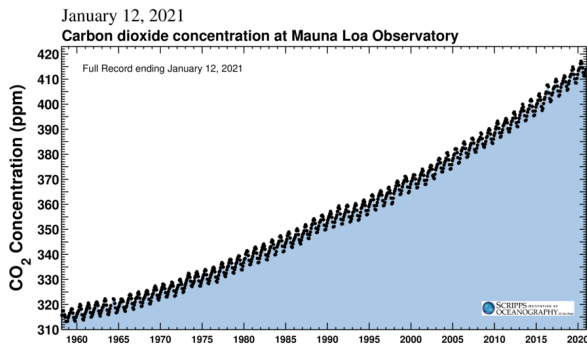


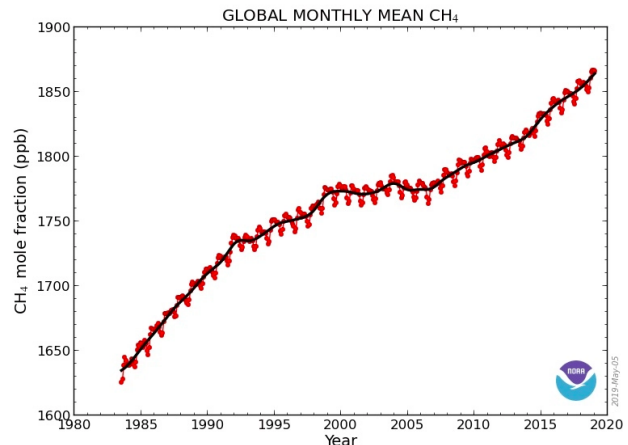
TP BG4-5. Climat et variabilité climatique

IV. Les forçages radiatifs : des perturbations de l'équilibre thermique de la Terre externe

1. Déterminer l'importance d'un forçage radiatif : exemple des gaz à effet de serre anthropiques



Document 1: Evolution de la concentration en CO₂ dans l'atmosphère depuis 1960. La mesure est effectuée à l'observatoire du Mauna Loa, sur l'archipel d'Hawaii.



Document 2: Evolution de la concentration en CH₄ dans l'atmosphère depuis 1960.

- Quel est l'intérêt de mesurer le taux de CO₂ atmosphérique mondial sur une île de l'archipel d'Hawaii ?

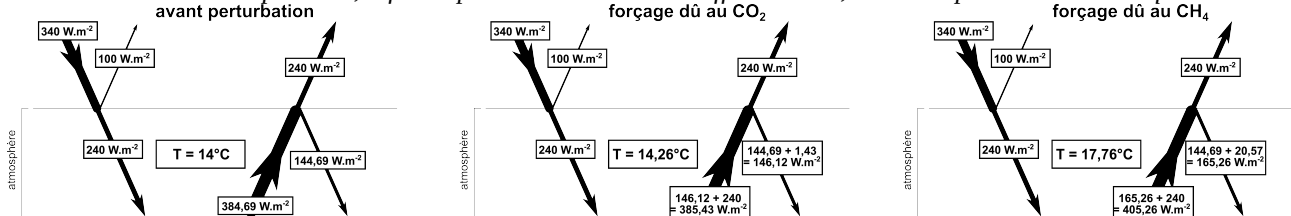
L'archipel d'Hawaii est situé au cœur de l'océan pacifique, donc à la fois dans une zone peu industrialisée (donc peu productrice de CO₂) et soumise aux alizés, des vents constants qui contribuent au brassage de l'atmosphère. La mesure à Hawaii est donc représentative du taux de CO₂ moyen mondial.

- Calculez le forçage radiatif induit par l'augmentation du taux de CO₂ et de CH₄ dans l'atmosphère. Déduisez-en l'augmentation de température correspondante, et critiquez le résultat obtenu.

Pour le CO₂, on se place entre 1958 et 2021. Le taux de CO₂ est passé de 315 ppm à 412 ppm. On calcule donc le forçage : $\Delta F = 5,35 \times 1 \times \ln \frac{412}{315} = 1,43 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$

Pour le CH₄ on se place entre 1980 et 2020. Le taux de CH₄ est passé de 1630 ppb à 1870 ppb (parties par milliard). On calcule donc le forçage : $\Delta F = 5,35 \times 25 \times \ln \frac{1870}{1630} = 20,57 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$

Pour le calcul de la température, il faut reprendre les schémas d'effet de serre, et les adapter à un nouvel équilibre.



Pour une température de 14°C, sans forçage, on calcule une puissance émise de 384,69 W.m⁻², et donc une puissance réabsorbée par l'atmosphère de 144,69 W.m⁻² (car on est dans une situation d'équilibre).

Avec forçage, pour le CO₂ :

- le forçage de 1,43 W.m⁻² correspond à une puissance qui n'est pas émise vers l'espace, et elle s'ajoute donc aux 144,69 W.m⁻² de la situation de référence (d'où 146,12 W.m⁻²)
- pour rejoindre la situation d'équilibre, la puissance émise par le sol augmente jusqu'à atteindre 385,43 W.m⁻².
- on calcule donc la température suite au nouvel équilibre : 14,26°C, soit une augmentation de 0,26°C.

Par le même raisonnement on trouve avec CH_4 une augmentation de $3,76^\circ C$.

Commentaires :

- Comme le méthane s'oxyde progressivement et se transforme en CO_2 , l'effet de ce gaz est bien moins important que ce qui est calculé.
- Pour le CO_2 , on a une augmentation de seulement $0,26^\circ C$, ce qui paraît modeste vu l'ampleur mesurée du changement climatique ($+1,3^\circ C$ en 2024). On n'a pas pris en compte les rétroactions positives ou négatives, notamment les variations d'albédo, qui peuvent être responsables d'un changement bien plus important que ce qui est calculé pour le CO_2 .

V. Migrations, adaptations et changement climatique anthropique

3. Impact du réchauffement climatique sur les relations interspécifiques

- **Analysez l'impact de la température sur le niveau de mycorhization de chacune des deux espèces végétales. Comment peut-on interpréter les différences observées entre les deux espèces ?**

Il y a une augmentation significative de la mycorhization chez *A. scabra*, mais pas chez *D. lanuginosum*, donc l'augmentation des températures provoque la mycorhization chez *A. scabra* seulement.

De plus, à basse température, *A. scabra* n'est pas du tout mycorhisée, alors que 20 % des racines les sont chez *D. lanuginosum*.

On en déduit que la mycorhization est une acclimatation/accommodation de *A. scabra* à l'augmentation des températures, lui permettant par exemple de mieux assurer sa nutrition hydrique, mais que la mycorhization de *D. lanuginosum* est constitutive, c'est-à-dire indépendante des conditions climatiques. Ceci est en lien avec le milieu de vie de ces deux plantes : l'une (*A. scabra*) est **thermophile facultative**, c'est-à-dire capable de croître dans des milieux chauds ou non, alors que *D. lanuginosum* est thermophile stricte, c'est-à-dire adaptée uniquement aux climats chauds.

- **Analysez l'impact de la mycorhization sur la production de biomasse de chacune des deux espèces.**

Chez *A. scabra* :

Observation : quelle que soit la température, la production de biomasse est la même sans mycorhization, avec mycorhize avec champignons non thermophiles ou thermophiles.

Interprétation : la mycorhization n'a pas d'impact sur la production de biomasse chez cette espèce.

Hypothèses : la mycorhization observée dans le cas de températures importantes (document précédent) pourrait augmenter la fitness de l'espèce sans que cela ne se traduise par une variation de biomasse (meilleure résistance à la sécheresse, descendance plus abondante...).

Chez *D. lanuginosum* :

Observation : à basse température, on n'observe pas de variation de la production de biomasse.

Interprétation : donc la mycorhization n'a pas d'impact sur la production de biomasse à basse température.

Observation : en revanche, à haute température, on observe une augmentation de biomasse produite après mycorhization (quel que soit le champignon).

Interprétation : donc la mycorhization provoque une augmentation de la production de biomasse à haute température.

Hypothèses : on peut faire l'hypothèse que l'adaptation aux hautes températures pour cette espèce passe en réalité par la mycorhization, qui lui permettrait, en produisant plus de biomasse, d'être plus compétitive par rapport aux autres espèces (comme *A. scabra* par exemple).

- **Analysez l'impact de la température sur la production de biomasse de chacune des deux espèces.**

Chez *A. scabra* :

Observation : quelle que soit la condition de mycorhization, on observe un effondrement de la production de biomasse lorsque la température augmente (divisée par 4 à 5).

Interprétation : la température provoque une diminution de la production de biomasse, même s'il y a mycorhization. Donc la mycorhization, pourtant plus importante dans conditions de température élevée, n'empêche pas la diminution de la production.

Chez *D. lanuginosum* :

Observation : sans mycorhizes, les températures ne modifient pas la production organique, qui est faible.

Interprétation : cette espèce est peu sensible à la température, et notamment, n'est pas impactée négativement par les températures (contrairement à *A. scabra*).

Hypothèse : elle possède probablement des adaptations aux hautes températures (cuticule épaisse, réserves d'eau dans un parenchyme aquifère...) que n'a pas *A. scabra*.

Observation : en revanche, lorsqu'il y a mycorhization (et quel que soit le type de champignon), la production organique **augmente** lorsque la température augmente.

Interprétation : les hautes températures **provoquent une augmentation de la production organique** dans des conditions de mycorhization. Cette conséquence – inattendue – peut être vue comme une **exploitation maximale de la mycorhization dans les conditions chaudes**, constituant une **augmentation de la fitness de cette espèce par rapport à d'autres espèces** (comme *A. scabra*).