

Physique du Climat

TD N°4: Changements climatiques tropicaux

I Changements climatiques locaux

On considère une colonne d'air située au coeur d'une zone tropicale humide. On note F_{TOA} et F_{sol} les flux d'énergie nets totaux aux interfaces.

Les échanges latéraux sont représentés par un flux de masse Φ_M entrant dans la colonne près de la surface et le flux opposé sortant en altitude. Le flux net entrant d'une quantité X est alors $\Phi_M \Delta X$ où ΔX est la différence entre les valeurs de X dans les branches inférieure et supérieure de la circulation. Les changements de X entre climats présent et futur seront notés X' avec $X'/X \ll 1$.

1. Ecrire les bilans d'eau et d'énergie sur cette colonne atmosphérique.
2. Donner les signes typiques de Φ_M , Δr , ΔE_s et ΔE_h . En déduire celui de $(F_{\text{TOA}} - F_{\text{sol}})$.
3. Lors d'un changement climatique comme une augmentation du CO_2 , on peut considérer que les changements des flux aux interfaces sont négligeables. Par contre, l'humidité et la température changent, l'humidité relative restant constante. Quel est le signe des changements de Δr , ΔE_s et ΔE_h ?
4. Si Φ_M est inchangé, que devient le bilan $(P - E)$?
5. On suppose que ΔE_h diminue légèrement (en valeur absolue). Que vaut le changement de Φ_M ? En déduire la variation totale de $(P - E)$.
6. Que deviennent ces résultats pour une colonne dans une zone de subsidence ?
7. Dans les régions limites entre ascendance et subsidence, on a cette fois un flux de masse Φ_M qui traverse la colonne sans convergence. Que deviennent les bilans d'eau et d'énergie ? Quels seront les mécanismes de réponse au changement climatique ?

II Changements globaux du cycle hydrologique

On s'intéresse ici à des changements climatiques intégrés sur toutes les tropiques, voire la planète.

1. La relation (approchée) de Clausius-Clapeyron donne les variations de e_{sat} en fonction de T :

$$\frac{1}{e_{\text{sat}}} \frac{de_{\text{sat}}}{dT} = \frac{L}{R_v T^2}$$

Calculer la variation relative de e_{sat} pour une variation de T de 1 K autour d'une température moyenne tropicale. On donne $L = 2436 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ à 27° .

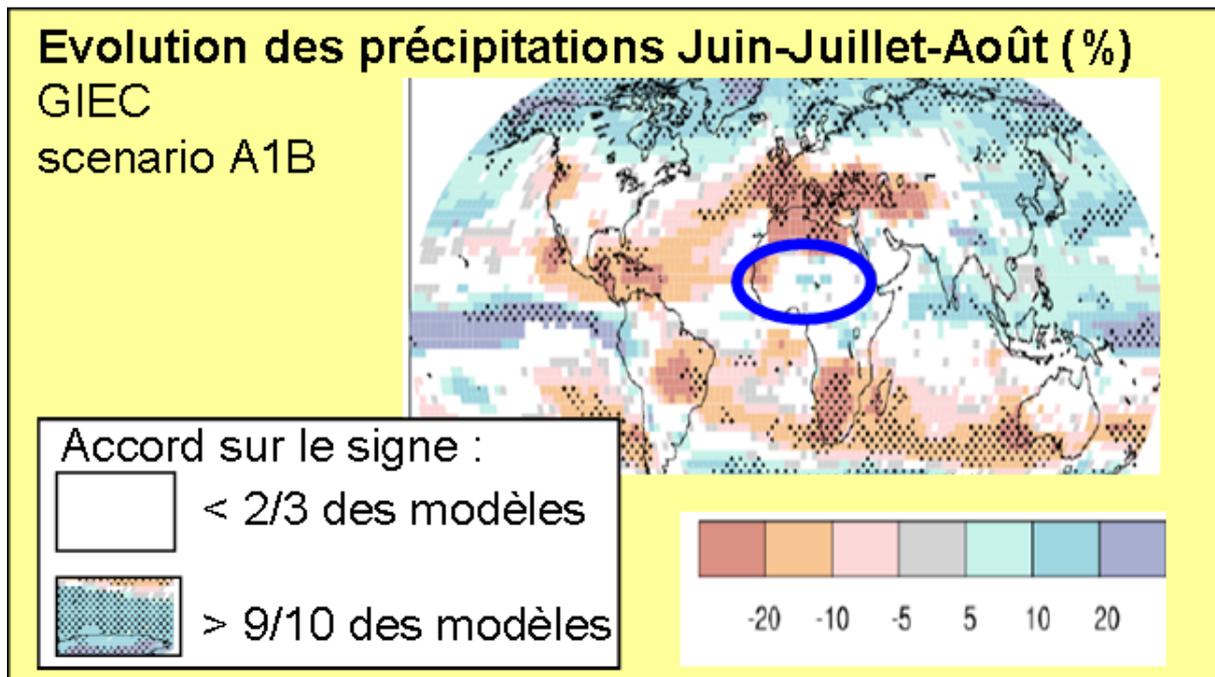


FIGURE 1: Changements relatifs de précipitations simulés par les modèles du GIEC

2. L'évaporation dans les tropiques représente un flux de chaleur d'environ $115 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$. D'autre part, un doublement du CO_2 amène un changement du bilan radiatif au sommet de l'atmosphère de $4 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ qui se retrouve à peu près à la surface, et un réchauffement d'environ 3,6 K.

En faisant un bilan d'énergie à la surface, en déduire une estimation du changement relatif des précipitations globales pour un réchauffement de 1 K.

3. On note Φ_{conv} le flux de masse total sortant de la couche limite de surface dans les nuages convectifs (qui est compensé par un flux descendant opposé en dehors de ces nuages). Exprimer les précipitations totales en fonction de Φ_{conv} et du rapport de mélange dans la couche limite r_{CLim} .
4. De combien devrait varier r_{CLim} suite à un doublement du CO_2 ? Et Φ_{conv} ?
5. Dans les zones de ciel clair (non convectives), le refroidissement dans l'infrarouge est compensé en moyenne par une subsidence à une vitesse w , qui amène de l'air ayant une énergie plus élevée. Si le refroidissement infrarouge diminue suite à une augmentation subite du CO_2 , que devient w ?
6. En réponse à un changement climatique, le refroidissement radiatif change peu, mais le gradient vertical d'énergie statique est modifié. Dans quel sens ? Quelle est la conséquence sur w ?