

LE CLIMAT

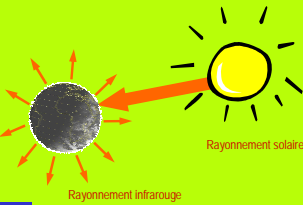
Les changements du Climat dus aux activités humaines



Le principe de l'effet de serre

La Terre vue de loin

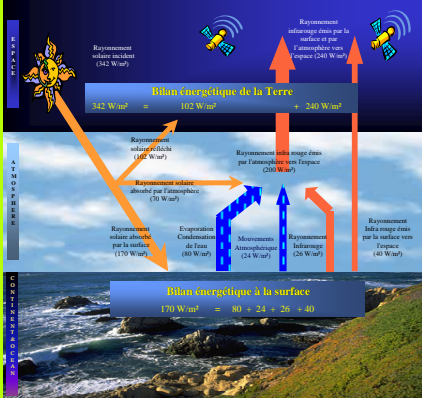
Un observateur situé dans l'espace pourrait observer que notre planète reçoit de l'énergie sous forme de rayonnement solaire et en perd sous forme de rayonnement infrarouge.



Le bilan énergétique de la terre

Le rayonnement solaire se dirigeant vers la Terre est absorbé ou réfléchi par l'atmosphère (nuages, poussières, molécules de gaz...) mais surtout absorbé à la surface de la Terre. Une partie de cette énergie solaire reçue par la surface est perdue par émission directe de rayonnement infrarouge vers l'espace. Le reste est transmis à l'atmosphère grâce à la circulation atmosphérique, à l'évaporation et à la condensation de l'eau, à l'émission et l'absorption de rayonnement infrarouge. L'atmosphère perd l'énergie qu'elle reçoit en émettant du rayonnement infrarouge vers l'espace.

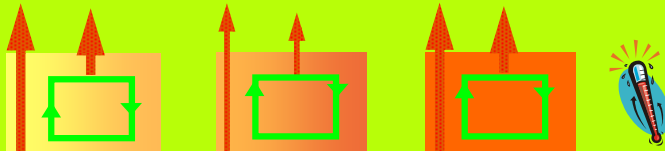
La température de la Terre (surface et atmosphère) s'ajuste sur des longues périodes (quelques centaines d'années), jusqu'à ce que l'énergie qu'elle reçoit soit égale à l'énergie qu'elle perd.



L'effet de serre sur Terre

Les gaz dits à effet de serre absorbent une partie du rayonnement infrarouge tout en laissant passer le rayonnement solaire. Une augmentation de leur concentration diminue le rayonnement infrarouge qui atteint la Terre ou l'atmosphère et qui atteint l'espace. La Terre et son atmosphère perdant moins d'énergie, elles s'échauffent jusqu'à ce qu'un nouvel équilibre soit atteint.

Les principaux gaz à effet de serre sont aujourd'hui la vapeur d'eau, le dioxyde de carbone, le méthane, les CFC (encore appelés "Fréons")...



A l'équilibre, la surface et l'atmosphère émettent autant de rayonnement infrarouge vers l'espace qu'elles reçoivent de rayonnement solaire.

Si la concentration des gaz à effet de serre augmente, la surface et l'atmosphère émettent moins de rayonnement vers l'espace alors qu'ils reçoivent toujours autant de rayonnement solaire. Donc elles s'échauffent progressivement.

Comme la surface et l'atmosphère se réchauffent, leurs émissions infrarouges vers l'espace augmentent. Finalement un nouvel équilibre est atteint, mais avec une température de la surface et de l'atmosphère plus élevée.



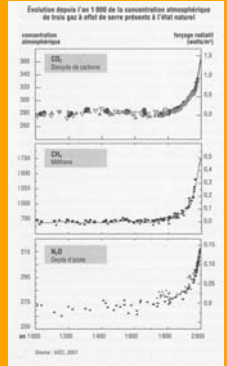
L'évolution des gaz à effet de serre

Plus de 99% de l'atmosphère est composée de gaz qui n'absorbent pas du tout le rayonnement infrarouge et qui ne participent donc pas à l'effet de serre. Les gaz qui jouent un rôle important dans le bilan radiatif de la Terre représentent moins de 1% l'atmosphère.

Le principal gaz à effet de serre est la vapeur d'eau (H₂O, 0,3% de l'atmosphère) qui contribue pour plus de 50% à l'effet de serre actuel. La vapeur d'eau reste très peu de temps dans l'atmosphère (quelques semaines) et sa quantité totale dépend du climat (vent, température...) et des conditions de surface (océan, forêt, prairie...).

Le dioxyde de carbone (CO₂) est le deuxième gaz à effet de serre et sa concentration (0,036%) est en forte augmentation. Les mesures réalisées dans les bulles d'air piégées dans les calottes polaires montrent qu'après avoir été longtemps stable, la concentration en CO₂ augmente d'abord lentement au XIX^{ème} siècle, puis de plus en plus rapidement au XX^{ème} siècle. Cette augmentation résulte directement de la combustion du charbon, du pétrole et de la forêt. Et elle serait deux fois plus élevée si les plantes et l'océan n'absorbaient pas la moitié du CO₂ que nous émettons! Ces puits naturels de carbone se maintiendront-ils dans l'avenir?

Le méthane (CH₄) participe de façon moindre à l'effet de serre (2%), mais sa progression est encore plus rapide que celle du CO₂. Le méthane est formé par des processus de fermentation anaérobie (rizière, marais, mais aussi animaux ruminants) et sa progression est très liée à la croissance démographique.



Les prévisions de changement climatique : quelles incertitudes ?

La modification du bilan énergétique de la Terre dû à l'accroissement d'un gaz à effet de serre est aujourd'hui bien connue. Les questions qui se posent portent sur la manière dont cette perturbation du bilan énergétique va se répercuter sur le climat. Quelles seront les amplitudes des changements, leur répartition géographique, l'évolution des événements extrêmes (tempêtes, sécheresses...)?

L'augmentation de la température globale

La température de surface de la Terre dépend de son bilan énergétique. Ce bilan est très fortement influencé par la vapeur d'eau, les nuages, et il est aujourd'hui perturbé par les émissions de certains gaz dus aux activités humaines (CO₂, méthane...). Cette perturbation va-t-elle modifier la vapeur d'eau et les nuages et comment l'ensemble de ces changements modifiera-t-il le climat? On estime généralement que la vapeur d'eau et les nuages amplifient les perturbations climatiques en doublant leur effet. Mais cette estimation reste controversée et incertaine : c'est la principale raison de la différence de résultats entre les modèles climatiques.

Que signifie un changement de 4°C de la température moyenne de la Terre ?

Dans nos régions, la température de l'air varie de 10°C entre le jour et la nuit, de 20°C entre l'été et l'hiver. Que représente alors un changement de température de 3 à 5°C sur 100 ans ?

La température moyenne de surface de la Terre est une grandeur qui résume, de façon très agrégée, de nombreuses caractéristiques du climat. Un petit changement de température moyenne peut représenter d'importants changements climatiques. Par exemple, lors des périodes glaciaires, la banquise recouvrait les pays scandinaves et une large fraction de l'Amérique du Nord, et pourtant la température moyenne était seulement 6 à 8°C plus basse que celle d'aujourd'hui.

Le réchauffement de plusieurs degrés projeté pour les prochaines décennies pourrait se traduire par d'importants changements sur de nombreuses grandeurs climatiques. Changements des pluies, des tempêtes, de l'enneigement, de l'extension des glaciers, des niveaux des mers... toutes les simulations du climat futur font apparaître que ces grandeurs climatiques seront modifiées. Nombre de ces changements ne sont ni bien compris ni prévus de façon concordante entre les différents modèles. De nombreux travaux de recherche se poursuivent sur ces sujets.

Changements anthropiques du climat

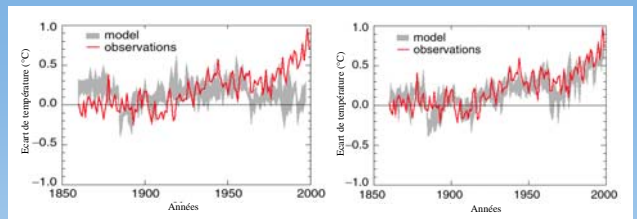
L'homme a-t-il déjà changé le climat ?

Le climat varie naturellement sur toutes les périodes de temps, du mois au millier d'années. Comment savoir alors si les changements climatiques observés depuis un siècle sont des variations naturelles ou sont principalement dus aux activités humaines ?

Pour cela on utilise un modèle climatique et on calcule :

- 1) Les variations naturelles du climat.
- 2) Les changements climatiques dus à la superposition des variations naturelles du climat et de celles générées par l'Homme.

Les figures ci-contre montrent que la prise en compte de l'effet des activités humaines par le modèle permet de mieux reproduire les variations de température observées, notamment depuis les années 1980



Évolution de l'anomalie de température de la surface de la Terre observée et calculée en tenant compte uniquement des perturbations naturelles (éruptions volcaniques, activité solaire...)

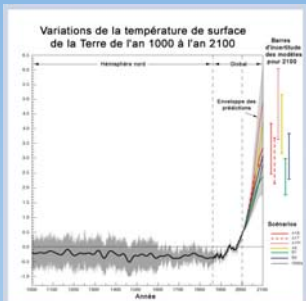
Évolution de l'anomalie de température de la surface de la Terre observée et calculée en tenant compte des mêmes perturbations naturelles auxquelles on ajoute l'effet de l'accroissement observé des gaz à effet de serre et des aérosols anthropiques.

L'évolution du climat dans les cent prochaines années.

Les changements climatiques dans les prochaines années dépendront principalement de l'augmentation des gaz à effet de serre et de la sensibilité du climat à ces perturbations. Plusieurs scénarios d'évolution des gaz à effet de serre ont été établis à partir d'hypothèses sur l'évolution démographique, les croissances économiques, la limitation des émissions des gaz à effet de serre...

Différents modèles ont été utilisés pour calculer les changements climatiques correspondant aux différents scénarios d'émission des gaz à effet de serre. Tous les résultats indiquent un accroissement de la température moyenne de la Terre de 2 à 6 degrés en 2100.

Cet écart s'explique pour moitié par l'éventail des scénarios d'émission des gaz à effet de serre et pour moitié par la différence de sensibilité des modèles climatiques aux variations de ces gaz...

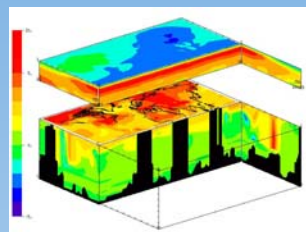
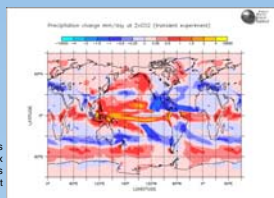
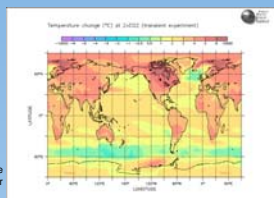


Accroissement de température (°C) simulé par le modèle climatique de l'IPSL, pour la fin du 21^{ème} siècle, et pour une concentration double du CO₂.

Idem pour les précipitations. On peut remarquer que les pluies augmentent dans les régions équatoriales et aux moyennes et hautes latitudes. Par contre les pluies diminuent sur une partie importante des subtropiques et notamment autour du bassin méditerranéen.

L'augmentation de température d'ici à 100 ans, calculée par les différents modèles climatiques, est générale, sur l'ensemble du globe. Cet accroissement est cependant plus important sur les continents que sur les océans, dans l'hémisphère Nord que dans l'hémisphère Sud.

Les précipitations par contre, augmentent ou diminuent suivant les régions. Il y a accord entre les modèles, mais seulement sur la répartition géographique générale de ces changements de précipitations : augmentation dans les régions tropicales (au moins sur les océans), diminution dans les régions sud-tropicales et légère augmentation dans les moyennes et hautes latitudes. Il y a aussi accord dans certaines régions, tel le bassin Méditerranéen pour lequel de nombreux modèles prévoient plus de sécheresse.



Variations de température sur une partie de la surface terrestre, dans l'océan et dans l'atmosphère, entre les années 1850 et 2100 et calculées par le modèle climatique de l'IPSL. Pour l'atmosphère, on peut remarquer le refroidissement de son sommet (la stratosphère) et à l'inverse le très fort réchauffement dans la haute atmosphère tropicale. L'océan se réchauffe fortement près de la surface alors que la température de l'océan profond ne varie que légèrement, sauf dans les régions où l'eau de surface "plonge" profondément.