

# Composition de l'atmosphère

## I Introduction

Les constituants majeurs de l'atmosphère sont l'azote (~ 78 %) et l'oxygène (~ 21 % par rapport à l'air sec). La vapeur d'eau est le troisième constituant de l'air atmosphérique et est extrêmement variable (0,1~5%) dans l'atmosphère. Les gaz rares argon, néon, hélium, sont chimiquement inertes et n'interviennent dans aucun cycle biogéochimique, ce sont des résidus de l'atmosphère originelle (~4.5 Mds années). Le dioxyde de carbone joue un rôle particulier à travers le phénomène de photosynthèse qui est le moteur de la biosphère. Les autres constituants gazeux sont ce que l'on appelle les constituants mineurs dont la concentration varie de quelques ppt ( $10^{-12}$  mole/mole d'air) à quelques ppm ( $10^{-6}$  mole/mole d'air). Actuellement, certains de ces constituants subissent des augmentations importantes de concentration générées par diverses activités humaines (industrie, transport, résidentiel, agriculture, déchets).

Les constituants mineurs sont en concentrations infimes, mais leur rôle dans l'environnement terrestre est considérable car:

- ils influent sur le bilan radiatif de la Terre (gaz à effet de serre, aérosols),
- ils influent sur la 'qualité chimique' de l'air atmosphérique et des précipitations, notamment sur l'acidité et la capacité oxydante,
- à 'forte concentration', ils peuvent constituer des corps toxiques, aussi bien pour le monde animal et l'espèce humaine que pour la végétation.

## II Les composés gazeux dans l'atmosphère

### II.1 Les gaz à effet de serre

Ils sont caractérisés par leur capacité d'absorption du rayonnement infra-rouge et donc par leur influence sur le bilan radiatif terrestre. Outre le  $\text{CO}_2$  et la vapeur d'eau on distingue:

- le méthane ( $\text{CH}_4$ )
- le protoxyde d'azote ( $\text{N}_2\text{O}$ )
- l'ozone ( $\text{O}_3$ )
- les chlorofluorocarbones (CFC et HCFC) qui, à l'exception du chlorure de méthyl ( $\text{CH}_3\text{Cl}$ ), sont exclusivement d'origine anthropique (molécules de synthèse)

### II.2 Les gaz réactifs

Il s'agit essentiellement de dérivés du carbone (monoxyde de carbone, composés organiques volatils contenant 1 à 10 atomes de carbone, oxygénés ou non), de l'azote (oxydes d'azote, ammoniac, composés organo-azotés), du soufre (dioxyde de soufre, sulfures d'hydrogène, de méthyl, de carbone).

Certains de ces gaz réactifs (oxydes d'azote, méthane, monoxyde de carbone, hydrocarbures non méthaniques) contribuent à la formation photochimique d'ozone. Ces constituants s'oxydent dans l'atmosphère pour donner des acides qui en phase gazeuse ou liquide déterminent le caractère acide de l'air et des précipitations, notamment les composés du soufre ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), de l'azote ( $\text{HNO}_3$ ), avec une contribution du chlore ( $\text{HCl}$ ) d'origine marine et des acides organiques.

## II.3 Les oxydants

On les trouve dans l'atmosphère sous forme de molécules (ozone, peroxyacetyl-nitrate...) ou de radicaux (OH, HO<sub>2</sub>, RO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>...) qui sont des fragments de molécules à très courte durée de vie. Ces derniers, notamment le radical hydroxyle (OH) sont les principaux agents des transformations photochimiques dans l'atmosphère. Leurs concentrations sont infinitésimales, mais leur taux de production peut être très élevé.

CONSTITUANT	Formule	Rapport de mélange dans l'air sec	Origine	Temps de résidence dans l'atmosphère
Vapeur d'eau	H <sub>2</sub> O	Variable	Processus physiques	6 –15 jours
		100,0 %		
Azote	N <sub>2</sub>	78,084 %	Biologique	15 .10 <sup>6</sup> ans
Oxygène	O <sub>2</sub>	20,948 %	Biologique	8 .10 <sup>3</sup> ans
Argon	Ar	0,934 %	Inerte	infini
Dioxyde de carbone	CO <sub>2</sub>	420 ppmv	Combustions, océan, biosphère	15-120 ans
Néon	Ne	18,18 ppmv	Inerte	infini
Hélium	He	5,24	Inerte	infini
Méthane	CH <sub>4</sub>	1,88 ppmv	Biogénique et anthropique	9 ans
Hydrogène	H <sub>2</sub>	550 ppbv	Biogénique	10 ans
Oxyde Nitreux	N <sub>2</sub> O	330 ppbv	Biogénique et anthropique	150 ans
Monoxyde de carbone	CO	50-200 ppbv	Photochimique et anthropique	2 mois
Ozone (troposphérique)	O <sub>3</sub>	10-500 ppbv	Photochimique	1 à 2 mois
Ozone (stratosphérique)	O <sub>3</sub>	0,5- 10 ppmv	Photochimique	1 à 2 mois
Composés organiques volatils (COV)	C <sub>x</sub> H <sub>y</sub> O <sub>z</sub>	5-20 ppbv	Biogénique et anthropique	heures-jours
Halocarbures		3,8 ppbv	85 % anthropique	années
Dioxyde d'azote	NO <sub>2</sub>	0,1-100 ppbv	Photochimique	jours
Dioxyde de soufre	SO <sub>2</sub>	0,01-10 ppbv	Photochimique, volcanique, anthropique	2 jours
Sulfure de diméthyle	CH <sub>3</sub> SCH <sub>3</sub>	1-100 pptv	Biogénique	jours
Radical Hydroxyle	OH	0,1-10 pptv	Photochimique	Secondes

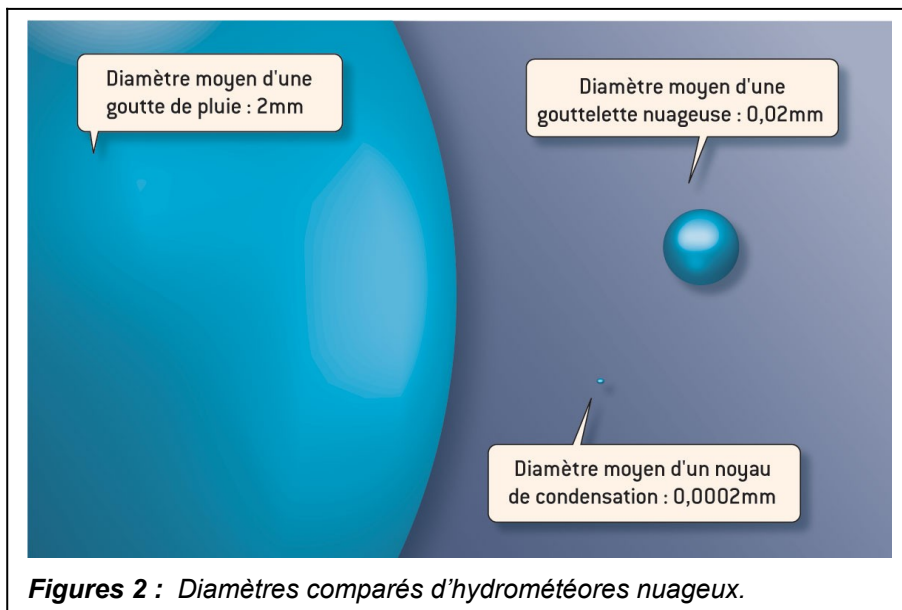
Tableau 1 : Principales espèces gazeuse dans l'atmosphère : formule chimique, rapport de mélange, origine principale, et temps de séjour moyen dans l'atmosphère

### III Autres constituants de l'atmosphère.

Outre la phase gazeuse, l'atmosphère contient de la matière en suspension en phase liquide et solide. Il s'agit des aérosols et des hydrométéores.

#### III.1 Les hydrométéores

Les hydrométéores sont constitués d'eau liquide ou de glace présente sous forme de gouttelettes ou de cristaux au sein des nuages. La phase atmosphérique du cycle de l'eau est une composante essentielle du climat (transferts de chaleur, nuages, précipitations) mais l'eau liquide est également une composante importante de la chimie atmosphérique à travers toutes les réactions entre espèces chimiques, en phase aqueuse, au sein des nuages. L'eau liquide constitue le principal puits des espèces gazeuses hydrosolubles et elle est le vecteur privilégié du retour des constituants mineurs atmosphériques aux autres sphères de l'environnement. La phase liquide dans l'atmosphère est donc une branche essentielle des cycles biogéochimiques des éléments.



#### III.2 Les aérosols

Ce sont les particules solides (autres que les cristaux de glace) en suspension dans l'air. On distingue les aérosols primaires et les aérosols secondaires.

**Les aérosols primaires:** Il s'agit de particules de taille variable, généralement de 0,1 à quelques dizaines de microns de diamètre, qui sont émis directement sous forme solide au niveau de la surface de la Terre. Leur composition chimique reflète celle de la source dont ils sont originaire. Les principales sources d'aérosols primaires sont:

- les sources terrigènes (poussières éoliennes),
- la source marine (particules liquides soulevées par le vent et desséchées dans l'air),
- les volcans,
- les sources anthropiques (d'origine humaine) telles que les combustions diverses, la production de ciment...

**Les aérosols secondaires:** Ils sont formés dans l'atmosphère à partir de composés gazeux. Ces processus conduisent à la formation d'embryons de très petite taille qui grossissent par divers processus de condensation et coalescence pour donner naissance à de très petites particules: les noyaux d'Aitken ( $10^{-4}$  à  $10^{-2}$   $\mu\text{m}$ ) qui donnent ensuite des particules dont le diamètre moyen est compris entre 0,1 et 1  $\mu\text{m}$  dont la masse reste suffisamment faible pour qu'elles puissent rester en suspension dans l'atmosphère.

**Rôle des aérosols.**

- Comme les constituants mineurs gazeux, les aérosols sont des vecteurs d'éléments chimiques entre les sphères de l'environnement. Ils constituent notamment un terme important de la composition chimique des précipitations

- Ils participent au bilan radiatif de la Terre par leur capacité d'absorption du rayonnement IR (effet de serre) et de réflexion et d'absorption du rayonnement visible (albédo)

- Ils constituent des noyaux de condensation nuageuse et des noyaux glaçogènes qui initient la formation des gouttelettes d'eau nuageuses et des cristaux de glace. Il faut noter que l'interaction aérosols-nuages est importante car une grande partie des nuages ne précipitent pas. Ils se ré-évalorent, restituant à l'atmosphère des aérosols dont la composition chimique est modifiée après passage par la phase liquide.

- A forte concentration, les aérosols (notamment secondaires) peuvent être des polluants toxiques dommageables pour la santé humaine.



**Photo 1.** Panache d'aérosols volcaniques issus du Piton de la Fournaise à la Réunion en avril 2007 © Robert Delmas