

FRANÇOIS BONIN

ATMOSPHERE

Étude sur l'atmosphère terrestre

Avant-propos

L'atmosphère terrestre est pour plusieurs personnes, tout comme pour nous, remplie de mystères et surtout d'inconnus. Nous allons tenter d'y voir un peu plus clair. L'atmosphère est la cause de plusieurs phénomènes météorologiques, tout en étant aussi influencée par plusieurs facteurs, dont principalement l'altitude et le rayonnement solaire. L'atmosphère terrestre se répartit en plusieurs couches superposées dont nous allons tenter de définir la composition et les caractéristiques.

En étudiant l'atmosphère terrestre et les facteurs qui l'influencent, nous pourrons nous faire une idée plus réaliste de son importance pour la planète et ses habitants; nous devrions aussi pouvoir constater dans quelles mesures sa conservation est nécessaire et les moyens, proposés pour la préserver, efficaces.

Avant de se lancer dans cette étude, précisons quelques termes, en se basant sur les définitions du Petit Larousse.

Altitude : Élévation verticale d'un point au niveau du sol ou des océans.

Atmosphère : Couche gazeuse constituant l'enveloppe la plus externe de la Terre et d'autres corps célestes.

Climat : Ensemble des phénomènes météorologiques (température, humidité, ensoleillement, pression, vent, précipitations) qui caractérisent l'état moyen de l'atmosphère en un lieu donné.

Météorologie : Branche de la géophysique qui se consacre à l'étude des éléments du temps (température, précipitations, vents, pression, etc.) et à la recherche de modèles sur les mouvements de l'atmosphère.

Parallèles : Chacun des cercles imaginaires parallèles à l'équateur et servant à mesurer la latitude. Sorel-Tracy est situé au 46^{ième} parallèle alors que Sept-Îles est au 50^{ième}.

À partir de ces définitions, vous comprenez que notre sujet d'étude portera surtout sur l'enveloppe gazeuse qui entoure la Terre, l'atmosphère, et sur l'ensemble des facteurs primaires et des phénomènes météorologiques, le climat, qui peuvent caractériser et modifier l'atmosphère en un lieu donné.

Il ne faudra pas confondre altitude, qui se mesure en kilomètre à partir du sol, et parallèle ou latitude, qu'on exprime habituellement en degré à partir de l'équateur.

La différence entre temps et climat, deux termes qui se rapportent aux conditions atmosphériques, tient à la durée et à l'étendue de ces conditions. Nous parlons de temps, lorsque la durée et l'étendue des phénomènes atmosphériques sont petites, alors que nous les qualifions de climat lorsque les conditions durent plus longtemps et couvrent une zone étendue, comme un continent.

Les mots suivis d'un astérisque* sont définis dans le Glossaire.

L'atmosphère est une des composantes de la biosphère qui comprend aussi la lithosphère* et l'hydrosphère*. La masse totale de la Terre, la biosphère, est d'environ 6.10^{24} kg et la masse de l'atmosphère compte pour seulement 5.10^{18} kg; la masse de l'atmosphère est 1 000 fois moins que la masse de l'hydrosphère et 10 000 fois moins que celle de la lithosphère. En outre, en plus de la différence de masse, la capacité thermique de l'océan est aussi 1 000 fois plus grande que celle de l'atmosphère.

PARTIE 1

COMPOSITION CHIMIQUE ET CARACTÉRISTIQUES EN FONCTION DE L'ALTITUDE.

Chapitre 1.1 : Les différentes couches de l'atmosphère.

Jusqu'à 17 km au-dessus de la croûte terrestre se situe la troposphère, la stratosphère va jusqu'à 50 km alors que la mésosphère est entre 50 et 85 km d'altitude. La thermosphère, qui inclut l'ionosphère, est comprise entre 85 km et 500 km d'altitude et la dernière couche, soit l'exosphère, qui comprend la magnétosphère, se situe au-delà du 500 km et pourrait aller jusqu'à 50 000 km d'altitude.

Entre la fin de chacune des couches et le début d'une nouvelle, il y a une zone de transition, qu'on appelle pause; entre la fin de la troposphère et le début de la stratosphère, il y a la tropopause; entre la fin de la stratosphère et le début de la mésosphère, c'est la stratopause, et ainsi de suite. Les zones limites entre les différentes couches varient d'amplitude en fonction de l'échauffement solaire; pendant la journée, alors que le Soleil se fait insistant, la zone limite peut atteindre jusqu'à 2 km d'épaisseur, alors que la nuit, la pause est moins épaisse.

La composition chimique de l'air se ressemble beaucoup pour les couches de la troposphère, la stratosphère et la mésosphère, alors que la composition chimique évoluera progressivement à partir de la thermosphère.

On peut dire que, globalement, l'atmosphère terrestre actuelle peut être considérée comme homogène, à l'exception de sa teneur en vapeur d'eau qui peut varier fortement d'un lieu à l'autre, à cause de l'altitude, de la nature du sol, de la végétation, des saisons et même des activités humaines.

La pression atmosphérique décroît avec l'augmentation de l'altitude; alors qu'elle est de 1 013,20 hPa au niveau de la mer, elle n'est plus que 10^{-8} hPa à 500 km d'altitude. Malgré cette tendance générale, la pression atmosphérique change constamment, surtout à cause de l'échauffement irrégulier de l'air et de sa circulation. Elle est en fait déterminée par la densité des différentes couches d'air localisées suivant une même verticale. Quand la pression est supérieure à 1 013,20 hPa, nous avons un anticyclone et du beau temps, alors qu'une pression inférieure indique une dépression et est annonciatrice de vent. La pression atmosphérique est l'élément le plus important pour prédire le temps qu'il fera.

La température ne suit pas la même logique; en effet, au niveau du sol, nous avons une température moyenne de 15°C et d'environ -56°C dans le haut de la zone appelée troposphère; donc la température se refroidit à mesure que l'altitude augmente dans cette couche gazeuse. Dans la zone au-dessus, soit dans la stratosphère, la température s'accroît avec l'augmentation de l'altitude, pour ensuite se refroidir énormément lorsque l'altitude monte au-dessus de 50 km et amorce la couche dite mésosphère.

L'atmosphère primitive comportait principalement de la vapeur d'eau (H_2O_g), du méthane (CH_4) et de l'ammoniac (NH_3); ces deux derniers éléments, attaqués par la lumière solaire, se sont transformés en gaz carbonique (CO_2) et en azote (N). L'oxygène (O) est apparu graduellement grâce à la photosynthèse des plantes.

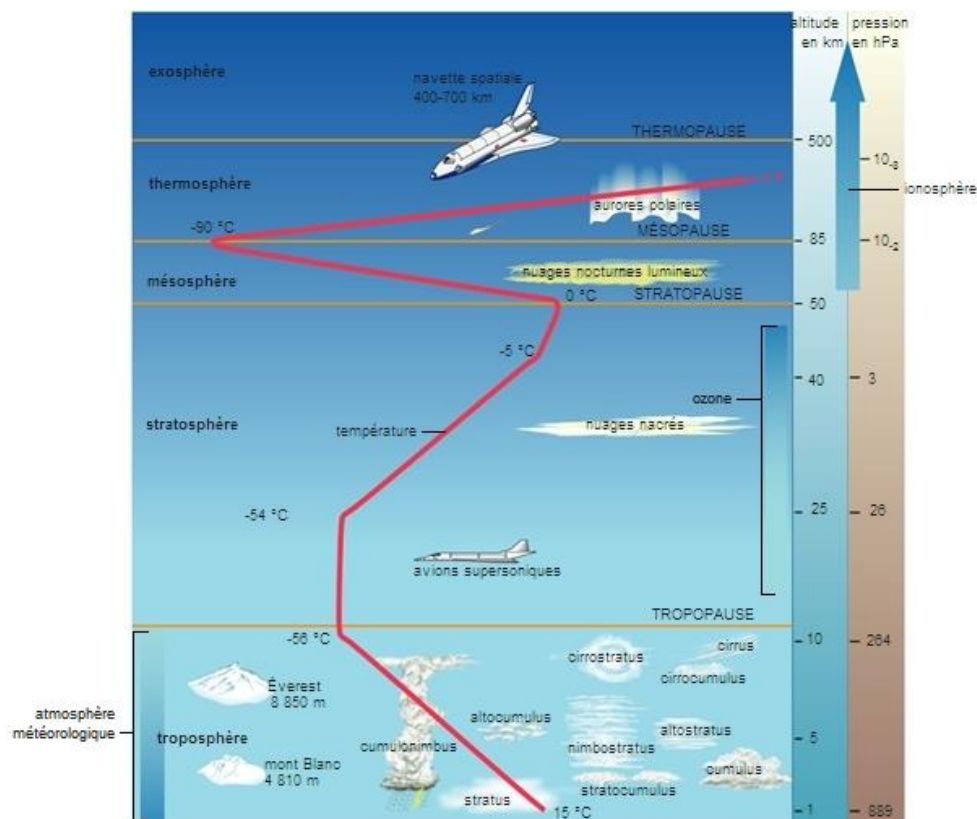
L'énergie nécessaire aux réactions, qui ont conduit de l'atmosphère primitive à l'atmosphère actuelle, provient des rayonnements infrarouges (IR), visibles et des rayonnements ultraviolets (UV) du Soleil. Les rayonnements IR, énergie sous forme calorifique, n'ont produit qu'un faible effet de serre sur la terre car la teneur de l'atmosphère, en vapeur d'eau, ne peut pas dépasser une certaine quantité, étant limitée par la pression barométrique et la température; par contre, les photons UV, plus énergiques que les rayons IR, ont exercé une réaction plus profonde qu'un simple réchauffement, et ont provoqué la dissociation de l'eau en dihydrogène (H_2) et en dioxygène (O_2).

L'air, qui constitue l'atmosphère actuelle, est un mélange d'environ 78% de diazote (N_2) et de 21% de dioxygène (O_2); le 1% restant est composé de 0,93% d'argon (Ar) et de 0,03% de gaz carbonique (CO_2); il y a aussi des traces de néon, krypton, xénon, hélium, oxyde nitreux et de méthane. L'atmosphère contient aussi une multitude de particules microscopiques provenant de la Terre ou de l'espace. La grande solubilité de l'ammoniac (NH_3) dans l'eau fait en sorte que ce gaz est peu présent dans l'atmosphère, car la majorité de ses molécules sont éliminées avec les pluies; l'air se nettoie alors d'une partie de son acidité mais ce sont les lacs qui écopent.

Malgré la grande quantité de diazote encore présente dans l'atmosphère, on estime à environ 10^{11} kg de (N_2) la masse d'azote atmosphérique captée annuellement par les bactéries du sol; ces bactéries sont nichées sur les racines d'un certain nombre de plantes.

Figure tirée de l'encyclopédie Larousse en ligne.

N.B. Il y a des différences entre le texte explicatif et la figure ci-dessous vu que les explications proviennent de différents livres et sites et ne concordent pas parfaitement; néanmoins, la figure présente une bonne synthèse.



Chapitre 1.2 : La troposphère.

La troposphère n'est pas répartie également et la tropopause varie suivant la latitude et les saisons. En effet, la troposphère couvre environ 8 km d'altitude aux pôles, alors qu'elle se rend jusqu'à 17 km à l'équateur. La température diminue à mesure que l'altitude augmente, passant de 15°C à

-56°C. C'est dans cette bande gazeuse que se produisent la plupart des phénomènes météorologiques. Dans le haut de cette zone, les vents peuvent être violents et atteindre jusqu'à 300 km/h.

La troposphère est composée à 78% d'azote, de 21% d'oxygène et d'un petit 0,93% d'argon. Ces trois gaz représentent donc 99,9% de cette couche atmosphérique. La troposphère représente environ 80% de la masse totale de l'atmosphère et presque toute la vapeur d'eau se retrouve dans cette couche de l'atmosphère.

Chapitre 1.3 : La stratosphère.

La stratosphère, qui s'étend jusqu'à 50 km au-dessus de la Terre, renferme la quasi-totalité de l'ozone (O_3) et la température de l'air s'élève avec l'altitude, passant de -56°C, dans le bas de cette zone, à 0°C lorsqu'elle atteint 50 km. Avant que la couche d'ozone ne se soit formée, aucun organisme vivant ne pouvait se développer hors de l'eau qui, elle, peut absorber complètement les rayons UV et protéger l'organisme.

La température augmente, dans cette couche gazeuse, parce que la transformation des molécules d'oxygène (O_2) en molécules d'ozone (O_3), produite par le rayonnement ultraviolet du Soleil, provoque une augmentation de la température.

Le processus de décomposition et de recombinaison de la molécule d'ozone s'appelle la photolyse; les molécules d'ozone (O_3), qui absorbent les rayonnements ultraviolets, se décomposent en molécules d'oxygène (O_2) et en atomes d'oxygène (O). Puis quand le rayonnement solaire frappe une molécule d'oxygène (O_2), il crée alors deux atomes d'oxygène (O); lorsqu'un atome d'oxygène (O) entre en contact avec une autre molécule d'oxygène (O_2), il y a alors un retour à une molécule d'ozone (O_3).

C'est dans cette couche de l'atmosphère que les avions commerciaux volent habituellement car, dans la stratosphère, les nuages ne sont pas nombreux et il y a moins de turbulence que dans la troposphère; en outre, nos fameux F-18 volent à une altitude d'environ 25 km car, à cette hauteur,

la densité de l'air est plus faible et il y a moins de friction, alors les avions peuvent aller plus vite tout en économisant du carburant.

Chapitre 1.4 : La mésosphère.

La mésosphère, qui s'étend entre 50 km et 85 km d'altitude, présente une température qui passe du 0°C à la base de cette couche à une température très froide, soit environ -100°C, dans le haut; il y fait assez froid pour que la vapeur d'eau se change en nuage de glace. La densité de l'air étant très faible, la température change très rapidement entre le jour et la nuit et selon l'activité solaire.

La densité de l'air est proportionnelle au nombre de molécules d'air par unité de volume, alors que la pression de l'air est le poids de la colonne d'air au-dessus d'une surface.

Même si la densité de l'air est faible, dans cette couche de l'atmosphère, elle est non négligeable et nous protège des météores qui nous proviennent de l'espace; les petits bolides se consomment alors et laissent une trace lumineuse, nos très belles étoiles filantes.

La mésosphère, aussi appelée zone de transition entre l'environnement spatial et l'environnement atmosphérique classique, est une couche dangereuse pour les vaisseaux spatiaux qui effectuent leur retour sur la Terre; ils ont besoin d'un bon bouclier pour les protéger de la chaleur résultant de leur friction avec l'air.

Chapitre 1.5 : La thermosphère.

La thermosphère, qui couvre la large bande comprise entre 85 km et 500 km d'altitude, voit sa température croître régulièrement avec l'augmentation de l'altitude et passer d'environ -100°C, dans le bas de cette zone, à une température qui peut atteindre 1 500°C, dans le haut de cette zone, selon l'activité du Soleil.

Les températures sont élevées, mais la densité de l'air étant très faible, l'effet ressenti ne serait pas plus fort qu'une température terrestre de 25°C.

C'est dans cette zone que l'on retrouve l'ionosphère, bande gazeuse située entre 100 et 300 km d'altitude, caractérisée par la présence de particules chargées (électrons et ions), formées sous l'effet du rayonnement solaire, et qui sont susceptibles de réfléchir certaines ondes électromagnétiques. Au-delà de 150 km d'altitude, les atomes d'oxygène (O) forment le constituant principal de l'atmosphère, alors qu'entre 100 et 150 km, ils coexistent avec un petit nombre d'atomes d'azote (N) ainsi que du dioxygène (O₂) et des molécules de diazote (N₂); en dessous de 100 km, le nombre de particules dissociées est très faible. Au-delà de la zone des atomes d'oxygène, il y a encore des zones où l'hélium et l'hydrogène deviennent successivement les constituants principaux.

C'est aussi dans cette couche et dans la subséquente que se forment les aurores polaires. Les orages magnétiques, provoqués par le flux des particules qui constituent le vent solaire, excitent les atomes libres et les molécules d'oxygène et d'azote aux altitudes comprises entre 100 et 600 km; quelques secondes après ce changement d'état, les atomes et les molécules retournent à leur état initial, en dispersant de l'énergie sous forme de photons.

Suivant l'altitude atteinte, les types de particules excitées et leur densité, les aurores nous apparaîtront de différentes couleurs; elles sont néanmoins habituellement de couleur verte, même si nous voyons parfois des aurores teintées de rouge.

Le haut de la thermosphère est le milieu privilégié pour accomplir des sorties dans l'espace dans le cadre de la maintenance de la Station Spatiale Internationale, environ à 400 km d'altitude, ou lors de la récupération et des réparations des satellites.

Chapitre 1.6 : L'exosphère et magnétosphère

L'exosphère est la couche la plus élevée de l'atmosphère; elle débute à une altitude d'environ 500 km et se perd ensuite dans l'espace. Dans la partie élevée de l'exosphère, soit quelques milliers de kilomètres, les atomes légers échappent à la pesanteur et s'évadent dans l'espace interplanétaire.

L'hélium et l'hydrogène sont les principaux composants de cette dernière couche atmosphérique et, dépassé quelques milliers de kilomètres d'altitude, il ne subsiste que quelques atomes d'hydrogène.

À 700 km d'altitude, la densité de l'air est d'environ 10^6 particules par cm^3 , alors qu'elle n'est plus que de 10^2 à 5 000 km d'altitude. Au niveau du sol, la distance parcourue par une particule atmosphérique entre deux collisions n'est que d'un dixième de micron, alors que cette distance atteint environ 100 km à une altitude de 500 km; nous ne savons pas quelle est la distance parcourue par la particule lorsqu'elle est à 5 000 km d'altitude.

Cette très faible densité de l'air prolonge la vie des satellites qui peut atteindre au moins quelques centaines d'années.

La magnétosphère, qui est habituellement intégrée dans l'exosphère, est parfois considérée comme une couche de l'atmosphère à part entière; elle nous protège des rayons cosmiques et des particules énergétiques du vent solaire. La magnétosphère s'étend de 1 000 km jusqu'à 50 000 km d'altitude.

PARTIE 2

FACTEURS, AUTRES QUE L'ALTITUDE, QUI INFLUENCENT LA COMPOSITION ET LES CARACTÉRISTIQUES DE L'ATMOSPHÈRE.

Chapitre 2.1 : Facteurs primaires.

Globalement, nous pouvons dire que les matières gazeuses produites au cours des réactions chimiques dans l'atmosphère sont acheminées vers l'hydrosphère* et la lithosphère* avec l'eau des précipitations. Inversement, les gaz résultant des transformations chimiques au niveau de l'hydrosphère et de la lithosphère s'échappent dans l'atmosphère.

En outre, les chutes des météorites ainsi que les activités volcaniques et tectoniques de notre planète peuvent modifier notre atmosphère et même les conditions de vie sur Terre.

L'inégale répartition de l'énergie solaire, reçue entre les diverses régions du globe entre les basses et hautes altitudes, n'est pas due seulement à l'altitude, mais elle est aussi en partie reliée à la rotation de la Terre sur elle-même ainsi qu'à son relief. L'effet produit par la rotation de la Terre s'appelle la force de Coriolis.

La quantité d'énergie solaire reçue à l'équateur et celle reçue aux pôles diffèrent selon les saisons. En outre, les régions polaires reçoivent les rayons solaires obliquement, donc moins d'énergie; néanmoins, les régions polaires offrent de multiples possibilités de réflexion et réfraction des rayons solaires qui voyagent au travers de l'atmosphère chargée en cristaux de glace.

La forêt absorbe 90% des rayonnements solaires reçus, alors qu'un sol dénudé ne peut en absorber plus de 70%. Quand la prairie remplace la forêt, il y a un réchauffement de la température et une modification de la circulation d'air dans l'espace concerné. La quantité d'eau évaporée par unité de surface d'une forêt développée est comparable à celle des océans.

Chapitre 2.2 : Phénomènes météorologiques.

Le vent : L'air est toujours en mouvement dans la basse atmosphère et cela à cause de l'énergie solaire; en effet, l'air échauffé se dilate et monte tandis que masses voisines d'air froid, plus dense, se mettent en mouvement pour prendre la place de l'air qui a monté; le résultat est la production de vent qui agite de façon parfois importante la couche gazeuse de la troposphère. Toute cette agitation, parfois décuplée lorsque nous parlons de tempêtes, ouragans, etc., conduit à uniformiser l'énergie dans l'atmosphère.

L'eau : L'eau est perpétuellement en mouvement, circulant entre l'océan, l'air et la terre. En chauffant les masses d'eau, le Soleil transforme une partie de cette eau en vapeur; dans l'air, la vapeur d'eau se transforme en gouttelettes et en cristaux de glace et forme ainsi les nuages qui retournent à la Terre cette humidité atmosphérique sous forme de précipitations. Malgré un fort pouvoir absorbant au niveau des rayonnements infrarouges,

la vapeur d'eau n'a pas une grande incidence sur le réchauffement climatique, vu qu'elle retourne sur la Terre après seulement quelques jours.

Vu que l'air continental se réchauffe plus rapidement que l'air océanique, il est remarquable de voir, vers la fin de l'après-midi, l'air océanique prendre la place de l'air chauffé du sol qui s'est élevé; cela se voit en été; par contre en hiver, l'eau qui retient plus la chaleur que la terre, retourne de la chaleur dans l'atmosphère par grand froid.

Chapitre 2.3 : Facteurs reliés à l'activité humaine.

Les gaz à effet de serre sont l'un des facteurs le plus souvent cité en rapport avec l'activité humaine. Le dioxyde de carbone (CO_2) et le méthane (CH_4) sont les gaz qui ont le plus d'incidence sur le réchauffement climatique et, la plus grande augmentation du (CO_2) est attribuée à l'homme alors que celle du (CH_4) est souvent associée à des ruminants. Malgré que le méthane absorbe plus de rayonnements infrarouges que le dioxyde de carbone, il se classe en deuxième au niveau de l'effet véritable car les molécules, dans l'atmosphère, y sont environ 200 fois moins nombreuses que celles du dioxyde de carbone.

Le (CO_2) est heureusement soluble dans l'eau et l'échange de ce gaz nocif entre l'atmosphère et l'océan est relié à la pression; si la pression de l'air est plus élevée que celle de l'eau, le (CO_2) pénètre dans l'eau; dans le cas contraire, il s'évade dans l'atmosphère.

Depuis quelques années, il y a des activités de captage et de stockage de (CO_2), mais celles-ci sont encore au niveau de projets-pilotes et les coûts sont élevés.

De nombreuses activités humaines concourent à une modification du climat et semblent reliées à un réchauffement de la température; parmi les plus importantes, nous pouvons noter la démographie, l'agriculture, la déforestation, l'urbanisation et les îlots de chaleur, la construction d'énormes barrages hydroélectriques, trop de consommation de toutes sortes, les transports, etc.

Chapitre 2.4 : La pollution atmosphérique.

La pollution d'origine naturelle est dite biogène alors que celle d'origine humaine est appelée anthropique.

Les produits toxiques de la combustion des combustibles fossiles sont extrêmement nombreux. L'ozone troposphérique est formé par réaction photochimique entre des oxydes d'azote et des composés organiques volatiles. Vu son caractère oxydant, l'ozone peut réduire la fonction respiratoire, créer des inflammations et des irritations aux yeux et à la gorge. Ce gaz a aussi tendance à réduire les mécanismes de photosynthèse des plantes et donc à ralentir leur croissance.

Le charbon est encore très utilisé dans le monde et sa combustion produit des particules dangereuses, dont le fameux dioxyde de carbone (CO_2).

PARTIE 3

ROLES DE L'ATMOSPHERE EN FONCTION DE L'ALTITUDE.

Chapitre 3.1 : Rôles majeurs.

Globalement, l'atmosphère terrestre joue plusieurs rôles. Elle absorbe une partie importante des radiations solaires, elle régule la température en nous protégeant des fortes chaleurs le jour et des trop basses températures la nuit; en outre, elle nous protège de la majorité des météores qui brûlent en entrant dans notre atmosphère.

L'ozone (O_3) absorbe une grande quantité d'énergie solaire et fait en sorte que la stratosphère est plus chaude que la troposphère. En outre, nous savons tous que l'ozone nous protège des dangereux rayons ultraviolets du Soleil.

Le gaz carbonique (CO_2), le méthane (CH_4) et l'ozone (O_3), vu qu'ils absorbent les rayonnements infrarouges solaires jouent un rôle primordial dans notre climat, même s'ils ne sont qu'à l'état de trace dans

l'atmosphère. La vapeur d'eau (H_2O_g) absorbe aussi les rayonnements infrarouges provenant du Soleil. L'abondance de ces gaz varie par suite de l'activité de la Terre elle-même; les volcans émettent des gaz carboniques alors que les plantes vertes les absorbent. Parmi les plantes qui bénéficient de l'augmentation des gaz carboniques, nous retrouvons le riz, le blé et le soya. Les océans dissolvent aussi le gaz carbonique et d'autant mieux que la température est basse.

Aujourd'hui, vu l'accroissement sensible de la population et de l'élevage des ruminants, les taux de dioxyde de carbone (CO_2) et de méthane (CH_4) dans l'atmosphère sont plus élevés et favorisent le réchauffement de la planète, étant donné l'effet de serre qu'ils produisent. La teneur en dioxyde de carbone dans l'atmosphère est passée de 278 ppm, parties par million, en 1940 à 400 ppm en 2013. Les effets du réchauffement commencent à se faire sentir d'une manière importante au niveau de la fonte des glaciers, avec les répercussions que cela peut avoir à long terme sur l'élévation du niveau des océans.

Les chloro-fluoro-hydrocarbures (CFC) sont à l'origine de la diminution de la couche d'ozone stratosphérique qui protège les organismes vivants de la destruction par les rayonnements UV; heureusement, depuis quelques années, ces hydrocarbures sont interdits d'usage en général.

S'il y a augmentation de la température, pour des raisons astronomiques ou humaines, il y a alors un dégazage de l'océan et le gaz carbonique ainsi libéré absorbe un peu plus de rayonnements infrarouges et augmente ainsi un peu plus la température qui amplifie le phénomène de chaleur. D'un autre côté, l'excès de gaz carbonique favorise la photosynthèse des plantes vertes qui elles conduisent à un abaissement de la température, ce qui complète le cycle.

Chapitre 3.2 : Les effets d'un réchauffement climatique.

Depuis plusieurs années, les différents rapports environnementaux prédisent des effets catastrophiques, si le réchauffement climatique se maintient ou s'accroît. Ces effets toucheraient l'ensemble des systèmes naturels de notre planète et auraient des répercussions assez dramatiques

sur toutes les activités des êtres vivants. D'autres études, celles produites par les climato-sceptiques, contredisent ces rapports ou en diminuent la portée.

PARTIE 4

AUTRES

Chapitre 4.1 : Composition des nuages en fonction de l'altitude.

Les nuages se forment dans l'atmosphère lorsque la concentration en vapeur d'eau dépasse une certaine pression; cela se produit lorsque la masse d'air s'élève et rencontre un environnement plus froid; si la vitesse d'élévation est faible, il y a habituellement la création de nuages de type stratus, alors qu'une plus grande vitesse d'élévation de la masse d'air conduira à la formation de cumulus.

Il y a précipitation d'un nuage lorsque la vitesse de chute de la goutte d'eau, qui dépend de la gravité et de la force de frottement, est supérieure à la vitesse d'élévation verticale de la masse d'air.

Les nuages contiennent principalement de l'air; néanmoins, les stratus ont des teneurs en eau liquide de l'ordre de $0,1\text{g}/\text{m}^3$ d'air alors que pour les cumulus, c'est $1\text{g}/\text{m}^3$. La masse volumique de l'eau est d'environ 1 000 fois celle de l'air.

Un brouillard est un nuage qui est en contact avec la surface de la Terre.

Les trois principales catégories de nuages sont les stratus qui ressemblent à des voiles, des cumulus qui sont cotonneux et en boule et des cirrus qui sont fins comme des mèches de cheveux. Lorsque alto est ajouté à ces catégories, cela signifie que ces nuages sont entre 2 km et 6 km d'altitude. Si nous accolons nimbus à ces catégories, cela est signe que c'est un nuage de pluie. Les cirrus, qui sont habituellement au-dessus de 6 km, sont souvent composés de fins cristaux de glace.

Selon leur attitude et leur composition, les nuages présentent un albédo* compris entre 30% et 75%.

La chimie des nuages implique initialement le transfert de polluants de la phase gazeuse vers la phase liquide; ce transfert est suivi de réactions chimiques dans cette phase liquide et, finalement, il y a le maintien d'un équilibre entre la phase liquide et la phase gazeuse, grâce à l'absorption d'espèces gazeuses ou à la volatilisation d'espèces en solutions. Les espèces chimiques qui composent les nuages sont généralement de l'eau, des acides sulfurique et nitrique, de l'ammoniac, du soufre, de l'hydrogène, de l'ozone et de l'oxygène ainsi que certains métaux comme le fer. Les précipitations surviennent lorsque l'équilibre est brisé en faveur de la phase liquide.

Le tonnerre est la conséquence d'un éclair; en effet, c'est l'éclair qui en chauffant l'air, à environ 15 000°C, dilate si violemment la masse d'air sur son passage que cela engendre des ondes de chocs produisant le bruit du tonnerre. La lumière de l'éclair voyageant infiniment plus vite que le son, on peut, en comptant les secondes entre l'éclair et le bruit du tonnerre, calculer la distance du point d'impact de la foudre.

Chapitre 4.2 : Les vents.

On identifie les vents en fonction de leur provenance grâce à la rose des vents et en fonction de la constance de leur orientation.

Les vents planétaires sont ceux qui parcourent les vastes régions du globe; il y a les vents dits de basses altitudes comme les alizés, les vents d'ouest et les vents d'est polaires. Les vents planétaires, en haute altitude, sont considérés comme étant des courants, vu que l'absence de frottement au sol fait en sorte que la vitesse de ces courants est puissante et régulière.

Les cyclones sont dus à la rencontre de grands fronts chauds et froids, occasionnés par les différences de réchauffement entre la terre et la mer; ils courent sur 500 à 1 200 km. Dans nos régions, nous connaissons des cyclones qui sont reliés à ces fortes perturbations et à la pression atmosphérique.

Dans les régions asiatiques, c'est la mousson qui apporte de fortes précipitations; la mousson est reliée à des vents saisonniers qui émanent des changements des systèmes de pression.

Les tornades sont des cyclones terrestres de faible grandeur mais d'une grande puissance, alors que les trombes de mer sont des trombes d'air, qui naissent sur les étendues d'eau et provoquent un tourbillon de vent mélangé à de l'eau.

Les vents locaux qui courent sur des distances de 10 à 500 km sont des vents, de grandes et moyennes échelles, perturbés par la topographie de la région qu'ils traversent.

Chapitre 4.3 : Atmosphère et Astronomie.

C'est la formation des nuages qui est le principal obstacle à nos observations.

Vu la faible présence de poussière et de vapeur d'eau dans les zones polaires, la transparence de l'air y est plus forte que dans les autres zones. Malgré cela, l'atmosphère trouble encore de plusieurs manières nos observations. Par sa réfraction, elle change les positions apparentes des astres, par sa turbulence, elle nuit à l'étude des petits détails des corps célestes et par son absorption, elle diminue la quantité de lumière disponible. Ces perturbations sont plus fortes dans les zones tempérées.

Les astronomes, qui étudient le ciel et les étoiles, cherchent aussi des traces de vie dans l'univers; les nombreuses découvertes de planètes extrasolaires sont encourageantes et permettent déjà d'identifier certaines planètes qui pourraient posséder une atmosphère contenant des composés chimiques associés à la vie.

À titre d'exemple, depuis 2015, nous connaissons la planète GJ 1132b qui tourne autour de son étoile GJ 1132 et qui pourrait posséder une atmosphère compatible; dernièrement, en 2017, il y a eu la découverte du système Trappist-1 qui contient sept planètes rocheuses et qui est situé

dans la constellation du Verseau, à environ 39 années-lumière de notre Terre; c'est la Trappist-1b qui serait la planète la plus semblable à notre Terre.

CONCLUSION

La composition réelle de l'atmosphère terrestre résulte de processus physiques (combustion, évaporation, condensation, dégazage des roches, etc.), de processus biologiques (fermentation) et de processus chimiques complexes. Globalement, l'atmosphère d'une planète est influencée par sa masse, sa distance à son étoile et les interactions de ses éléments chimiques.

La circulation de l'atmosphère est reliée aux radiations solaires, à la rotation de la Terre, à la température, à la salinité des océans et au relief terrestre. La force de Coriolis, force reliée à la rotation de la Terre, dévie les vents vers la droite dans l'hémisphère nord et vers la gauche dans l'hémisphère sud.

La densité de l'air et la pression atmosphérique diminuent avec l'augmentation de l'altitude alors que la température présente des inversions suite à des processus chimiques.

Les différents systèmes opérant dans l'atmosphère peuvent générer des effets contraires dans des régions voisines et excluent le scénario que le réchauffement climatique se traduirait par une augmentation linéaire et uniforme de la température avec le temps.

Il est impossible pour l'instant de prédire l'adaptation des différentes espèces végétales et animales au réchauffement climatique; pour certaines espèces, le réchauffement sera avantageux alors qu'il sera nuisible pour d'autres. En outre, il est difficile d'isoler le facteur, réchauffement climatique, des autres facteurs pouvant interférer avec le développement et l'évolution d'une espèce donnée.

GLOSSAIRE

Albédo : Fraction de la lumière et de l'énergie reçues que réfléchit ou diffuse un corps non lumineux.

Hydrosphère : Totalité des eaux de la planète, comprenant les océans, les mers, les lacs, les cours d'eau, les eaux souterraines et les nuages.

Lithosphère : Couche externe du globe terrestre, épaisse de 100 à 200 km, rigide, constituée par la croûte et une partie du manteau supérieur.

BIBLIOGRAPHIE

- Allègre, Claude. Un peu de science pour tout le monde. Fayard, 2003.
- Allen, L. Durward et Steere, William C. ABC de la nature. Sélection du Reader's Digest, 1984.
- Casoli, Fabienne et Encrenaz, Thérère. Planètes extrasolaires. Belin. Pour la science, 2005.
- Luft, Robert. Biosphère et chimie. EDP Science, 2014.
- Marion, Rémy. Pôles. Vilo, 2004.
- Morissette, Gaétan. Astronomie, premier contact. Griffon d'argile, 2003.
- Petit, Michel. Climat, le temps d'agir. Recherche midi, 2015.
- Rosmorduc, Jean et L'Elchat, Dominique. 25 mots clés de la culture scientifique. Mots clés, 2004.
- Thouin, Marcel. Notions de culture scientifique et technologique. MultiMondes, 2001.
- Thouin, Marcel. Tester et enrichir sa culture scientifique et technologique. Multimondes, 2008.

SITES INTERNET

[Adsbit.harvard.edu](http://adsbit.harvard.edu)
[Aeronomie.be](http://aeronomie.be)
[Cerea.enpc.fr](http://cerea.enpc.fr)
[Jvinuesa.files.wordpress.com](http://jvinuesa.files.wordpress.com)
[La.climatologie.free.fr](http://la.climatologie.free.fr)
[Lemonde.fr](http://lemonde.fr)
[Meteocentre.com](http://meteocentre.com)

Meteo45.com
Wikipédia.org

TABLE DES MATIÈRES

Avant-propos.....	2
Partie 1 : Composition chimique en fonction de l'altitude.....	3
Chapitre 1.1 : Les différentes couches de l'atmosphère.....	3
Chapitre 1.2 : La troposphère.....	6
Chapitre 1.3 : La stratosphère.....	7
Chapitre 1.4 : La mésosphère.....	8
Chapitre 1.5 : La thermosphère.....	8
Chapitre 1.6 : L'exosphère et la magnétosphère.....	9
Partie 2 : Facteurs, autres que l'altitude, influençant l'atmosphère.....	10
Chapitre 2.1 : Facteurs primaires.....	10
Chapitre 2.2 : Facteurs météorologiques.....	11
Chapitre 2.3 : Facteurs anthropiques.....	12
Chapitre 2.4 : La pollution atmosphérique.....	13
Partie 3 : Rôles de l'atmosphère.....	13
Chapitre 3.1 : Rôles majeurs.....	13
Chapitre 3.2 : Effets du réchauffement climatique.....	14
Partie 4 : Autres.....	15
Chapitre 4.1 : Composition des nuages.....	15
Chapitre 4.2 : Les vents.....	16
Chapitre 4.3 : Atmosphère et astronomie.....	17
Conclusion.....	18
Glossaire.....	18
Bibliographie.....	19
Sites internet.....	19
Table des matières.....	20