

## **1.2 : La complexité du système climatique**

Le climat de la Terre résulte du fonctionnement d'un système complexe appelé système climatique, qui met en interaction plusieurs enveloppes de la planète : l'atmosphère, les océans, les glaces, les êtres vivants et les sols.

Ces différentes composantes échangent en permanence de l'énergie et de la matière, ce qui explique que le climat évolue au cours du temps sous l'effet de nombreux facteurs naturels et anthropiques. L'étude du climat nécessite donc de prendre en compte ces interactions à différentes échelles spatiales et temporelles, allant de quelques années à plusieurs millions d'années.

### ***Comment le fonctionnement complexe du système climatique explique-t-il le réchauffement actuel et son caractère durable ?***

#### **I. Climat et météorologie : deux approches du système climatique**

Il convient de distinguer la météorologie de la climatologie. La météorologie étudie les phénomènes atmosphériques à court terme, sur des durées allant de quelques jours à quelques semaines, afin d'établir des prévisions. En revanche, la climatologie s'intéresse aux variations du climat à moyen et long terme, sur des périodes allant de plusieurs années à des millénaires.

Le climat d'une région correspond ainsi à une moyenne statistique de différentes grandeurs atmosphériques telles que la température, les précipitations, la pression ou encore la vitesse du vent. L'étude du climat global repose sur différents indicateurs, parmi lesquels la température moyenne de la Terre, calculée à partir de nombreuses mesures réalisées à la surface du globe et par satellites. D'autres indicateurs permettent également de caractériser le climat, comme le niveau des océans, l'étendue des glaciers et de la banquise ou encore la concentration en dioxyde de carbone dans l'atmosphère.

Les climats passés peuvent être reconstitués grâce à des indices tels que les pollens fossiles, les carottes de glace ou les sédiments, qui permettent de retracer les variations climatiques anciennes.

#### **II. Une variabilité naturelle du climat à toutes les échelles**

Le climat terrestre présente une variabilité naturelle observable à différentes échelles de temps. À court terme, des variations peuvent être observées sur quelques années ou décennies. À plus long terme, sur des milliers d'années, la Terre a connu une alternance de périodes glaciaires et interglaciaires. Ces variations naturelles sont liées à des facteurs tels que les paramètres orbitaux de la Terre ou l'activité solaire.

Les données issues des archives climatiques montrent qu'il existe une corrélation entre la température globale et la concentration en dioxyde de carbone atmosphérique. Toutefois, la situation actuelle se distingue par la rapidité exceptionnelle de l'augmentation de la concentration en CO<sub>2</sub>, sans équivalent sur les centaines de milliers d'années passées.

#### **III. Le réchauffement climatique actuel et le déséquilibre du bilan radiatif**

Depuis environ un siècle et demi, on observe un réchauffement climatique global caractérisé par une augmentation d'environ un degré Celsius de la température moyenne à la surface de la Terre. Ce réchauffement est lié à une perturbation du bilan radiatif de la Terre, c'est-à-dire à une différence entre l'énergie reçue du Soleil et l'énergie réémise vers l'espace.

Lorsque ce bilan est équilibré, la température globale reste stable. En revanche, un bilan radiatif positif entraîne une augmentation de la température. Ce déséquilibre est principalement dû à l'augmentation de la concentration des gaz à effet de serre dans l'atmosphère, tels que le dioxyde de carbone, le méthane, le protoxyde d'azote et la vapeur d'eau.

Ces gaz absorbent une partie du rayonnement infrarouge émis par la surface terrestre et le réémettent vers le sol, ce qui renforce l'effet de serre naturel. L'augmentation de leur concentration perturbe donc l'équilibre radiatif qui existait avant l'ère industrielle et entraîne un réchauffement global.

#### **IV. Des rétroactions qui amplifient ou limitent le réchauffement**

Le système climatique réagit aux perturbations par des mécanismes appelés rétroactions. Certaines rétroactions sont positives, c'est-à-dire qu'elles amplifient le réchauffement.

Par exemple, une augmentation de la température entraîne une augmentation de l'évaporation, ce qui accroît la quantité de vapeur d'eau dans l'atmosphère, un gaz à effet de serre, et renforce ainsi le réchauffement. De même, la fonte des glaces réduit l'albédo terrestre, ce qui augmente l'absorption du rayonnement solaire. Enfin, le dégel du pergélisol libère des gaz à effet de serre supplémentaires, accentuant encore le phénomène.

À l'inverse, certaines rétroactions sont négatives et tendent à limiter le réchauffement. L'augmentation de la végétation permet par exemple d'absorber davantage de dioxyde de carbone, ce qui contribue à diminuer l'intensité de l'effet de serre. Cependant, ces rétroactions négatives restent insuffisantes pour compenser les rétroactions positives.

#### **V. Le rôle essentiel des océans dans la dynamique climatique**

Les océans jouent un rôle central dans la régulation du climat. Ils absorbent la majeure partie de l'énergie supplémentaire liée au déséquilibre radiatif, ce qui limite temporairement le réchauffement de l'atmosphère. Toutefois, ce stockage d'énergie entraîne un réchauffement des océans.

Ce réchauffement provoque une dilatation thermique de l'eau, c'est-à-dire une augmentation de son volume, ce qui contribue à l'élévation du niveau des mers. À cela s'ajoute la fonte des glaces continentales, qui accentue encore cette élévation. En revanche, la fonte de la banquise n'a pas d'effet significatif sur le niveau des océans car elle flotte déjà.

Les océans jouent également un rôle de puits de carbone en absorbant une partie du dioxyde de carbone émis par les activités humaines, ce qui limite partiellement le réchauffement climatique.

#### **VI. Un changement climatique durable et en partie irréversible**

Le changement climatique actuel présente un caractère en partie irréversible à court terme. En effet, la chaleur accumulée dans les océans sera progressivement restituée à l'atmosphère sur des échelles de temps de plusieurs siècles.

Ainsi, même en cas de réduction rapide des émissions de gaz à effet de serre, le système climatique continuera d'évoluer. Cette inertie du système climatique s'explique par la complexité des interactions entre ses différentes composantes et par la capacité des océans à stocker l'énergie.

#### **Conclusion**

Le système climatique est un système complexe reposant sur des interactions multiples entre ses différentes composantes et sur des échanges permanents d'énergie et de matière. Il présente une variabilité naturelle, mais il est aujourd'hui fortement perturbé par les activités humaines, qui modifient le bilan radiatif de la Terre. Les rétroactions positives et le rôle des océans contribuent à rendre le réchauffement climatique durable et difficilement réversible à l'échelle humaine.