

❑ Science, climat et société

- **L'atmosphère terrestre et la vie**
 - ✧ Formation de l'atmosphère et de l'hydrosphère
 - ✧ Oxygénation de l'atmosphère et conséquences
 - ✓ *Evolution de l'atmosphère terrestre en dioxygène*
 - ✓ *Les conséquences de l'apparition du dioxygène sur Terre*
 - ✧ Les réserves de carbones et le cycle du carbone
- **La complexité du système climatique**
 - ✧ Les grandeurs atmosphériques et les variations du climat
 - ✧ Facteurs anthropiques et perturbation du climat
 - ✧ Les effets amplificateurs et modérateurs des variations climatiques

❑ Une histoire du vivant

- **La biodiversité et son évolution**
- **L'évolution comme grille de lecture du monde**
 - Des structures anatomiques, témoins de l'évolution des espèces
 - Biodiversité et évolution génétiques des populations
 - Mécanismes évolutifs et résistance aux antibiotiques
 - Pratiques agricoles et impacts sur l'évolution de la biodiversité
- **L'évolution humaine**

- ❑ **Science, climat et société**
 - La complexité du climat

Les changements climatiques: un enjeu sociétal majeur

<https://www.apc-paris.com/changement-climatique>

- **Le climat et ses modifications récentes et rapides** constituent une des préoccupations majeures de notre société depuis quelques dizaines d'années.
- Si les **changements climatiques** ont initialement et logiquement mobilisé le monde scientifique, relayé ensuite par certaines associations, l'évolution actuelle du climat terrestre et les scénarios envisagés pour les années futures sont aujourd'hui devenus des enjeux majeurs, comment en témoignent leur place dans les débats politiques et les colloques, de l'échelle nationale à mondiale.
- Pour autant, certains responsables et une partie de la population réfutent l'urgence de la prise de décisions autour du climat. **Mais le climat, c'est quoi exactement ? Le climat terrestre a-t-il déjà varié ? Pourquoi parle t-on de réchauffement climatique?**



❑ Science, climat et société

➤ La complexité du climat

✧ Les grandeurs atmosphériques et les variations du climat

TD5- Climat ou météorologie ?

Le climat c'est quoi ? <https://www.youtube.com/watch?v=LbfoRUCENQA>

La météorologie:

➤ Etudie la formation et l'évolution des phénomènes atmosphériques prévu à court terme (jours, semaines) et très localement à l'aide de plusieurs paramètres : **Température, pression atmosphérique, précipitations, humidité, vent, ensoleillement ...**

➤ **Un phénomène atmosphérique**: phénomène dû à la perturbation de la circulation générale de l'atmosphère et des conditions locales. Ces phénomènes sont la plupart du temps d'ordre climatique (pluie, neige, grêle, brouillard, verglas), qualifiés parfois d'extrêmes (tornade, tempête, foudre), mais également d'ordre lumineux (rayon vert, mirage, arc-en-ciel, aurores polaires).

La climatologie :

➤ Un climat est défini par un ensemble de paramètres, tels que la température, la pression, le degré d'hygrométrie, la pluviométrie, la nébulosité, la vitesse et la direction des vents.

➤ Les climatologues s'intéressent aux mêmes données atmosphériques que les météorologues et utilisent globalement les mêmes outils. Ce qui les différencie, **c'est l'échelle d'analyse**.

➤ Question climat, on ne travaille pas sur un jour ou une semaine. **Les études portent au minimum sur 30 ans de relevés**. De cette façon, on arrive à calculer une moyenne des « normales de saison ».

➤ Ce sont les moyennes de ces différents paramètres qui permettent de définir un climat.

➤ **La température moyenne** du globe terrestre est donc un indicateur majeur du climat global. Il en existe d'autres comme le **volume des océans, l'étendue des glaciers** (continentaux) et **des glaces** (océaniques).

La climatologie se distingue donc de la météorologie par l'analyse des données sur une plus longue période

❑ Science, climat et société

➤ La complexité du climat

✧ Les grandeurs atmosphériques et les variations du climat

TD5- Climat ou météorologie ?

Le climat c'est quoi ? <https://www.youtube.com/watch?v=LbfoRUCENQA>

La météorologie:

➤ Etudie la formation et l'évolution des phénomènes atmosphériques prévu à court terme (jours, semaines) et très localement à l'aide de plusieurs paramètres : **Température, pression atmosphérique, précipitations, humidité, vent, ensoleillement ...**

➤ **Un phénomène atmosphérique**: phénomène dû à la perturbation de la circulation générale de l'atmosphère et des conditions locales. Ces phénomènes sont la plupart du temps d'ordre climatique (pluie, neige, grêle, brouillard, verglas), qualifiés parfois d'extrêmes (tornade, tempête, foudre), mais également d'ordre lumineux (rayon vert, mirage, arc-en-ciel, aurores polaires).

La climatologie :

➤ Un climat est défini par un ensemble de paramètres, tels que la température, la pression, le degré d'hygrométrie, la pluviométrie, la nébulosité, la vitesse et la direction des vents.

➤ Les climatologues s'intéressent aux mêmes données atmosphériques que les météorologues et utilisent globalement les mêmes outils. Ce qui les différencie, **c'est l'échelle d'analyse**.

➤ Question climat, on ne travaille pas sur un jour ou une semaine. **Les études portent au minimum sur 30 ans de relevés**. De cette façon, on arrive à calculer une moyenne des « normales de saison ».

➤ Ce sont les moyennes de ces différents paramètres qui permettent de définir un climat.

➤ **La température moyenne** du globe terrestre est donc un indicateur majeur du climat global. Il en existe d'autres comme le **volume des océans, l'étendue des glaciers** (continentaux) et **des glaces** (océaniques).

La climatologie se distingue donc de la météorologie par l'analyse des données sur une plus longue période

❑ Science, climat et société

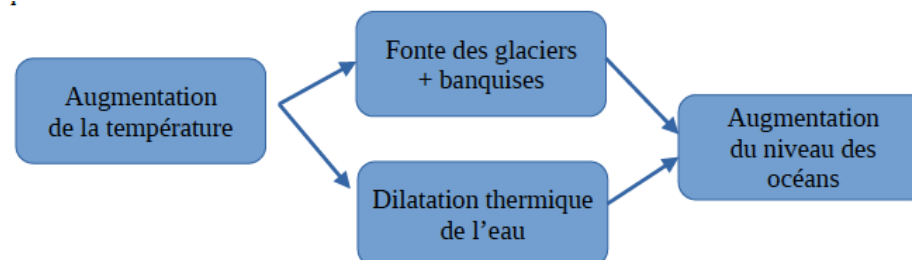
➤ La complexité du climat

✧ Facteurs anthropiques et perturbation du climat

TD6- Les variations climatiques

Correction Activité 1 du TD6

- **Document 1** indique une **augmentation du niveau de la mer** liée à deux phénomènes : la fonte des glaciers et la dilatation thermique de l'eau (= augmentation du volume d'une même quantité d'eau sous l'effet de l'augmentation de la température de l'eau).
- **Document 2** montre que **l'extension des glaciers diminue depuis le début du 20ème siècle**.
- **Document 3** montre que la fonte de glaçons initialement dans l'eau (cas de gauche) ne provoque pas d'augmentation du niveau d'eau à la différence de la situation où les glaçons sont sur un support solide. Dans ce cas (à droite), le niveau d'eau augmente après la fonte des glaçons. Cela nous montre que **l'augmentation du niveau des mers a pour origine la fonte des glaciers continentaux et non pas des glaces localisées dans l'eau** (comme les icebergs).
- **Document 4** montre **l'évolution de la surface des banquises** : nous constatons que la surface de la banquise antarctique est globalement stable alors que celle de la banquise arctique diminue très fortement.
- **La réduction de la surface des glaciers continentaux (doc 2) et de la banquise arctique (doc 3) témoigne du réchauffement climatique récent et donc de l'évolution du climat terrestre. Cela se traduit aussi par une élévation du niveau global des océans (document 1), lié à un apport plus important en eau (conséquence de la fonte des glaciers) et de la dilatation thermique.**



❑ Science, climat et société

➤ La complexité du climat

✧ Facteurs anthropiques et perturbation du climat

TD6- Les variations climatiques

Correction Activité 1 du TD6

- **Document 4** montre qu'au cours du temps, les pollens qui se sont déposés provenaient d'espèces différentes : entre - 20500 ans et - 14500 ans, il y avait une majorité de pollens de jonc, puis ensuite, une majorité de pollens de bouleau. Depuis - 6500 ans, on observe très majoritairement des pollens de sapins et d'aulnes. Les joncs et les bouleaux vivant préférentiellement dans les climats froids alors que les sapins et surtout les aulnes étant plus communs dans les climats tempérés, cela montre que le climat dans la région étudiée a été froid jusqu'il y a - 10500 ans, avant de se réchauffer depuis - 6500 ans.
- **Document 5** montre que la date de début des vendanges est de plus en plus précoce dans l'année (elle a toujours lieu avant le 17 septembre maintenant ce qui n'était pas le cas dans les décennies précédentes). Or, les vendanges débutent lorsque le raisin est à maturité, celle-ci étant dépendante des conditions de température et d'ensoleillement. Cette évolution de la date des vendanges traduit donc un réchauffement global dans les régions viticoles.
- **Document 6** montre que la largeur des cernes des arbres est dépendante des conditions climatiques rencontrées par les végétaux. La modification de la largeur des arbres au cours du temps, observée sur un nombre important d'arbres, permet de révéler des modifications climatiques, comme la présence du petit âge glaciaire survenu entre le XVIème et le XIXème siècle.
- **Ces différents documents montrent que les variations des espèces végétales, de la date de maturation des raisins et de la taille des cernes des arbres témoignent de l'évolution du climat terrestre depuis quelques dizaines de milliers d'années.**

❑ Science, climat et société

➤ La complexité du climat

✧ Les grandeurs atmosphériques et les variations du climat

Des variations climatiques anciennes et naturelles

➤ Des variations climatiques anciennes et naturelles :

Les indices du Climat : niveau des mers, évolution des glaciers et banquises, végétations

L'étude de différents indices, comme les cristaux de glace, les grains de pollen ou certains fossiles a permis de reconstituer les climats anciens. Les scientifiques ont en particulier pu montrer que depuis 800000 ans, le climat terrestre présente des **variations assez régulières entre des périodes froides et des périodes chaudes**, d'une fréquence d'environ 100000 ans. **Ces changements climatiques ont une origine naturelle**, donc indépendante de la présence humaine (essentiellement liés à des variations cyclique de l'énergie solaire reçue) https://www.youtube.com/watch?v=-T_O0UG-B1Q&t=147s https://www.youtube.com/watch?v=UhuyfJl4q_g

➤ **Des variations récentes et rapides** : Depuis la révolution industrielle (fin 18ème – début 19ème), **le climat terrestre se caractérise par un réchauffement global**. Ainsi, depuis la fin du 19ème, **la température a augmenté de plus d'1°C à l'échelle globale** et chaque année cette tendance se confirme.

➤ Ces variations récentes sont révélées par **différents marqueurs** comme :

❖ La **réduction du volume des glaciers** et des calottes,

❖ **L'augmentation du niveau moyen des océans**

❖ et sont confirmées par **d'autres témoins** (date des vendanges, cernes des arbres)

<https://www.futura-sciences.com/planete/actualites/arctique-arctique-35-ans-fonte-banquise-vue-nasa-91810/> ≈

❑ Science, climat et société

➤ La complexité du climat

✧ Les effets amplificateurs et modérateurs des variations climatiques

TD7- Origines des changements climatiques récent

Correction du TD7

- **Le document 1** permet de montrer, à partir de données observées, qu'il existe un réchauffement climatique qui devient très significatif depuis 1950 environ. Ce réchauffement se traduit par une augmentation d'un peu plus de 1°C de la température de la surface mondiale lorsqu'on prend en compte les facteurs humains et naturels. En revanche, en absence des facteurs humains, il n'y a pas de réchauffement. On en déduit donc que le réchauffement climatique actuel est lié aux activités humaines.
- **Le document 2** nous indique l'évolution de l'émission anthropique des gaz à effet de serre (GES ou GHG sur le document) depuis 1970. Nous constatons que ces émissions sont passées de 27 Gt en 1970 à 49 Gt en 2010, avec un taux d'évolution qui augmente également.
- **A l'aide des documents 4 et 5**, nous pouvons comprendre les conséquences de l'augmentation des émissions de GES. En effet, nous apprenons que ces GES sont pratiquement transparents aux rayonnements solaires (en dehors des UV qui sont absorbés par le dioxygène et par l'ozone) mais sont opaques aux rayonnements infrarouges. Or, sous l'effet des rayonnements solaires absorbés par la surface terrestre, la Terre se réchauffe et émet à son tour des rayonnements infrarouges. Ces derniers sont absorbés par les différents GES que sont la vapeur d'eau (qui absorbe dans une large gamme de longueur d'ondes), le CO₂, l'O₂ et l'O₃, le méthane (CH₄) et les oxydes d'azote (comme le NO₂). L'efficacité d'absorption de ces GES explique que seuls 15 à 35 % des rayonnements infrarouges terrestres peuvent traverser l'atmosphère et s'échapper vers l'espace. Les rayonnements absorbés par les GES provoquent le réchauffement de ces gaz qui émettent alors des infrarouges dont une partie atteint la surface terrestre provoquant un apport supplémentaire d'énergie sur Terre.
- **Donc comme les activités humaines produisent une quantité élevée et croissante de GES et que ceux-ci contribuent à l'effet de serre terrestre, ce phénomène est amplifié, entraînant alors un réchauffement climatique beaucoup plus marqué.**

❑ Science, climat et société

➤ La complexité du climat

✧ Les effets amplificateurs et modérateurs des variations climatiques

TD7- Origines des changements climatiques récent

Correction du TD7

➤ Par ailleurs, **le document 3** nous montre que la concentration en vapeur d'eau augmente lorsque la température s'accroît. Dans le contexte du réchauffement climatique actuel, la concentration en vapeur d'eau dans l'atmosphère augmente. Or, la vapeur d'eau est un GES (cf document 5). Donc, l'augmentation de la concentration actuelle en vapeur d'eau dans l'atmosphère va accroître l'effet de serre.

➤ **En conclusion, le réchauffement climatique récent a pour origine d'une part les émissions anthropiques de GES qui amplifient l'effet de serre naturel et d'autre part des phénomènes qui accentuent le réchauffement actuel, comme l'augmentation de la concentration en vapeur d'eau atmosphérique et la diminution de l'albédo par réduction de la surface des glaces et glaciers.**

❑ Science, climat et société

➤ La complexité du climat

✧ Les grandeurs atmosphériques et les variations du climat

Des rétroactions sur le climat

Différents mécanismes sont qualifiés **d'amplificateurs** car leurs effets **amplifient la tendance de l'évolution climatique actuelle** :

❖ **la décroissance de la surface couverte par les glaces continentales et océaniques entraîne une réduction de l'albédo** (rapport énergie réfléchie / énergie incidente), ce qui **accentue le réchauffement** et donc la réduction de la surface couverte par les glaces.

❖ **le dégel partiel du permafrost ou pergélisol** (sol dont la température se maintient en dessous de 0°C pendant plus de deux ans consécutifs) provoque une **libération de GES dans l'atmosphère**. Ce phénomène très inquiétant par la vitesse avec laquelle il se met en place et les teneurs de GES contenus dans les sols gelés représente une réelle inquiétude quant à l'évolution du climat

❑ Science, climat et société

➤ La complexité du climat

✧ Les grandeurs atmosphériques et les variations du climat

Forçage radiatif positif et réchauffement climatique récent

- Depuis un siècle et demi, on **mesure un réchauffement climatique global** (environ +1°C). Celui-ci traduit **l'influence de certains facteurs, et en particulier les gaz à effet de serre (GES)**.
- En effet, **la température terrestre dépend du bilan radiatif de la Terre**, c'est-à-dire du **rapport entre l'énergie reçue et l'énergie émise par la planète**. Les modifications du **bilan radiatif terrestre** sont appelés **forçage radiatif**. Celui-ci est **positif** quand il se traduit par une **augmentation de l'énergie accumulée**, et donc un **réchauffement global de la Terre** (exemple : effet de serre). **Le forçage est négatif** quand il conduit à une **diminution de l'énergie accumulée** et donc à un **refroidissement** (exemple : libération d'aérosols limitant la pénétration des rayonnements solaires).
- **L'effet de serre** est le **principal responsable du forçage radiatif positif** (car responsable d'une augmentation de la température). Il **dépend de la présence de certains GES dans l'atmosphère** (CO₂, CH₄, N₂O et vapeur d'eau principalement). Ces derniers ont la **propriété d'absorber les rayons IR émis par la Terre**, puis suite à leur propre réchauffement, à en émettre à nouveau. En retour, il en résulte **une augmentation de la puissance radiative reçue par le sol de la part de l'atmosphère**. Cette puissance supplémentaire entraîne une **perturbation de l'équilibre radiatif**.
- Depuis le début de l'ère industrielle (fin 19ème), **la concentration en CO₂ atmosphérique augmente en raison du développement des activités humaines consommatrices de combustibles fossiles** (pétrole, charbon, gaz) et donc **productrices de CO₂** (la concentration en CO₂ atmosphérique est ainsi passé de 283 ppm en 1800 à 415 ppm en juin 2021). Cette concentration n'a jamais augmenté aussi rapidement qu'actuellement.
- **Cette augmentation de la teneur en CO₂ atmosphérique accentue donc l'effet de serre** et ainsi la **quantité d'énergie reçue par la surface terrestre**. L'énergie supplémentaire associée est essentiellement **stockée par les océans**, mais également par **l'air et les sols**, ce qui se traduit par **une augmentation de la température moyenne à la surface de la Terre** et **la montée du niveau des océans**.