

ATMOSPHÈRE

LA STRUCTURE de l'atmosphère terrestre est liée à de nombreux paramètres, dont les valeurs, en général couplées, peuvent varier très sensiblement en fonction de l'heure, de la latitude, etc. Il est d'usage de stratifier cette atmosphère en zones, désignées par le suffixe *-sphère*, dans lesquelles un paramètre reste constant ou varie de façon monotone (comme la troposphère, par exemple); ces zones sont séparées par des surfaces désignées par le suffixe *-pause* (tropopause entre troposphère et stratosphère).

Structure thermique. En fonction des variations de la température, on distingue, à partir du sol :

- la *troposphère*, où la température décroît d'environ 6°C par km d'altitude. Elle contient l'essentiel des nuages et constitue le principal domaine d'étude de la météorologie. Elle s'achève à la *tropopause* (8 km d'altitude aux pôles, 17 km à l'équateur) où la température se stabilise autour de -57°C;
- la *stratosphère*, où la température croît lentement. Elle renferme la couche d'ozone et s'achève à la *stratopause* (vers 50 km) où la température est de 0°C;
- la *mésosphère*, où la température diminue de nouveau jusqu'à -100°C à la *mésopause* (85 km environ);
- la *thermosphère* où la température réaugmente avec l'altitude mais de plus en plus lentement avant de se stabiliser à la *thermopause*, dont l'altitude (400-800 km) et la température (400-1 800°C) dépendent de l'activité solaire.

Structure chimique.

- Au-dessous de 100 km d'altitude, la composition chimique reste pratiquement constante : c'est l'*homosphère*. Les constituants principaux sont l'azote (environ 78 % en volume) et l'oxygène (environ 21 %) moléculaires; les constituants secondaires, l'anhydride carbonique, les gaz rares, l'ozone, l'hydrogène, des oxydes d'azote et de l'eau.
- Vers 100 km, la tendance au mélange des gaz s'estompe (*turbopause*).
- Au-dessus de 100 km, les processus de diffusion l'emportent : c'est l'*hétérosphère*. À 150 km, le constituant principal est l'oxygène atomique, vers 500 km, l'hélium; plus haut encore, l'hydrogène atomique.

L'atmosphère standard. Pour l'établissement des normes de construction ou de circulation aérienne, et comme référence, un accord international a défini l'atmosphère standard, qui correspond à une atmosphère moyenne pour les pays tempérés.

altitude en m	température en °C	pression en mm	pression en hPa
0	15,0	760	1 013
1 000	8,5	674	899
2 000	2,0	596	795
5 000	-17,5	403	537
10 000	-50,0	198	264
11 000	-56,5	170	226
15 000	-56,5	90	120
20 000	-56,5	41	55
30 000	-46,5	8	11
40 000	-22,1	2	2,8

À partir de 11 000 m (tropopause), et jusqu'à 20 000 m, la température reste constante. Elle se relève ensuite de 1°C par 1 000 m d'altitude jusqu'à 32 000 m, puis de 2,8°C par 1 000 m jusqu'à 47 000 m.

Structure électromagnétique. Entre 60 et 600 km d'altitude, l'atmosphère comprend plusieurs couches fortement ionisées qui réfléchissent les ondes hertziennes : c'est l'*ionosphère*. Au-delà s'étend la *magnétosphère*, jusqu'à plus de 60 000 km du côté jour et dix fois plus loin du côté nuit.

Composition volumique de l'atmosphère

Constituants	% en volume
I. Constituants permanents	
Azote (N ₂)	78,110±0,004
Oxygène (O ₂)	20,953±0,001
Argon (Ar)	0,934±0,001
Néon (Ne)	(18,18±0,04) × 10 ⁻⁴
Hélium (He)	(5,24±0,004) × 10 ⁻⁴
Krypton (Kr)	(1,14±0,01) × 10 ⁻⁴
Xénon (Xe)	(0,087±0,001) × 10 ⁻⁴
Hydrogène (H ₂)	0,5 × 10 ⁻⁴
Méthane (CH ₄)	2 × 10 ⁻⁴
Oxyde azoteux (N ₂ O)	(0,5±0,1) × 10 ⁻⁴
II. Constituants variables	
Eau (H ₂ O)	de 0 à 7
Anhydride carbonique (CO ₂)	de 0,01 à 0,1
Anhydride sulfureux (SO ₂)	de 0 à 0,001
Ozone (O ₃)	de 0 à 0,000 01
Peroxyde d'azote (NO ₂)	Traces

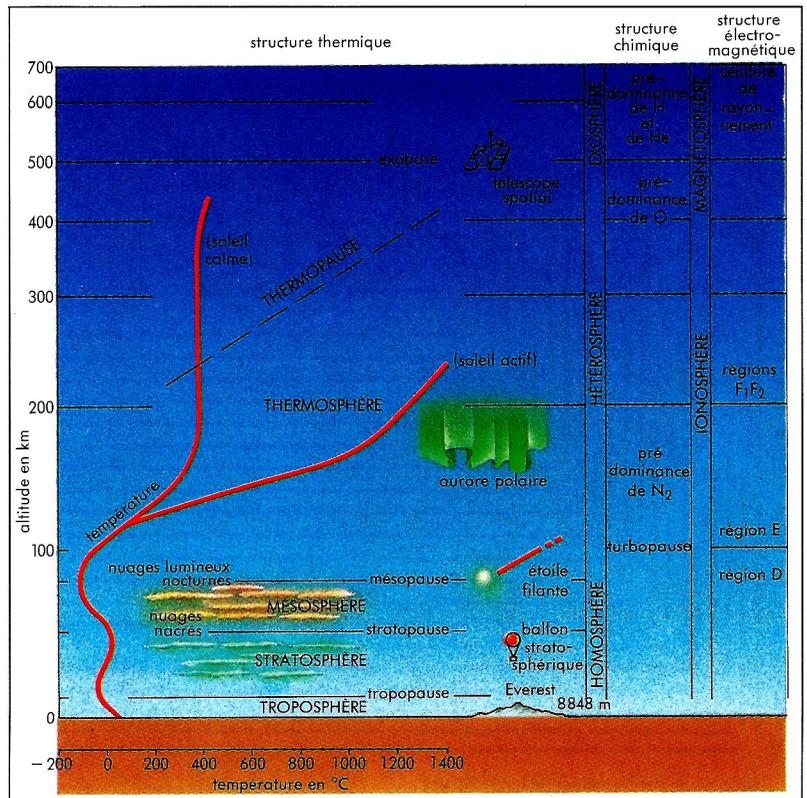
Sources : Encyclopédie scientifique de l'Univers, Bureau des longitudes.

D'après des mesures effectuées par satellite, la concentration de l'atmosphère en ozone aurait globalement diminué de 4 à 5 % depuis 1979; dans l'hémisphère Sud, à des latitudes moyennes, la chute atteint 18 %. On enregistre même un véritable « trou » dans la couche d'ozone, au-dessus de l'Antarctique. Il apparaît chaque année au

LE TROU DE L'OZONE

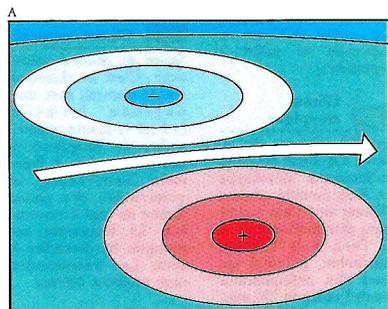
début du printemps austral et disparaît en été, mais se reforme l'année suivante en s'agrandissant : en octobre 1985, la concentration moyenne en ozone à l'aplomb de l'Antarctique était près de 40 % plus faible qu'en octobre 1979. Ce trou d'ozone pourrait être, au moins partiellement, la conséquence de la météorologie très particulière qui règne à l'aplomb du pôle. La plupart des experts sont cependant convaincus que le phénomène résulte surtout, comme la diminution globale de la concentration en ozone, des émissions de chlorofluorocarbones (CFC) dues aux activités humaines. Utilisés comme agents propulsifs dans les bombes aérosols, comme réfrigérants et comme émulsifiants, les CFC libérés dans l'atmosphère montent lentement dans la stratosphère où le rayonnement ultraviolet les décompose. Ils libèrent alors du chlore qui catalyse la dissociation de l'ozone en oxygène.

A Structure de l'atmosphère.



CIRCULATION ATMOSPHÉRIQUE

LA CIRCULATION ATMOSPHÉRIQUE générale est imposée par des facteurs cosmiques (radiations solaires), planétaires (états de l'atmosphère, rotation de la Terre autour de son axe), géographiques (répartition des continents et des mers, couverts végétaux, englacements). Elle se traduit par des mouve-



ments en longitude, en latitude, ascendants et descendants. En altitude, de forts courants d'ouest (jet-streams) séparent, dans chaque hémisphère, la circulation dépressionnaire circumpolaire et la circulation anticyclonique subtropicale. En surface, les anticyclones subtropicaux émettent les alizés du nord-est (hémisphère Nord) et du sud-est (hémisphère Sud) et les vents d'ouest des latitudes moyennes; dans les régions polaires, des hautes pressions se substituent aux basses pressions d'altitude et dirigent les coulées polaires vers de plus basses latitudes.

A. Direction du centre d'une dépression.

Le météorologiste néerlandais C. H. Buys-Ballot (1817-1890) a donné son nom à une règle permettant de déterminer la direction du centre d'une dépression d'après l'observation du vent : 1° sur

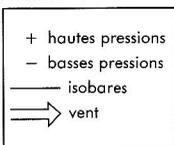
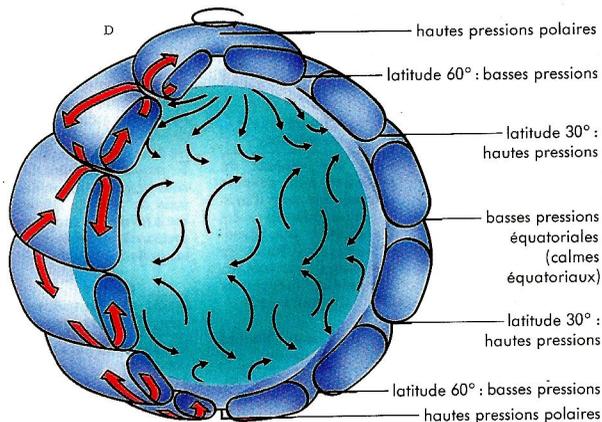
l'hémisphère Nord, le vent laisse les basses pressions à sa gauche; 2° sur l'ensemble du globe, plus les isobares sont serrées, plus le vent est fort.

D. L'atmosphère

est le siège d'échanges thermiques importants. Les écarts de température qui existent entre les pôles et l'équateur créent une énergie thermique qui provoque la circulation des masses d'air (déplacement horizontal et vertical). Dans l'absolu, l'air chaud équatorial s'élève et se déplace vers les pôles, au-dessus d'une masse d'air polaire qui se dirige vers l'équateur. La répartition des vents dominants est compliquée par la force de Coriolis, créée par la rotation terrestre, par les écarts de pression atmosphérique et par la distribution des océans et des continents.

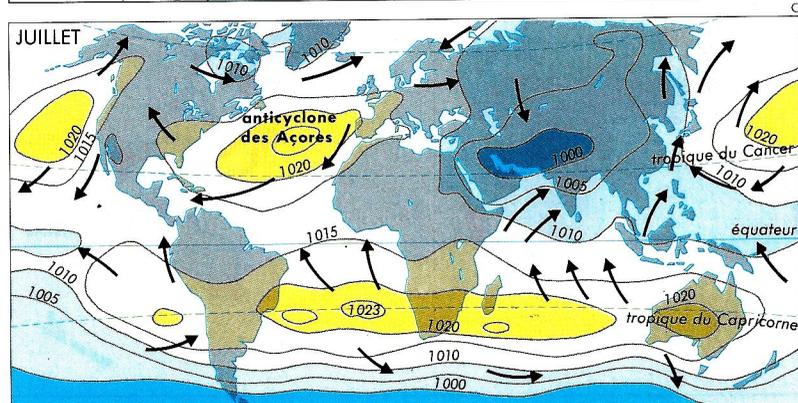
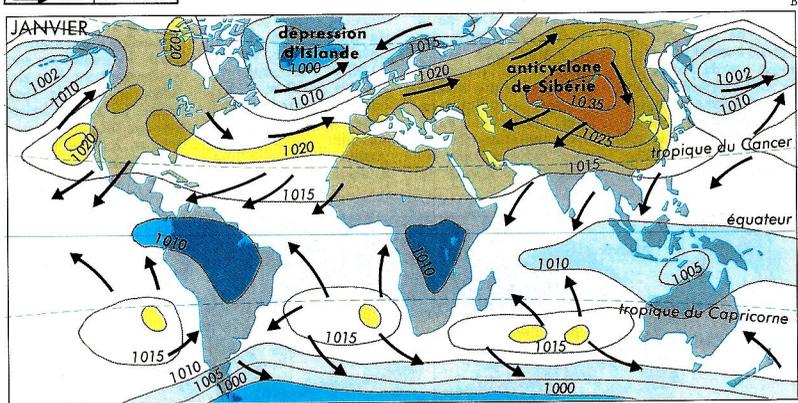
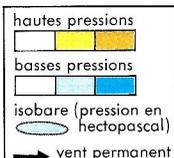
GRANDES MASSES D'AIR

L'ATMOSPHÈRE terrestre est divisée en vastes cellules approximativement homogènes dans le sens horizontal, appelées masses d'air. Ce cloisonnement résulte essentiellement de l'influence du substratum (terres, mers, déserts, espaces forestiers, etc.) sur les couches d'air proches du sol. Ce substratum définit, par sa situation, en latitude, continentale ou maritime, des caractéristiques thermiques et hygrométriques qui permettent de distinguer quatre grandes masses d'air par hémisphère (arctique, polaire, tropicale, équatoriale) séparées par des fronts (arctique, polaire, convergence intertropicale), qui se déplacent dans le cadre général de la circulation atmosphérique.



B, C. Circulation de surface en janvier et en juillet.

Les masses d'air, les « centres d'action », se déplacent en latitude, selon les saisons. En été (boréal), l'anticyclone des Açores se rapproche de l'Europe et apporte le beau temps. Attiré par les basses pressions sur l'Inde, l'alizé franchit l'équateur et apporte les pluies de la mousson (alors que l'Inde, en hiver, est une zone de hautes pressions, proche de l'anticyclone de Sibérie).



PRESSION ATMOSPHÉRIQUE

PASCAL a montré expérimentalement, en 1648, que la pression atmosphérique à un niveau donné était égale au poids de la colonne d'air située au-dessus de ce niveau. Mesurée à l'aide du baromètre, cette pression s'exprime en hectopascals (hPa) ou en millimètres de mercure. La pression moyenne au niveau de la mer est de 760 mm de mercure, soit 1 013 hPa, valeur voisine de celle qu'exerce un corps de 1 kg de masse sur une surface de 1 cm² d'air. Lorsqu'on s'élève, la colonne d'air sus-jacente devient plus faible, et la pression décroît.

Dans l'espace horizontal, le champ de pressions s'organise généralement en bandes zonales qui sont, dans les couches basses de l'atmosphère : les hautes pressions polaires, les basses pressions subpolaires et tempérées, les hautes pressions subtropicales, les basses pressions intertropicales ou équatoriales.

D'autre part, on observe des oppositions entre les océans et les continents. Celles-ci s'inversent entre l'hiver et l'été. Elles résultent de ce que les continents sont plus froids que les océans en hiver, plus chauds en été. La disposition en bandes zonales est due à la combinaison d'effets planétaires et d'effets géographiques. Sur toute la Terre, et plus particulièrement sur les régions de basses pressions, les variations sont incessantes. Elles sont dues au passage de « perturbations » et accompagnent les changements du temps.