

Distribution des polluants, échelles de la pollution atmosphérique



Mécanismes

Fiche détaillée

Niveau ★★☆☆

(A partir de la 2nd)

I. Le mélange des polluants dans l'atmosphère

La concentration d'un constituant de l'atmosphère dépend des mécanismes de diffusion et de transport vertical et horizontal au sein de l'atmosphère ainsi que de la durée de vie du constituant. Cette dernière dépend de sa réactivité et notamment de la vitesse à laquelle il est détruit par oxydation ou par dépôt au sol. Les durées de vie des constituants mineurs atmosphériques varient de quelques heures (composés organiques volatils) à quelques jours (composés de l'azote et du soufre), à quelques semaines ou mois (aérosols, ozone, monoxyde de carbone) jusqu'à plusieurs années ou dizaines d'années (gaz à effet de serre).

Dans la troposphère, les mélanges verticaux et horizontaux sont intenses et complexes. Ils résultent des mouvements de l'air, lesquels définissent la circulation atmosphérique générale dans les sens zonal (sens des parallèles) et dans le sens méridien. Les mélanges zonaux résultent du mouvement des masses d'air d'ouest en est ou d'est en ouest, plus ou moins modifié par la force de Coriolis, selon la latitude (et l'altitude). Le mouvement méridien est organisé en cellules parmi lesquelles la mieux identifiée est la cellule tropicale de Hadley. Le mélange de l'air dans le sens zonal autour de la Terre prend de un à plusieurs mois selon la latitude et l'altitude (courants jets); il prend environ une année dans le sens méridien. Les durées caractéristiques de ces mélanges influent directement sur la distribution des concentrations des constituants mineurs dans l'atmosphère.

Les échanges verticaux entre la troposphère et la stratosphère sont faibles, mais néanmoins ils existent à toutes les latitudes. Ils sont maxima au niveau des branches ascendantes et descendantes des cellules tropicales (cellules de Hadley). Dans la zone de convergence intertropicale, ces échanges peuvent être accentués par les phénomènes de convection profonde. La durée caractéristique des échanges entre la troposphère et la stratosphère est de plusieurs années (Figure 1).

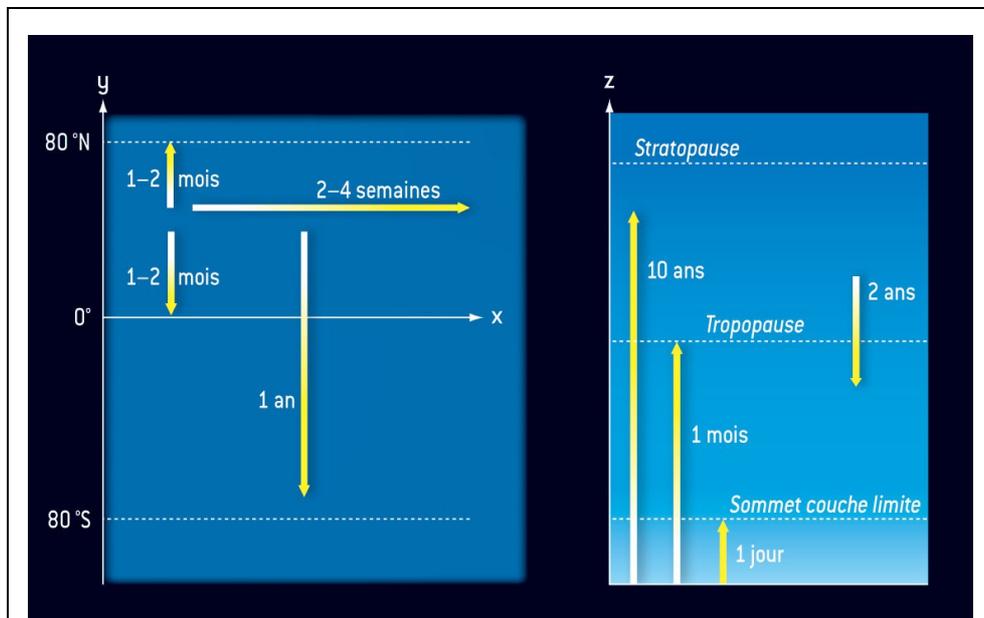
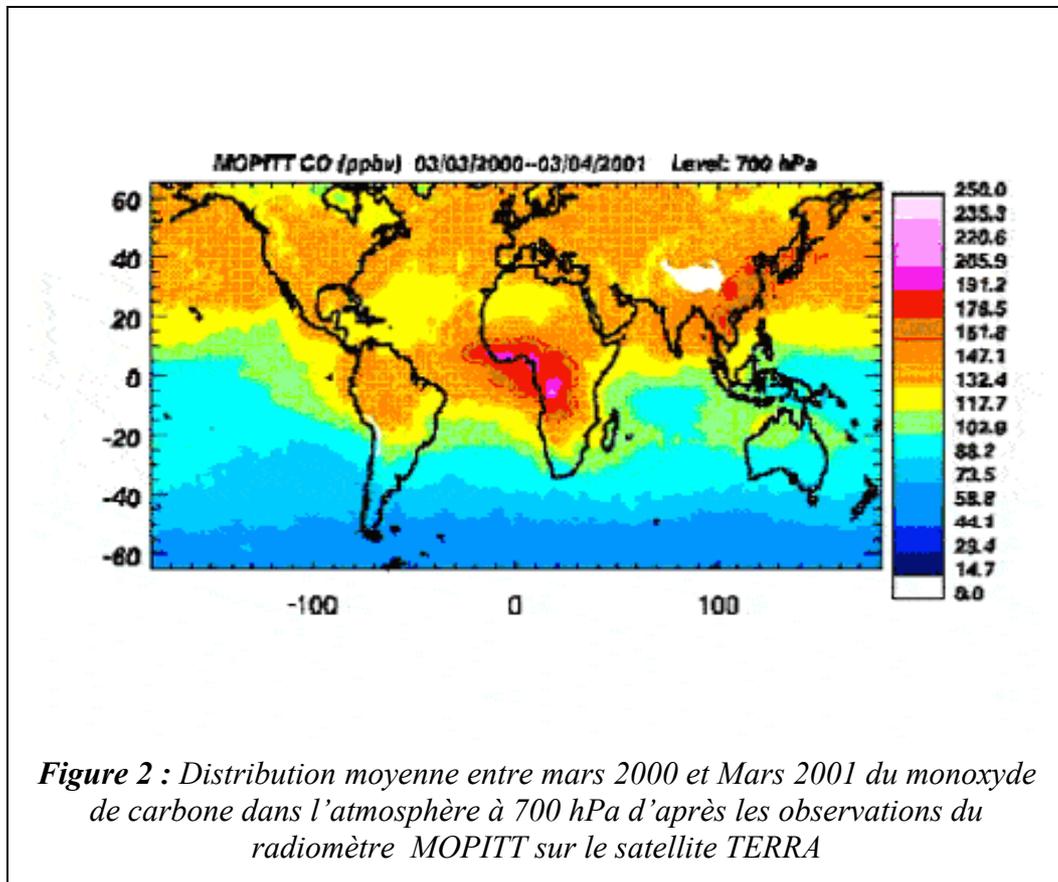


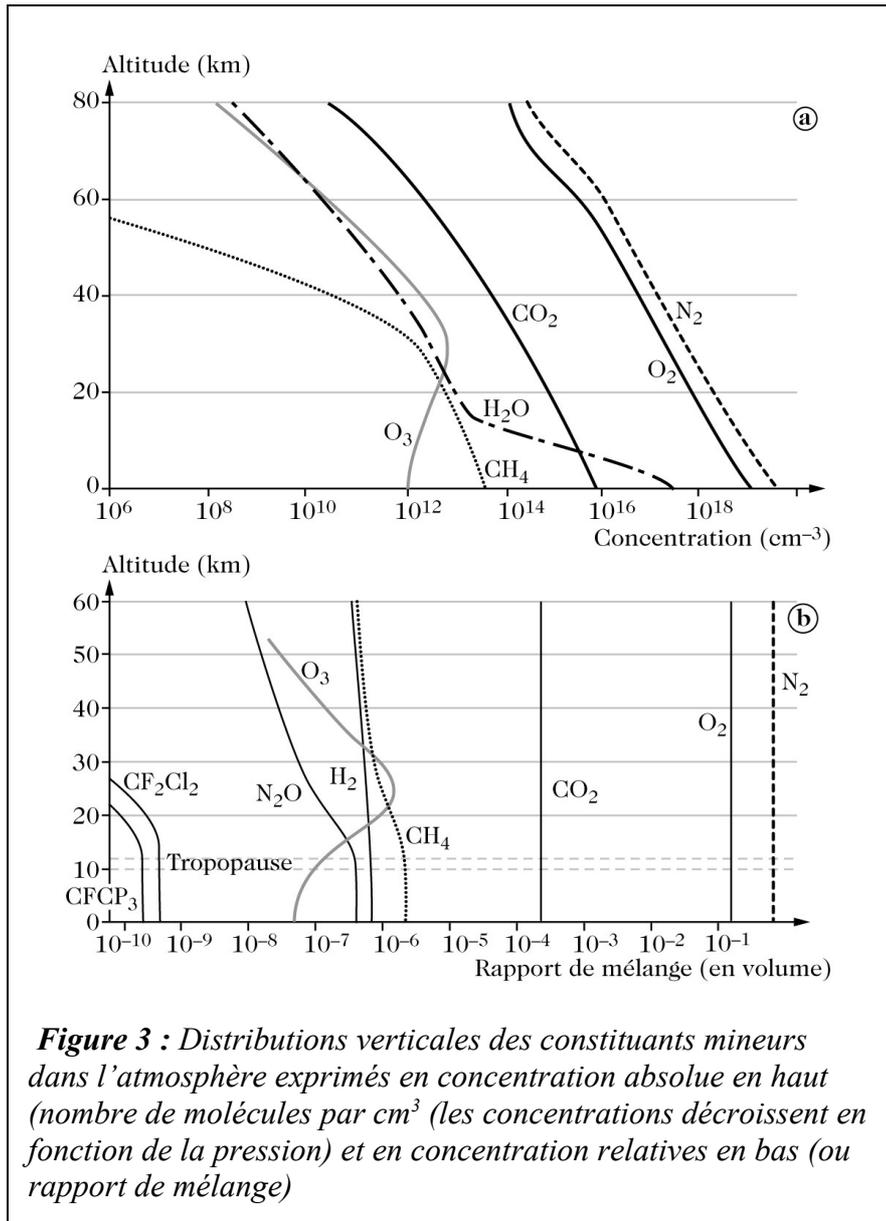
Figure 1 : Temps caractéristiques moyens de transport des constituants chimiques dans l'atmosphère (a) horizontaux, (b) verticaux

II. Distributions horizontales et verticales des polluants

Pour les gaz à très longue durée de vie, c'est-à-dire de l'ordre de la centaine d'années et donc très supérieure à la durée caractéristique des mélanges horizontaux zonaux et méridiens, ainsi que des mélanges verticaux, les distributions sont homogènes sur l'ensemble de la Terre. C'est le cas du protoxyde d'azote (N_2O) et des CFC par exemple. Pour des gaz à longue durée de vie, de l'ordre de la dizaine d'année, comme le CO_2 et le CH_4 les distributions sont quasi homogènes avec toutefois une variation méridienne de concentration de l'ordre de quelques pourcents, associée à une plus grande densité des sources dans l'hémisphère Nord. Les gaz, dont la durée de vie, de l'ordre du mois, est inférieure à la durée caractéristique des échanges horizontaux ou verticaux, ont des distributions fortement inhomogènes. C'est de cas de l'ozone troposphérique par exemple ou du monoxyde de carbone dont la distribution moyenne est représentée sur la figure 2. Enfin les gaz à très courte durée de vie, en raison de leur forte réactivité (NO_x , COV par ex.), ont des distributions fortement inhomogènes et les concentrations dépendent directement de la proximité des sources.



Les distributions verticales sont homogènes pour les gaz à longue durée de vie. Pour les constituants à courte durée de vie, elles sont très inhomogènes, avec en général de fortes concentrations dans la couche limite atmosphérique à proximité des sources et de faibles concentrations dans la troposphère libre. L'ozone est également un cas particulier en raison de sa source principale qui est localisée dans la stratosphère (Figure 3).



III. Les échelles de la pollution atmosphérique

Les échelles d'étude de la pollution atmosphérique dépendent directement de la durée de vie des polluants dans l'atmosphère et des temps caractéristiques de mélange qui conditionnent la dimension spatiale à laquelle telle ou telle espèce chimique va intervenir. Les constituants à très courte durée de vie affectent des échelles spatiales très petites (cas des radicaux OH par exemple) ; ils sont détruits à l'endroit même où ils sont produits. Les constituants à longue durée de vie comme le protoxyde d'azote ou les CFC sont distribués horizontalement sur la Terre entière et dans le plan vertical ils sont susceptibles d'atteindre la moyenne stratosphère même si la durée de diffusion depuis le sol est de l'ordre d'une dizaine d'années. Il est possible de regrouper ces deux paramètres sur un graphique qui résume l'impact des différents constituants chimiques en fonction de l'échelle d'espace considérée (Figure 4).

