le changement du climat.

Rayonnement infrarouge : rayonnement électromagnétique dont la longueur d'onde est supérieure à 800 nm et inférieure à 100 μm .

Système climatique : ensemble des interactions entre différentes composantes terrestres (atmosphère, océan, cryosphère, continent et biosphère) contrôlant le climat.

L'absorption de la puissance radiative additionnelle par la Terre – Activité 5

- L'énergie supplémentaire associée à l'augmentation du forçage radiatif est essentiellement stockée par les océans, provoquant leur **dilatation thermique**, mais également par les sols : fonte des glaces, augmentation de la température du sol. Il en résulte une montée du niveau des océans,

due pour moitié à la dilatation thermique et pour moitié à la fonte des **glaces continentales**.

- La fonte des **banquises** n'a, en revanche, aucune influence sur le niveau des mers : la glace étant moins dense que l'eau liquide, la diminution de volume lors du changement d'état compense exactement la quantité d'eau supplémentaire sous le niveau marin.
- En raison de la capacité thermique importante de l'eau, l'océan a un rôle amortisseur : il absorbe la quasi-totalité de la puissance radiative supplémentaire à sa surface par une augmentation de sa température inférieure à celle de l'atmosphère. Cependant, cette accumulation d'énergie dans les océans rend le changement climatique irréversible à des échelles de temps de plusieurs siècles.

Les rétroactions sur le système climatique - Activité 6

- L'augmentation de la température moyenne de la Terre :
 - fait fondre les glaces, diminuant ainsi l'**albédo** terrestre et donc la puissance solaire réfléchiée 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 carbone** et aurait donc un effet stabilisateur sur l'évolution de la température terrestre : c'est une rétroaction négative.
- L'océan joue également un rôle d'amortisseur en absorbant une partie du CO₂ émis par les activités humaines.

SAVOIR-FAIRE

- Réaliser et interpréter une expérience simple, mettant en évidence la différence d'impact entre la fusion des glaces continentales et des glaces de mer.
- Estimer la variation du volume de l'océan associée à une variation de température donnée, en supposant cette variation limitée à une couche superficielle d'épaisseur donnée.
- Identifier les relations de causalité (actions et rétroactions) qui sous-tendent la dynamique d'un système.

MOTS CLÉS

Albédo : capacité d'une surface à réfléchir et diffuser la puissance qu'elle reçoit par rayonnement. C'est le rapport entre les puissances solaires réfléchie et reçue.

Banquise : couche de glace flottante formée par solidification des eaux de surface.

Dilatation thermique : augmentation du volume occupé par une quantité de matière donnée à cause de l'augmentation de sa température.

Glace continentale : accumulation de précipitations tassées et solidifiées reposant sur la croûte continentale.

Exemples : calotte polaire, glaciers de montagne.

Permafrost : sol gelé en permanence (on en 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).

Puits de carbone : structure capable d'absorber et de stocker du carbone.