

# L'eau dans l'atmosphère



Mécanismes

Fiche détaillée

Niveau ★☆☆

(A partir de la 4ème)

# I. Introduction

L'eau constitue le seul élément abondamment présent dans l'atmosphère sous ses trois états : gazeux, liquide, solide. Sa présence est indispensable non seulement au maintien de la vie sur la Terre mais également pour le rôle qu'elle joue dans son bilan énergétique global. En outre, elle constitue l'élément de base de la formation des nuages et donc de l'évolution du temps qu'il fait.

## II. Les différentes phases de l'eau

### II.I. La vapeur

Contrairement au sens commun qui croit « voir » de la vapeur d'eau s'échapper d'une bouilloire chauffée, la phase gazeuse de l'eau est invisible, inodore et insipide. Ce que l'œil voit s'échapper de la bouilloire est en fait un fin brouillard de gouttelettes liquides.

Intimement mélangée à l'air sec, la vapeur n'est détectable que par ses propriétés d'absorption et d'émission du rayonnement électromagnétique, essentiellement dans la gamme infrarouge.

La quasi-totalité de la vapeur d'eau réside dans la troposphère et participe au cycle de l'eau, un mécanisme essentiel du fonctionnement de la "machine atmosphérique".

### II.II. L'eau liquide et la glace

La partie visible de l'eau atmosphérique réside dans les nuages sous la forme de gouttes, de gouttelettes, de cristaux de glace et autres particules glacées. Elle constitue ce que les météorologues appellent la nébulosité. Si à l'état gazeux l'eau ne perturbe pas la transparence de l'air, c'est condensée en gouttes ou gouttelettes, ou à l'état solide, sous forme de cristaux de glace ou de neige, qu'elle constitue un obstacle diffractant la lumière et qu'elle devient donc visible, partiellement ou totalement opaque.



**Photo 1 :** Formations nuageuses vue de l'espace (source NASA). Les nuages sont constitués d'eau liquide ou solide qui diffracte la lumière, ce qui leur confère une certaine opacité

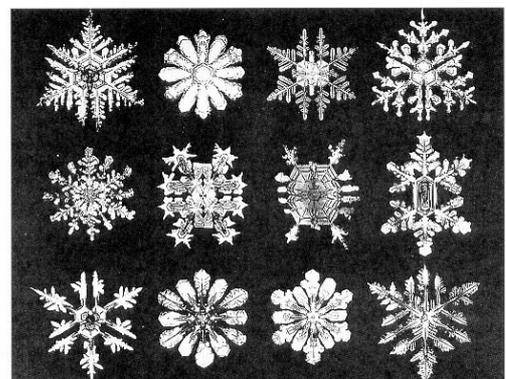


FIGURE B 15  
The many patterns of dendrite snow crystals.

**Photo 2 :** exemple de cristaux de glace

### III. Le cycle de l'eau

L'hydrosphère, c'est-à-dire l'ensemble des espaces terrestres qui contiennent de l'eau, est divisée en cinq réservoirs :

- les océans et les mers (qui contiennent l'essentiel de l'eau liquide terrestre) ;
- les eaux continentales (aussi bien en surface que souterraines) ;
- la biosphère (l'ensemble des êtres vivants) ;
- l'atmosphère (sous forme liquide, solide et gazeuse) ;
- la cryosphère (ensemble des constituants terrestres composés de glace : les sols enneigés, les glaciers, les calottes glaciaires, banquises et icebergs).

Les quantités stockées et échangées sont tellement importantes qu'on évalue les contenus des réservoirs en km<sup>3</sup> et les flux en km<sup>3</sup>/an. La répartition moyenne des volumes stockés apparaît dans le tableau 1 où la cryosphère est intégrée au réservoir des eaux continentales. On observe que les océans constituent le réservoir principal du cycle de l'eau (1 350 000 000 km<sup>3</sup>, la profondeur moyenne des océans étant de 3500 m), alors que le stock atmosphérique est faible (13 000 km<sup>3</sup>, soit l'équivalent de 0,3 cm de pluie réparti sur toute la surface terrestre), et que d'énormes quantités d'eau traversent l'atmosphère chaque année.

Chaque molécule d'eau reste dans un réservoir donné pendant une certaine période dont la durée moyenne est appelée « temps de résidence ». Il existe de grandes différences entre les temps de résidence correspondant aux divers réservoirs, de quelques heures à quelques millénaires, comme le montre le tableau 1.

Les réservoirs	Temps de résidence	Stocks en km <sup>3</sup> , (%)
Océans	2500 ans	1 350 000 000 (97,40)
Eaux continentales		35 976 700 (2,40)
Glaciers	1600 à 1900 ans	27 500 000 (1,98)
Eaux souterraines	1400 ans	8 200 000 (0,59)
Mers intérieures	250 ans	105 000 (7,58 x10 <sup>-3</sup> )
Lacs	1 à 17 ans	100 000 (7,21 x10 <sup>-3</sup> )
Eaux superficielles	1 an	70 000 (5,05 x10 <sup>-3</sup> )
Rivières	16 jours	1 700 (1,23 x10 <sup>-4</sup> )
Atmosphère	8 jours	13 000 (9,38 x10 <sup>-4</sup> )
Biosphère	Quelques heures	1 100 (7,9 x10 <sup>-6</sup> )

**Tableau 1** Stocks et temps de résidence de l'eau dans les divers réservoirs. La cryosphère (principalement les glaciers) est intégrée au réservoir des eaux continentales. On voit que les océans constituent le réservoir principal de l'eau.

La circulation annuelle de l'eau représente le plus grand mouvement de substances chimiques sur la Terre. Malgré quelques faibles pertes d'eau dues à la décomposition dans la haute atmosphère par les rayons ultraviolets des molécules de vapeur, la quantité totale d'eau contenue dans l'hydrosphère n'a que très peu diminué depuis un milliard d'années. Le cycle des échanges d'eau entre les divers réservoirs peut donc être considéré comme stationnaire, chaque perte d'un réservoir étant compensée par le gain d'un ou de plusieurs autres.

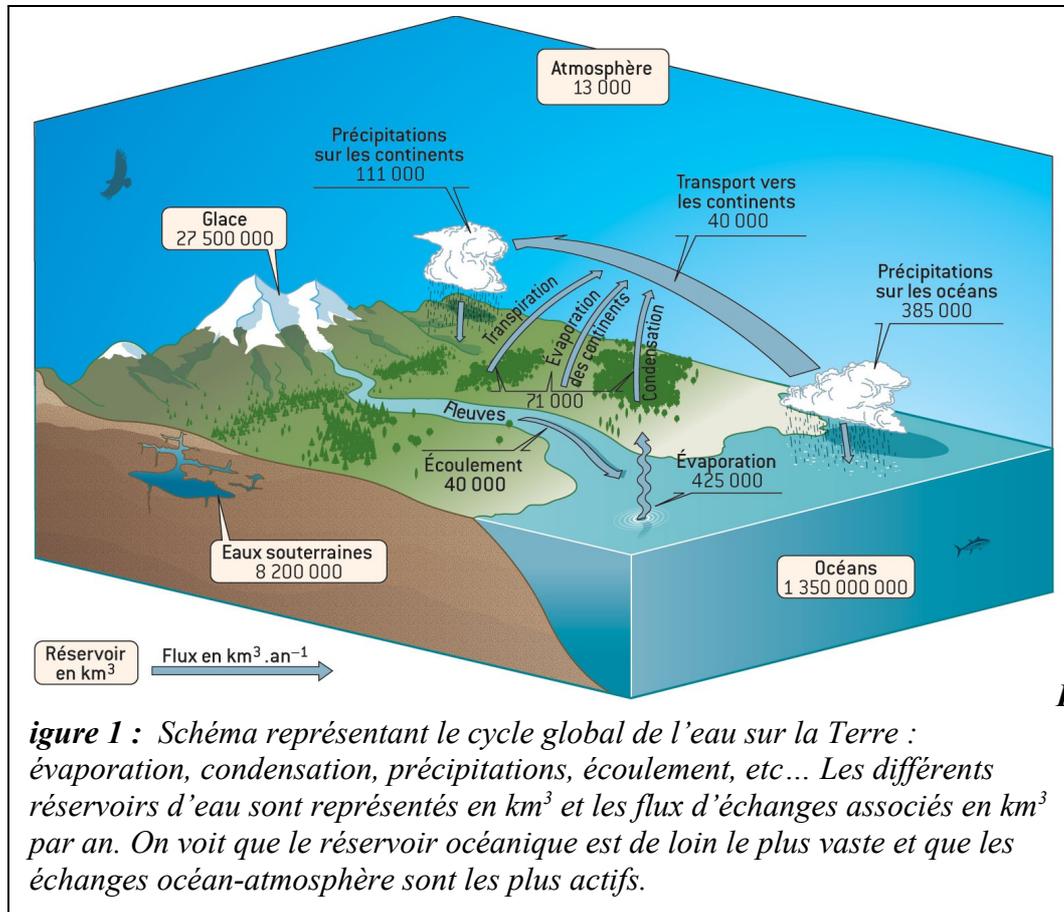
Schématisé sur la **figure 1**, le cycle de l'eau est la succession des mécanismes suivants :

- **évaporation** des eaux océaniques et continentales : l'eau liquide devient vapeur ;
- **condensation** atmosphérique de la vapeur d'eau sous la forme de nuages : la vapeur

d'eau redevient liquide ou solide ;

- **précipitations** liquides et glacées sous forme de pluie ou de neige ;
- **écoulement** des eaux continentales (ruissellement de surface, infiltration et écoulement souterrain) qui alimente de nouveau les réservoirs initiaux du cycle.

Le carburant de ces différents processus n'est autre que l'énergie solaire.



**figure 1 :** Schéma représentant le cycle global de l'eau sur la Terre : évaporation, condensation, précipitations, écoulement, etc... Les différents réservoirs d'eau sont représentés en km<sup>3</sup> et les flux d'échanges associés en km<sup>3</sup> par an. On voit que le réservoir océanique est de loin le plus vaste et que les échanges océan-atmosphère sont les plus actifs.

## IV. Influence du cycle de l'eau sur la composition de l'atmosphère

L'eau à l'état de vapeur est, comme on le sait, le principal gaz à effet de serre, elle a aussi une importance déterminante sur la composition de l'atmosphère pour plusieurs raisons.

Le lessivage des gaz hydrosolubles et des aérosols. La formation des gouttelettes nuageuses est initiée par des aérosols qui jouent le rôle de noyaux de condensation. Les nuages une fois formés sont composés de gouttelettes d'eau liquide (voire de glace) qui captent les gaz hydrosolubles, notamment les composés acides. Les gouttes de pluie lors de leur chute captent aussi des gaz et des aérosols. Ce mode de dépôt dit dépôt humide est le principal mode de recyclage des substances chimiques qui transitent par l'atmosphère.

La vapeur d'eau est aussi, avec l'ozone, l'ingrédient nécessaire à la formation des radicaux hydroxyles. Ces radicaux, composés d'un atome d'hydrogène et d'un atome d'oxygène, extrêmement réactifs, sont les principaux oxydants des gaz atmosphériques, leur rôle est donc central dans l'évolution chimique en phase gazeuse des constituants gazeux atmosphériques. Notons que les espèces gazeuses s'oxydent aussi au sein des gouttes nuageuses. Toutes ces réactions (en phase homogène ou hétérogène) sont détaillées dans les fiches correspondantes.

Enfin dans la stratosphère les nuages de glace appelés PSC (nuages stratosphériques polaires) jouent un rôle important dans la destruction saisonnière de l'ozone polaire par des réactions chimiques catalysées à la surface des cristaux de glace qui les composent.