

M2 OACOS – Aérosols, Pollution, Climat

Séance 2 – Emissions et modélisation

Evaluation des émissions de NO_x à partir d'observations satellitaires

(Source : D.J. Jacob, Harvard University)

Le dioxyde d'azote (NO₂) absorbe fortement le rayonnement à 400-450nm, ce qui permet l'observation satellitaire de sa colonne atmosphérique par la mesure du rayonnement solaire rétrodiffusé. Nous allons ici nous intéresser à la possibilité d'utiliser ces observations pour contraindre les émissions de surface de NO_x.

1) Nous examinons dans un premier temps la contribution relative de la troposphère et de la stratosphère à la masse totale de NO_x dans l'atmosphère. L'émission globale de NO_x dans la troposphère, E_{NO_x} est de environ 50 Tg N a⁻¹. On suppose que la durée de vie $\tau_{NO_x} = 1$ jour pour l'oxydation en HNO₃ et que HNO₃ est détruit uniquement par dépôt. Calculer la masse de NO_x dans la troposphère.

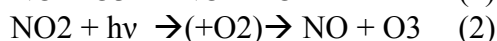
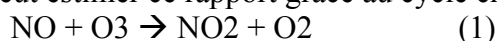
2) Le rapport de mélange global moyen de N₂O est 310 ppb et son temps de résidence est de 114 ans. Le N₂O est détruit dans la stratosphère. En supposant que 5% des pertes de N₂O produisent des NO_x, que le rapport molaire NO_x/NO_y dans la stratosphère est 0.1, et que la durée de vie des NO_y dans la stratosphère est de 1 an, estimez la masse de NO_x dans la stratosphère.

(On prendra $N_a = 1,8 \times 10^{20}$ moles dans l'atmosphère)

3) La contribution de la stratosphère peut être enlevée de diverses manières. Après soustraction de cette contribution, on obtient une observation de la colonne troposphérique Ω de NO₂. Exprimez Ω en fonction des valeurs locales de E_{NO_x} , τ_{NO_x} , et $[NO_2]/[NO_x]$, en supposant l'équilibre pour les NO_x et que τ_{NO_x} et $[NO_2]/[NO_x]$ sont uniformes sur la colonne.

4) Une complication provient du fait que le rapport $[NO_2]/[NO_x]$ varie en fonction de l'altitude, principalement à cause de la dépendance en température de la réaction NO + O₃.

On peut estimer ce rapport grâce au cycle chimique rapide entre NO et NO₂ :



avec $k_1 = 2 \times 10^{-12} \exp[-1400/T] \text{ cm}^3 \text{ molecule}^{-1} \text{ s}^{-1}$ et $k_2 = 1 \times 10^{-2} \text{ s}^{-1}$.

En supposant le rapport de mélange de O₃ uniforme et égal à 50ppb, calculer le rapport $[NO_2]/[NO_x]$ au niveau de la mer (T = 290 K) et à 10 km d'altitude (T = 220 K). En fonction de ce résultat, peut-on s'attendre à ce que le satellite détecte plus facilement les émissions de NO_x à la surface ou dans la haute troposphère (e.g. éclairs) ?