

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique
Université Mohamed Boudhief. M'sila
Faculté des Sciences
Département: Sciences de la Nature et de la Vie

Matière: Bioclimatologie

Niveau : 3eme Année licence

Spécialité : Ecologie et Environnement

Filière : Ecologie et Environnement



Photo : Sébastien Laflorencie.

Préparée par : MERNIZ. N

Année universitaire 2021/2022

1. Climatologie générale

Définition

Le temps et le climat:

Le temps est considéré comme l'état physique de l'atmosphère en un lieu donné et à un moment donné. Il se décrit en fonction de divers éléments météorologiques exprimés en valeurs instantanées (pression, température, ...) ou en valeurs moyennes ou cumulées sur des courtes périodes.

Le climat : En grec, klima signifiait inclinaison. Les grecs ont utilisé ce mot, klima, pour qualifier une bande de latitude : à une date donnée, tous ses points voient le soleil avec la même inclinaison.

Le climat d'une région se définit par l'ensemble des conditions météorologiques que l'on y rencontre à chacune des saisons. Il est d'usage fréquent de caractériser un climat par ses conditions météorologiques moyennes, mais le climat comprend en fait l'ensemble de toutes les conditions observées, y compris les extrêmes, chacune avec sa propre fréquence de récurrence (exemple: crue centennale).

Il correspond à une synthèse des temps qu'il fait dans un lieu sur une longue période. L'Organisation Mondiale de la Météorologie (OMM) préconise 30 ans pour les pluies et 15 ans pour les températures. En règle générale le climat ne varie pas, ou assez peu, en un endroit donné du globe sur une durée de l'échelle du siècle.

Pour Emsalem, 1989 « le climat est la synthèse des conditions atmosphériques à long terme d'un lieu ». Cette définition intègre les moyennes des différents paramètres du temps (température, pression, pluviométrie, etc.), la récurrence des types de temps en fonction du moment dans l'année (exemple : la norme saisonnière) et la probabilité d'événements extrêmes contre lesquels les sociétés doivent se prémunir.

Climatologie :

C'est une branche de la géographie physique qui étudie les climats de la terre c'est-à-dire la succession des conditions météorologiques ou des états de l'atmosphère d'un lieu donné sur de longues périodes. La climatologie est donc une science rétrospective qui se fonde sur des séries d'observations antérieures (10 ans au moins et 30 ans si possible) (Etienne et al., 1987). Elle s'intéresse essentiellement à la classification des climats à travers leurs caractéristiques, leurs répartitions, leurs extensions spatiales, les facteurs d'explication et leurs évolutions.

Cependant on peut distinguer :

- Climatologie descriptive : qui décrit et on classe les différents types de climat
- Bioclimatologie : qui étudie les relations entre le climat et les êtres vivants

La météorologie

La météorologie est l'étude du temps, elle fait appel à la physique de l'atmosphère pour expliquer et comprendre le temps. Autrement dit la météorologie étudie les processus mécaniques et physiques qui déterminent l'évolution du temps. Le météorologue à deux tâches fondamentale

1. Observation de l'atmosphère et la mesure des variables atmosphériques : précipitations, pression atmosphérique, le vent, l'ensoleillement, l'humidité de l'air et les températures.

2. Prévoir le temps à partir des mesures effectuées : c'est un domaine très technique réservé à des spécialistes, le météorologue parmi ses observations s'intéresse particulièrement aux individus météorologiques ou centre d'action. En définition la météorologie considérée comme une science doit aboutir d'abord à une explication rationnelle des processus atmosphériques ensuite à une prévision de son état futur, enfin à l'application pratique et opérationnelle des connaissances obtenues. La météorologie a ainsi apporté une assurance sur le plan de la sécurité et une assistance météorologique aux activités d'ordre économiques.

Notion d'échelle en climatologie

On distingue deux grands groupes d'échelles à savoir l'échelle spatiale et l'échelle temporelle.

1. L'échelle spatiale : Il existe en climatologie trois notions d'échelle spatiale.

1. 1. L'échelle régionale : échelle d'espace de l'ordre de 100 km. Les paramètres météorologiques mesurés ici tel que la pluviométrie, la température, le rayonnement, le vent et l'humidité permettent de mieux la définir. Ce climat régional est influencé par la disposition du relief et la proximité à la mer

1. 2. L'échelle micro climatique : échelle de l'ordre de 100 m. Au sein d'un même topo climat s'emboîte une multitude de micro climats par exemple au niveau d'une parcelle agricole, nous avons la proximité d'une haie, d'une étendue d'eau

1. 3. L'échelle topo-climatique : échelle d'espace de l'ordre de 10 km. Comme son nom l'indique, le climat qui en découle est fortement influencé par les dispositions

géographiques du relief (présence d'une colline, vallée ou plateau) une orientation du site.

2. Les données climatologiques

2.1. Les températures :

La température de l'air résulte de nombreux facteurs : rayonnement solaire incident, rayonnement émis par le substrat, éventuels apports issus de la mobilité de l'air, densité de l'air, quantité d'énergie consommée pour l'évapotranspiration. La température moyenne de la basse atmosphère planétaire est d'environ 14°C, mais cette valeur recouvre une forte hétérogénéité spatiale et une variabilité temporelle élevée. La température de l'air est toujours mesurée à l'ombre sous abri, En Algérie, l'unité de mesure employée est le degré Celsius.. Dans les pays Anglo-Saxons, on utilise le degré Fahrenheit (F°). Elle est mesurée grâce à des thermomètres ou des thermographes disposés dans un abri météorologique.

Les unités de mesure sont :

°C : Degré Celsius : $^{\circ}\text{C} = 0.56 \times (^{\circ}\text{F} - 32)$

°F : Degré Fahrenheit : $^{\circ}\text{F} = 1.8 \times (^{\circ}\text{C} + 32)$

K : Kelvin : $\text{K} = (273 + ^{\circ}\text{C})$



Abris météorologique



Thermomètre

La température varie en fonction :

- ✓ De la latitude ;
- ✓ De la situation continentale ou océanique ;
- ✓ De la position de la station de mesure à l'ouest ou à l'est d'un continent ou d'un océan ;

- ✓ De l'altitude ;
- ✓ De la topographie.

2.2. Les précipitations :

Sont dénommées précipitations toutes les eaux météoriques qui tombent sur la surface de la terre sous forme liquide (bruine, pluie, averse), glace (neige, grêle) et les précipitations déposées (rosée, gelée blanche, givre). Elles sont provoquées par un changement de température et de pression.

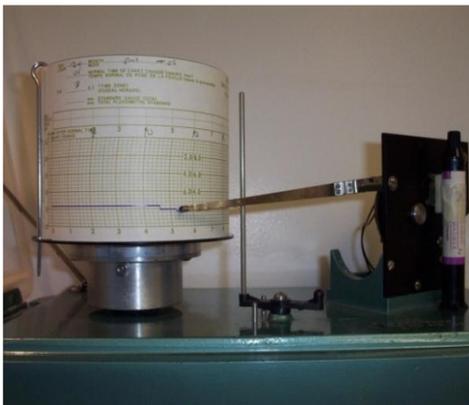
Appareils de mesure des précipitations

Le pluviomètre

Le pluviomètre est un récipient cylindrique d'environ 36 cm de hauteur et de 11.4 cm de diamètre. Sa partie supérieure est amovible. On peut l'enlever. Elle a la forme d'un entonnoir par lequel s'écoule l'eau de pluie qui est ensuite recueillie dans un cylindre gradué en cm.

Le pluviographe

Le pluviographe se distingue du pluviomètre en ce sens que la précipitation, au lieu de s'écouler directement, va dans un dispositif particulier (réservoir à flotteur) qui permet un enregistrement en permanence et en continu, et permet ainsi de déterminer, non seulement la hauteur de précipitations, mais aussi sa répartition dans le temps donc son intensité.



Pluviographe



pluviomètre

2.3. La pression atmosphérique

La pression atmosphérique est le poids d'une colonne d'air qui s'étend d'une altitude donnée jusqu'au sommet de l'atmosphère, cette pression décroît lorsque l'on s'élève en altitude. Lorsque la pression décroît, la densité de l'air et sa température décroissent

également. La pression atmosphérique se mesure avec un baromètre en contrebalançant le poids de l'air avec du mercure. La pression est mesurée : en millimètres de mercure, en pascal (Pa), hecto-Pascal (hPa) ou en bar (B).

Au niveau de la mer, la pression est d'environ 1013,20 hPa. Quand elle est supérieure à 1013 hPa cela correspond à «un anticyclone». Mais quand la pression est inférieure à 1013 hPa c'est «une dépression». Plus la pression est basse, plus il y a du vent et si elle descend très vite en un court laps de temps cela indique un orage voir une tempête qui approche (GODARD, A ET TABEAUD, M. 1993).



Baromètre pour mesurer la pression

2.4. L'humidité

La notion d'humidité caractérise la quantité de vapeur d'eau contenue dans l'air. L'humidité relative est le rapport de la quantité d'eau contenue dans l'air sur la quantité d'eau maximale possible. L'humidité relative s'exprime en pour cent. 100% correspond à un air saturé en vapeur d'eau : risque de nuage, pluie, brouillard, rosée ou givre et 0% correspond à un air parfaitement sec.

On exprime parfois l'humidité de l'air en kg d'eau par unité d'air humide (humidité spécifique) ou encore en gramme d'eau par m³ d'air humide (humidité absolue).

On mesure le taux d'humidité dans l'air par :

✓ Hygromètre

Les plus simples sont les hygromètres organiques. Ils sont basés sur la propriété d'une substance organique de se contracter ou se dilater selon l'humidité. Le cheveu humain

dégraissé s'allonge de 25% lorsque l'humidité relative passe de 0 à 100%. L'appareil relié à un système d'enregistrement constitue un hygromètre.

✓ **Psychromètre**

On appelle " psychromètre " un hygromètre constitué de deux thermomètres ventilés avec l'air dont on veut mesurer l'humidité. L'élément sensible de l'un des deux thermomètres est recouvert d'une gaze humidifiée avec de l'eau déminéralisée. L'évaporation de l'eau dans l'air provoque un refroidissement jusqu'à une valeur d'équilibre appelée température humide ". L'autre thermomètre mesure la température de l'air, appelée par opposition "température sèche ".



Hygromètre



Psychromètre

2.5. Le vent :

Le vent est le résultat de la différence de pression entre deux zones voisines. Le vent est un déplacement d'air engendré par une masse d'air chaud qui rencontre une masse d'air froid. Il provoque le déplacement des masses d'air et transporte ainsi les caractères climatiques. On rappelle par exemple les moussons indiennes qui sont de deux sortes : les moussons humides et pluvieuses dont l'air circule de l'océan vers le continent et les moussons sèches dont l'air circule du continent vers l'océan.



Anémomètre et girouette pour mesurer la direction et la vitesse du vent.

2.6. Insolation

C'est le nombre d'heures de soleil. Son importance est claire pour la croissance des plantes et autres types d'activités (construction, tourisme, etc.). Elle peut être exprimée en termes absolus (nombre d'heures de soleil) et groupée ensuite en moyennes mensuelles et annuelles, ou en termes relatifs comme pourcentage de la durée théorique du jour. L'appareil de mesure est appelé héliographe.

2.7. Nébulosité

Proportion du ciel couverte par les nuages et évaluée suivant une échelle arbitraire de 0 à 8 octas. Cette variation annuelle de la nébulosité, maxima en été, minima en hiver, s'observe dans toutes les régions arctiques, sauf peut-être à l'extrémité méridionale du Groenland, où toute l'année la nébulosité moyenne de chaque mois est égale à 7.

3. Mécanismes de la circulation générale des systèmes de vents :

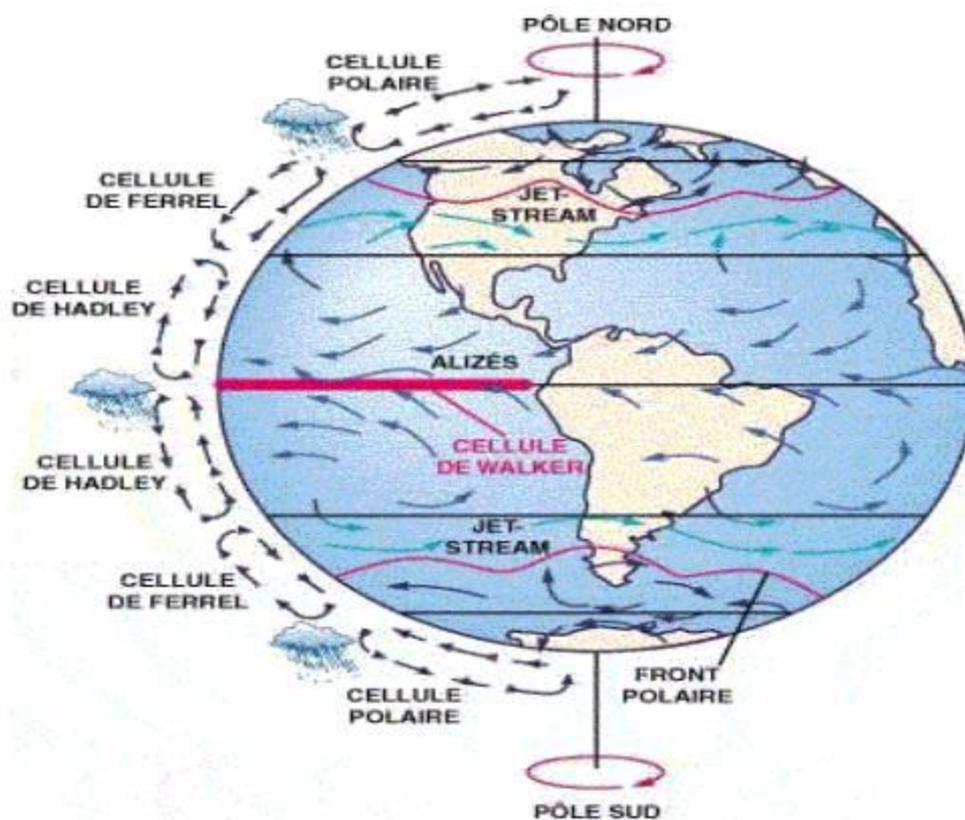
Alizés, vent d'Ouest, vents polaires :

3.1. Les mécanismes de la circulation atmosphérique générale

La circulation générale est le mouvement à l'échelle planétaire de la couche d'air entourant la Terre qui redistribue la chaleur provenant du Soleil en coïncidence avec la circulation océanique. L'ensemble des grands mouvements horizontaux et verticaux de l'atmosphère sur toute l'étendue du globe. Ces mouvements s'ajoutent aux conditions locales de radiation pour déterminer les zones et les régions climatiques.

Trois faits essentiels sont à retenir :

- **Chaque hémisphère est divisé en trois bandes zonales de pression** : les basses pressions équatoriales, les hautes pressions subtropicales, les basses pressions polaires. Les grands mouvements horizontaux et verticaux résultent de cette répartition (Benhamrouche,2017).



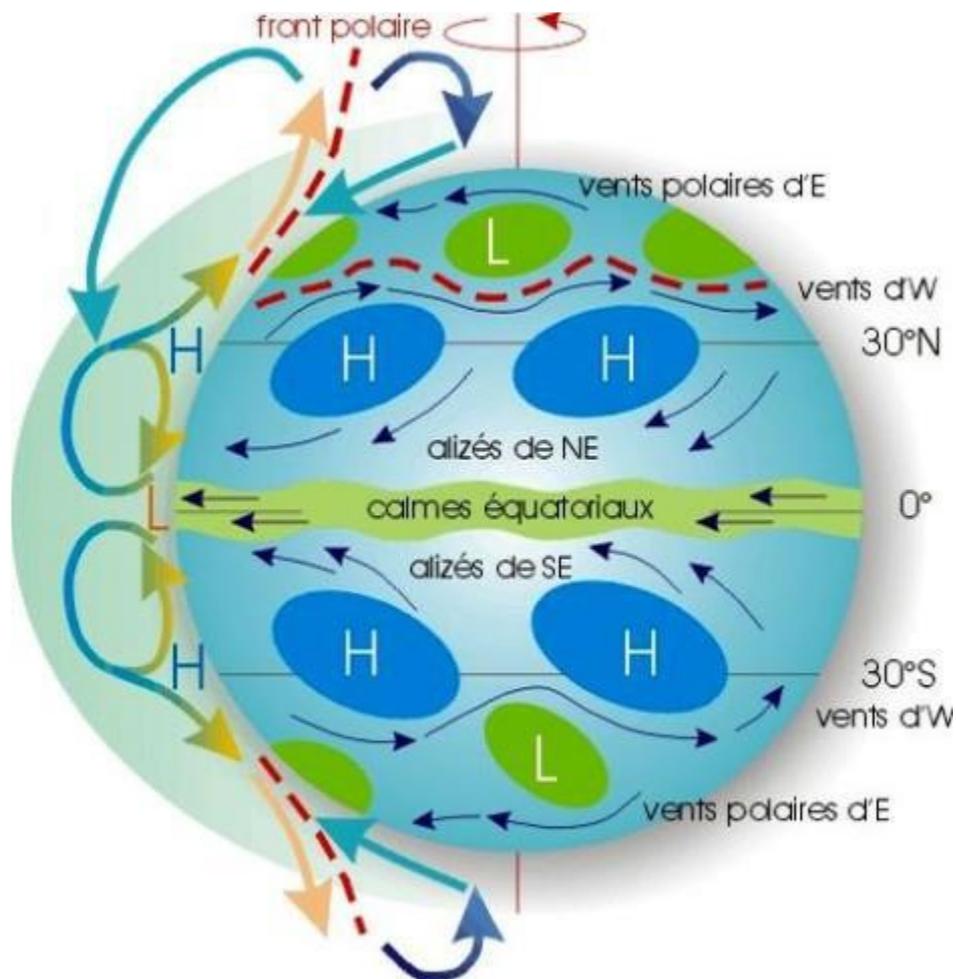
Circulation générale atmosphérique

Dans les régions polaires (Cellule Polaire), entre 60° et 90° de latitude, les vents sont de secteur Est (Nord Est dans l'hémisphère Nord et Sud Est dans l'hémisphère Sud)

Dans la zone tempérée (Cellule de Ferrel), comprise entre 60° (dépression subpolaire)

et 30° (anticyclone subtropical), les vents d'Ouest sont les plus fréquents (Sud-Ouest dans l'hémisphère Nord, Nord-Ouest dans l'hémisphère Sud). Cette zone est favorable au développement des perturbations.

Des zones de calme se situent au niveau des Anticyclones des Açores (30°N) et de Sainte Hélène (30°S). Elles sont appelées les Horses latitudes .



Les champs de pression déterminent la circulation générale de l'atmosphère

Dans la zone intertropicale, située entre les anticyclones subtropicaux (Anticyclone des Açores et Anticyclone de Sainte Hélène) et l'équateur, la circulation se fait dans le sens Est-Ouest de manière permanente. Elle se traduit par des vents de secteur Est appelés les alizés et par la présence de Cumulus. Dans cette zone, des cyclones se développent régulièrement en fin d'été.

Dans l'hémisphère Nord, les alizés sont de secteur Nord Est alors que dans l'hémisphère Sud, ils sont de secteur Sud Est. Cette variation de direction est due à la force de Coriolis.

La force de Coriolis est induite par la rotation terrestre. Elle contribue à dévier un courant aérien vers sa droite dans l'hémisphère Nord et vers sa gauche dans l'hémisphère Sud. On observe que cette force s'annule et change de sens quand on change d'hémisphère (passage de l'équateur). Cette force joue un rôle essentiel dans l'écoulement atmosphérique horizontal (PERSON, A. 1998).

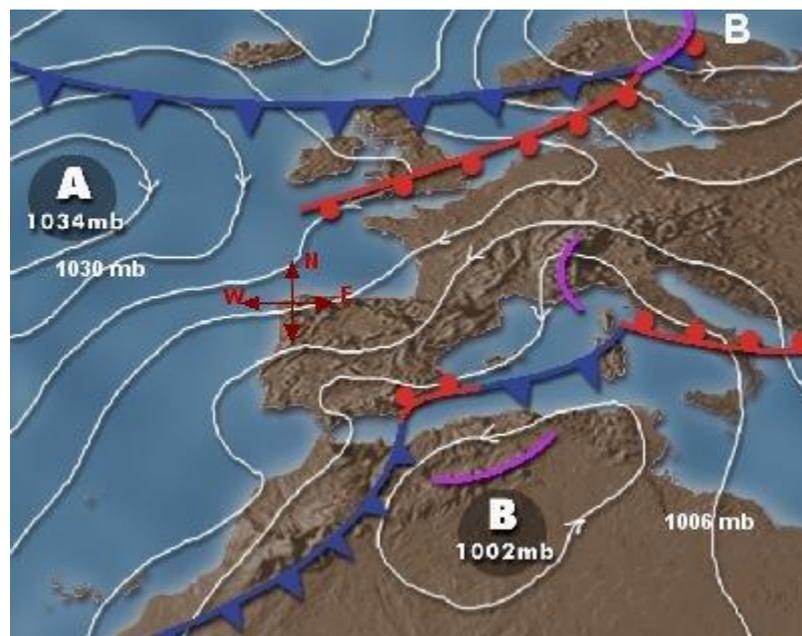
La force de Coriolis est nulle à l'équateur. Elle augmente quand on se rapproche des pôles (où elle est maximale). La zone de rencontre des alizés du Nord Est et du Sud Est donne naissance à une grande bande nuageuse appelée l'équateur météorologique ou ZCIT (Zone de Convergence Intertropicale). Elle correspond à une zone de vents irréguliers, de faible visibilité et d'orages (Cumulonimbus à très fort développement vertical (jusqu'à 16 kilomètres d'épaisseur). Les marins appellent cette zone «le pot au noir» C'est une source considérable d'énergie qui est transférée verticalement par les forts mouvements ascendants se produisant dans les Cumulonimbus, puis horizontalement par les grands mouvements atmosphériques de la haute troposphère (jet stream).

Les dépressions et les anticyclones (X). La pression atmosphérique correspond au poids de la colonne d'air de section unité s'étendant depuis le point de mesure jusqu'à la limite supérieure de l'atmosphère. Elle se mesure avec un baromètre, l'unité est l'hecto Pascal (hPa). La valeur de la pression moyenne au niveau de la mer est de 1013,25 hPa. Dans nos régions elle peut varier entre 950 hPa et 1050 hPa (Benhamrouche, 2017)

La pression varie en fonction de l'altitude, elle décroît de 1hPa tous les 8 mètres dans les basses couches (et de 1hPa tous les 60 mètres à 16 kilomètres d'altitude). La pression atmosphérique varie en fonction du lieu de mesure. Les régions où la pression présente un minimum relatif correspondent aux dépressions, les régions où la pression présente un maximum relatif correspondent aux anticyclones. Les dépressions et les anticyclones sont appelés des centres d'action. Les valeurs de pression enregistrées dans différentes zones géographiques sont notées sur des cartes appelées cartes isobariques. Les stations de relevés n'étant pas à la même altitude, on calcule quelle serait la pression si les stations étaient au niveau de la mer et on reporte les pressions corrigées (pression au niveau de la mer) sur la carte.

On relie les points d'égale pression par une ligne appelée isobare. Les isobares sont tracées de 5hPa en 5hPa. On peut ainsi visualiser les dépressions (D) et les anticyclones (A). Une dépression correspond à une zone de basses pressions, un anticyclone correspond à une zone de hautes pressions. Quand les isobares se referment sur un même centre et que ce centre a une pression atmosphérique inférieure à la pression atmosphérique "périphérique", on est en présence d'une dépression. A l'inverse si ce centre a une pression atmosphérique supérieure c'est un anticyclone.

La pression atmosphérique influe sur la hauteur de l'eau. Ces photographies, prises en Méditerranée, illustrent parfaitement les variations du niveau de la mer. Dans des conditions anticycloniques, le niveau de la mer est bas. A l'inverse, dans un régime dépressionnaire, le niveau est haut. Grâce aux renseignements fournis par les ballons sondes, on peut établir des cartes de pression en altitude (cartes isohypse). Sur ces cartes, on reporte les niveaux d'altitude (géopotential) correspondant à une pression fixe. Pour une pression de 500 hPa, l'altitude moyenne est de 5560 mètres. Les isohypses sont tracés de 40 mètres en 40 mètres ou de 60 mètres en 60 mètres en fonction des cartes. Sur ce type de carte, on n'indique pas des zones de hautes ou de basses pressions (anticyclone ou dépression) mais des zones de haut (H), (A) ou de bas géopotential (B) (Benhamrouche,2017)



Les zones de hautes (H), (A) et de basses pressions (B).

- Tout le système de pressions et de vents se déplace en latitude selon la saison : ce qui entraîne, sur un même lieu, des différences considérables de circulation et de temps entre l'été et l'hiver (LAING, D. 1991).

4. L'air et la structure et dynamique des couches :

4.1. La structure verticale

En fonction de la répartition verticale des températures on distingue cinq couches dans les 1000 premiers km de l'atmosphère : la troposphère, la stratosphère, la mésosphère, la thermosphère et l'exosphère (Benhamrouche, 2017) :

4.1. 1. La troposphère

La troposphère est la couche la plus proche de la surface terrestre, son épaisseur moyenne s'élève entre 8 km aux pôles et 16 km au-dessus de l'Equateur. Elle est la plus dense des quatre couches de l'atmosphère, sa masse représente environ 80 % de la masse totale de l'atmosphère, alors que son volume ne représente que 1,5 % du volume total.

La température de la troposphère diminue d'environ 5 à 6,5°C par km d'altitude (due à la raréfaction de l'air et à l'éloignement progressif du substrat). Au sommet (tropopause) la température est d'environ -60° C. C'est dans la troposphère que la totalité des phénomènes météorologiques (précipitations, nuages, tornades, éclairs, etc...) se déroulent.

4. 1.2. La stratosphère

La stratosphère (ou stratopause) est une couche qui monte jusqu'à 50 km d'altitude, à l'intérieur de laquelle la température augmente pour se rapprocher de celle de la surface terrestre, car la couche d'ozone absorbe les rayonnements solaires (entre 20 et 30 km d'altitude). Le célèbre trou d'ozone se situe au niveau de cette couche.

4.1. 3. La mésosphère

La mésosphère (ou mésopause) se situe entre 50 et 80 km d'altitude. La température atteint les -90 °C au sommet. En traversant l'atmosphère, les météores brûlent à son contact et forment, ainsi, ce que l'on appelle : les étoiles filantes.

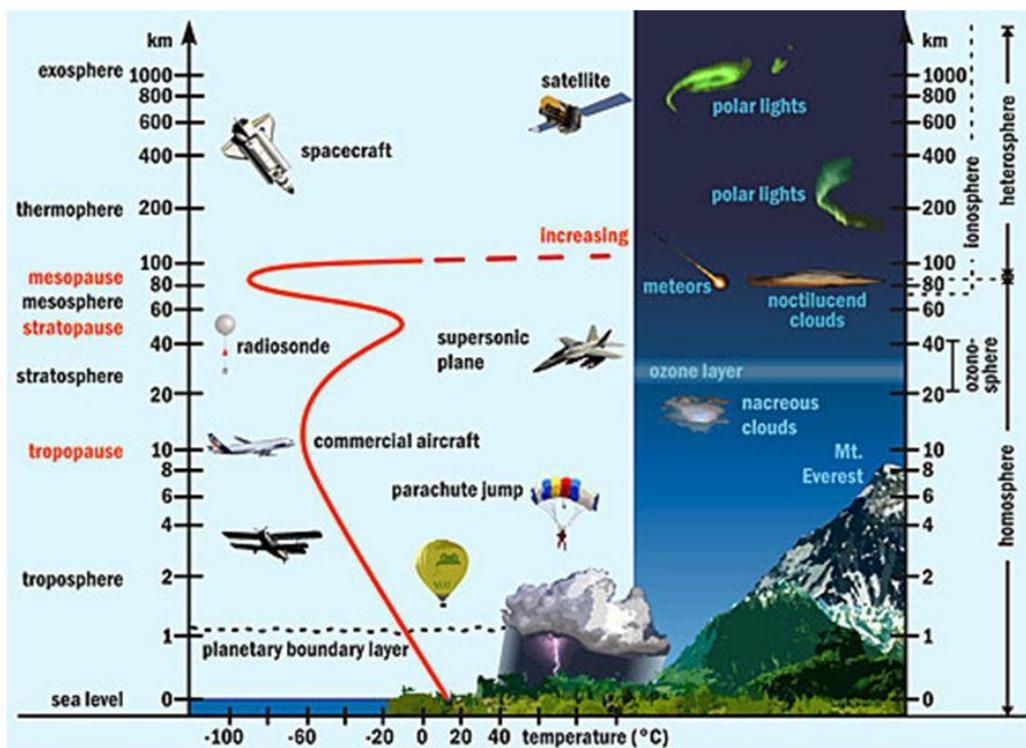
4.1. 4. La thermosphère

La thermosphère s'étend de 80 à 600 Km d'altitude. Les molécules d'air deviennent très rares. Les températures sont très élevées (jusqu'à 1200° C). C'est dans la thermosphère que se produisent les aurores polaires (boréales dans l'hémisphère Nord et australes dans l'hémisphère Sud).

4.1. 5. L'exosphère

L'exosphère s'étend jusqu'à 1000 km d'altitude, là où s'arrête l'atmosphère et où commence l'espace. C'est dans cette zone que gravitent les satellites artificiels.

La figure suivante résume les différentes strates de l'atmosphère.



La structure verticale de l'atmosphère (Encyclopédie Encarta, Edition 2)

5. Bilan thermique à la surface de la terre :

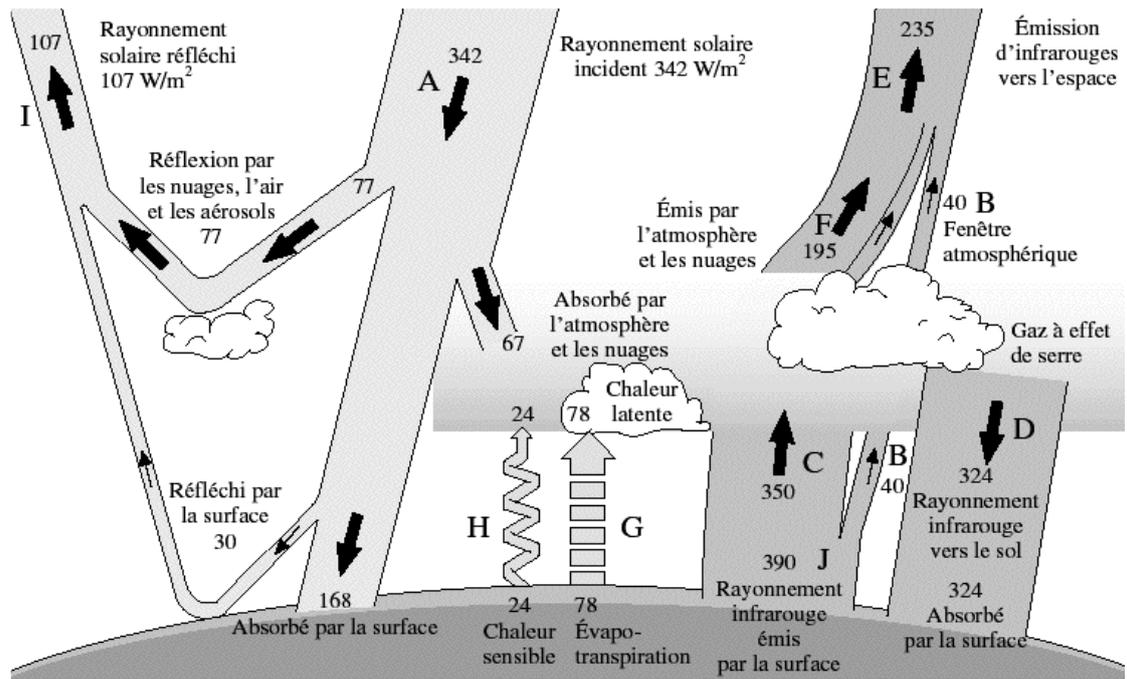
La Terre reçoit son énergie du Soleil et évacue la chaleur par du rayonnement électromagnétique qui part dans l'espace.

Les basses latitudes reçoivent plus de chaleur qu'elles n'en émettent, contrairement aux hautes latitudes. Ces écarts sont compensés par un transfert de chaleur à forte composante méridienne.

La chaleur est transportée par les deux fluides qui enveloppent la surface de la Terre: l'atmosphère et l'océan. Les contrastes thermiques engendrent des contrastes de densité, à l'origine des circulations atmosphériques et océaniques, circulations contraintes par la rotation de la Terre et par la géographie. L'atmosphère conditionne le transfert du rayonnement entrant et sortant entre la surface terrestre et l'espace. Les changements de phase de l'eau, tantôt glace, tantôt liquide, tantôt vapeur, jouent un rôle important dans le transfert de l'énergie. L'atmosphère est chauffée par le bas du fait des échanges de chaleur avec la surface, par la condensation de la vapeur d'eau, et par l'effet de serre. Les mouvements y sont rapides: l'atmosphère met 10 jours pour faire le tour de l'hémisphère nord.

L'océan est chauffé par le haut. La circulation océanique de surface forcée par les vents s'organise autour des bassins océaniques de l'hémisphère nord et de l'hémisphère sud. Cette circulation océanique de surface a des interactions complexes avec la circulation atmosphérique, qui jouent un rôle important dans la variabilité du climat.

Nous résumons le bilan thermique dans la figure suivante



Bilan énergétique terrestre moyen, W/m² (source : GIEC)

Bilan radiatif terrestre moyen, W/m² :

Atmosphère : +425 – 525 = **-100W/m²**

Surface : +490 – 390 = **+100W/m²**

6. Classification climatique physique (Benhamrouche, 2017)

La classification des climats répond au besoin d'organiser et de synthétiser notre connaissance des différents types de climats et des données observées, afin de s'adapter au mieux à notre environnement. Aussi, plusieurs classifications ont été développées depuis les premières classifications connues, venant de Grèce antique, elles décrivent les conditions météorologiques, selon leurs latitudes.

Chaque classification climatique peut répondre à des attentes différentes selon les objectifs des personnes les utilisant. Par exemple, une classification selon des températures météorologiques et l'ensoleillement permettra un choix efficace pour une installation de chauffage afin d'estimer au mieux la puissance de chauffe nécessaire, mais également la durée estimée de chauffage.

La description des différents types de climat permet également de simplifier l'information disponible, et de la diffuser dans une forme compréhensible. Une classification répond à un objectif, qu'il soit écologique, économique, touristique...

On peut classer les classifications selon les méthodes qu'elles utilisent, selon les données qu'elles utilisent et selon les objectifs qu'elles visent.

1. La classification basée sur la température et la pluviométrie

- La classification climatique de Wladimir Köppen, établie en 1900, modifiée en 1918 et 1936, est l'une des **plus fréquemment utilisée**.
- Elle est basée sur l'hypothèse que la **végétation naturelle**, qui **intègre** les paramètres climatiques, en est le meilleur traceur. Les zones climatiques sont définies en fonction des **couvertures végétales naturelles**.

De façon objective, la classification de Köppen prend en compte les moyennes annuelles et mensuelles de températures et de précipitations, ainsi que les variations saisonnières des précipitations.

On distingue 5 grands « groupes » climatiques et, pour chacun, plusieurs « **types** » et « **sous-types** » :

GROUPE A : « **Climats Tropicaux** » avec des températures toujours élevées ; les 12 mois de l'année doivent avoir une température moyenne $>18^{\circ}\text{C}$. Pas de saison hivernale. Fortes précipitations annuelles (supérieures à l'évaporation annuelle).

GROUPE B : « **Climats Arides** » où les précipitations sont moins importantes que l'évaporation et la transpiration des plantes. Aucun cours d'eau permanent.

GROUPE C : « **Climats Tempérés** » ou la température moyenne est $>10^{\circ}\text{C}$ pendant le mois le plus chaud, et comprise entre -3°C et 18°C pendant le mois le plus froid. Les saisons été et hiver sont bien définies.

GROUPE D : « **Climats Continentaux** » avec une température moyenne $>10^{\circ}\text{C}$ pendant le mois le plus chaud, et $< -3^{\circ}\text{C}$ pendant le mois le plus froid. Les saisons été et hiver sont bien définies.

GROUPE E : « **Climats Polaires** » ou la température moyenne est $< -3^{\circ}\text{C}$ pendant les 12 mois de l'année. La saison d'été est très peu marquée.

Deux paramètres complètent cette répartition :

Une caractéristique de température :

a : mois le plus chaud $\geq 22^{\circ}\text{C}$ (**groupes C et D**)

b : mois le plus chaud $< 22^{\circ}\text{C}$ (**groupes C et D**)

c : moins de 4 mois $< 10^{\circ}\text{C}$ (**groupes C et D**)

d : mois le plus froid $< -37^{\circ}\text{C}$ (**groupe D**)

h : tous les mois $> 0^{\circ}\text{C}$ (**groupe B**)

k : au moins un mois $< 0^{\circ}\text{C}$ (**groupe B**)

Une caractéristique de précipitations :

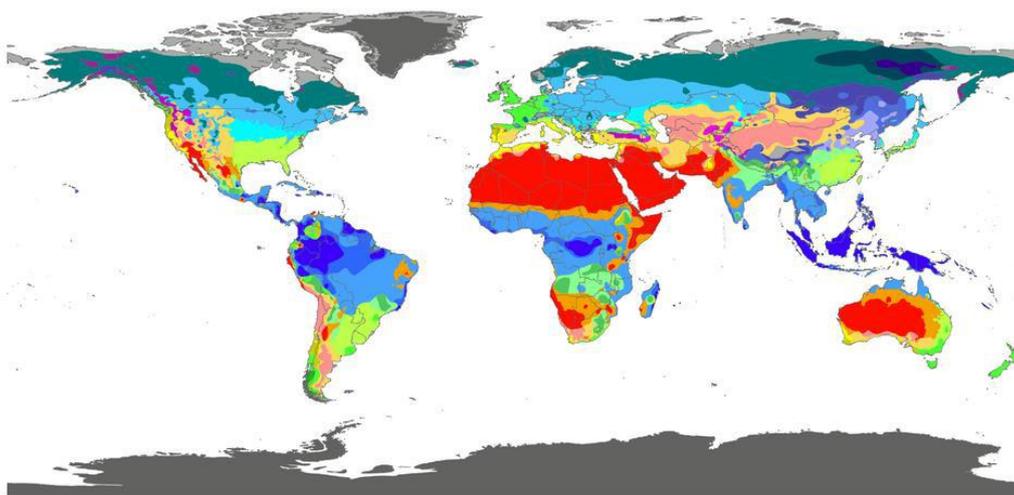
s : saison sèche en été, $\geq 70\%$ précipitations en hiver (**groupe C**)

w : saison sèche en hiver, $\geq 70\%$ precip. En été (**groupes A, C, D**)

f : précipitations pendant toute l'année (**groupes A, C, D**)

m : régime de mousson : saison sèche $< 6\text{ cm}$ pluies, saison humide $> 125\text{ cm}$ (**groupe A**)

World map of Köppen-Geiger climate classification



Af	BWh	Csa	Cwa	Cfa	Dsa	Dwa	Dfa	ET
Am	BWk	Csb	Cwb	Cfb	Dsb	Dwb	Dfb	EF
Aw	BSh	Cwc	Cfc	Dsc	Dwc	Dwc	Dfc	
BSk				Dsd	Dwd	Dwd	Dfd	

DATA SOURCE : GHCN v2.0 station data
Temperature (N = 4,844) and
Precipitation (N = 12,396)

PERIOD OF RECORD : All available

MIN LENGTH : ≥ 30 for each month.

RESOLUTION : 0.1 degree lat/long

Contact : Murray C. Peel (mpeel@unimelb.edu.au) for further information

Les principaux climats mondiaux selon la classification de Köppen

7. L'Aridité :

Les différents indices de caractérisation de l'aridité sont :

7.1.1. Indice de Lang

Il est défini au moyen de l'expression :

$$I = P/T$$

P : précipitation moyenne annuelle en mm.

T : température moyenne annuelle en °C

Classification climatique d'après Lang

Valeur de I	Zone
0-20	Déserts
20-40	Aride
40-60	Semi-aride (Steppe et la savane)
60-100	Semi-humide (Forêt clair)
100-160	Humide (Grandes forêts)
> 160	Hyper humide (prairies et toundra)

7. 1.2. Indice d'aridité de Martonne :

En se basant sur des considérations essentiellement géographiques, De Martonne a défini comme fonction climatologique nouvelle l'indice d'aridité du climat par le quotient $IDM = P/(T+10)$ (COUTAGNE. 1943). Cet indice permet de caractériser le pouvoir évaporant de l'air à partir de la température ; l'évaporation étant considérée comme une fonction linéaire de la température. De fait de sa simplicité, il a été beaucoup utilisé par les géographes.

L'aridité augmente quand la valeur de l'indice diminue. Une faible aridité correspondant à des pluies abondantes et/ou des températures basses. De Martonne a proposé six grands types de climats selon les valeurs de l'indice annuel. La formule est : $Ia = P / [Tm+10]$

P : précipitation moyenne annuelle en mm.

Tm : température moyenne annuelle en °C

Selon De Martonne l'indice peut également être appliqué pour **chaque mois**. La formule est similaire au précédent, mais avec des valeurs moyennes mensuelles et en multipliant par douze. L'indice d'aridité mensuel est défini par la relation suivante :

$$I = 12 * P / [T_m + 10]$$

P : précipitation moyenne mensuelle en mm.

T_m : température moyenne mensuelle en °C

Classification climatique d'après Martonne

Valeur de I	Type de climat	Signification
< 5	Aridité absolue	désert sans culture
5 à 10	Désert (aride)	désert et steppe ; aucune culture sans irrigation.
10 à 20	Semi-aride	formations herbacées, steppes ou savanes. Irrigation nécessaire pour les cultures exigeant de l'humidité
20 à 30	Semi-humide	prairie naturelle ; irrigation généralement non nécessaire.
30 à 40	Humide	les arbres jouent un rôle de plus en plus grand dans le paysage.
> 40	Hyper Humide	la forêt est partout la formation climatique. Les cultures de céréales tendent à être remplacées par les herbages.

7.1. 3. Indice d'aridité d'Angström (1936-1937)

En 1936, Angström suggéra une modification de l'indice de De Martonne. Il montra que l'indice d'aridité était proportionnel à la durée des pluies, ce qui en retour était directement proportionnel à la somme des pluies et inversement proportionnel à une fonction exponentielle de la température. Il définit son coefficient comme :

Formule :

$$I = \frac{P}{1,07^T}$$

Dans cette fonction, le dénominateur double pour chaque augmentation de 10°C.

7.1.4. Indice pluviométrique annuel de Moral (1954) :

Cet indice est surtout adapté pour la classification des climats dans la zone intertropicale. Pour Moral, la limite entre l'humidité et la sécheresse est donnée par la hauteur des pluies (en mm). IM est inférieur à 1 pour un climat sec et supérieur à l'unité pour un climat humide.

$$I_M = \frac{P}{T^2 - 10T + 200}$$

$I_M < 1 \dots$ Climat Sec

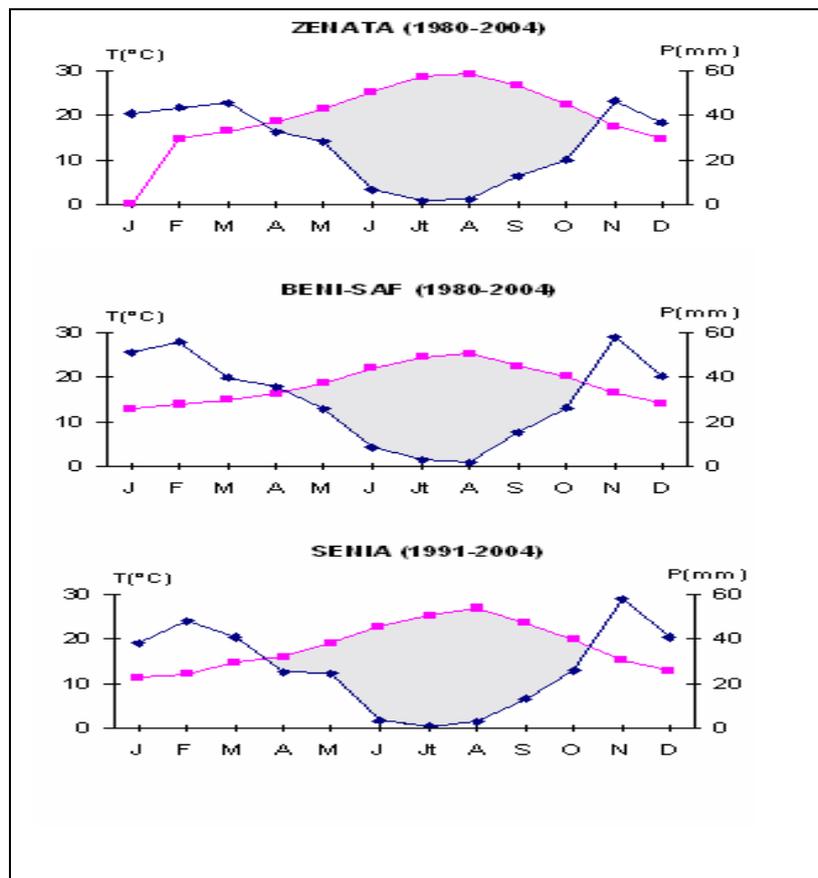
$I_M > 1 \dots$ Climat Humide

7.1.5. Indices de Bagnouls et Gaussen (1952) :

Selon Bagnouls et Gaussen (1953), un mois est dit biologiquement sec si, "le total mensuel des précipitations exprimées en millimètres est égal ou inférieur au double de la température moyenne, exprimée en degrés centigrades» ; cette formule (P inférieur ou égal $2T$) permet de construire des « diagrammes ombrothermiques » traduisant la durée de la saison sèche d'après les intersections des deux courbes.

Les diagrammes ombrothermiques sont constitués en portant en abscisses les mois et en ordonnées les précipitations sur l'axe placé à gauche, et les températures sur un second axe placé à droite, en prenant soin de doubler l'échelle des températures par rapport à celle des précipitations soit $P = 2T$.

Exemples de diagrammes ombrothermiques de différentes stations d'Ouest algérien :



Période sèche  Température  Précipitation 

7.1.6. Quotient pluviothermique d'Emberger (1932) :

Ce Quotient permet de localiser les stations d'étude parmi les étages de la végétation tracés sur un climagramme d'Emberger, ce qui est un bon indicateur sur la relation qui existe entre le climat et la végétation. et permet aussi d'apprécier l'aridité des régions méditerranéennes, les valeurs du Q₂ étant d'autant plus basse que le climat est plus sec

L'indice d'Emberger prend en compte les précipitations annuelles P, la moyenne des maxima de température du mois le plus chaud (M°C) et la moyenne des minima de température du mois le plus froid (m°C) (Emberger, 1955).

Le Q₂ est calculé par la formule suivante :

$$Q_2 = \frac{2000 P}{(M+m)(M-m)} = \frac{2000 P}{M^2 - m^2}$$

P : Précipitations moyennes annuelles en **mm** ;

M : Moyenne des maxima thermiques du mois le plus chaud en °**K** ;

m : Moyenne des minima thermiques du mois le plus froid en °**K** ;

M-m : Amplitude thermique.

M et m : exprimés en degrés absolus (T°**k** = T°C + 273,2).

7.2. Les régions arides dans le Monde, en Afrique, au Maghreb :

La sécheresse : La sécheresse contrairement à l'aridité, reflète un déficit hydrique temporaire et n'est pas lié au climat de la zone où elle sévit. Le volume des précipitations peut s'avérer suffisants. Mais, elle affecte la structure du sol et provoque des changements dans la végétation. Elle dévoile alors les possibilités de régénération, appelées résilience, d'un milieu.

L'aridité est un phénomène climatique impliquant une pluviométrie faible. Dans les régions dites arides ou sèches, les précipitations sont inférieures à l'évapotranspiration potentielle (notée ETP). L'aridité étant une notion spatiale, une région peut être qualifiée d'aride et non une période. Elle est d'ailleurs marquée sur près de 30 % des terres continentales¹ bien que répartie sur diverses latitudes. Il y a les zones arides zonales dues à la présence de la partie descendante des cellules de Hadley et les déserts non-zonaux dus à diverses causes. L'aridification est le changement de climat graduel ou brutal conduisant à une situation d'aridité.

✓ Les déserts zonaux se retrouvent le long des tropiques :

Au niveau du **tropique du Cancer** : déserts Mojaves (États-Unis) et mexicains, Sahara, désert d'Arabie, d'Iran, du Thar. Le nom de l'État d'Arizona signifie zone aride.

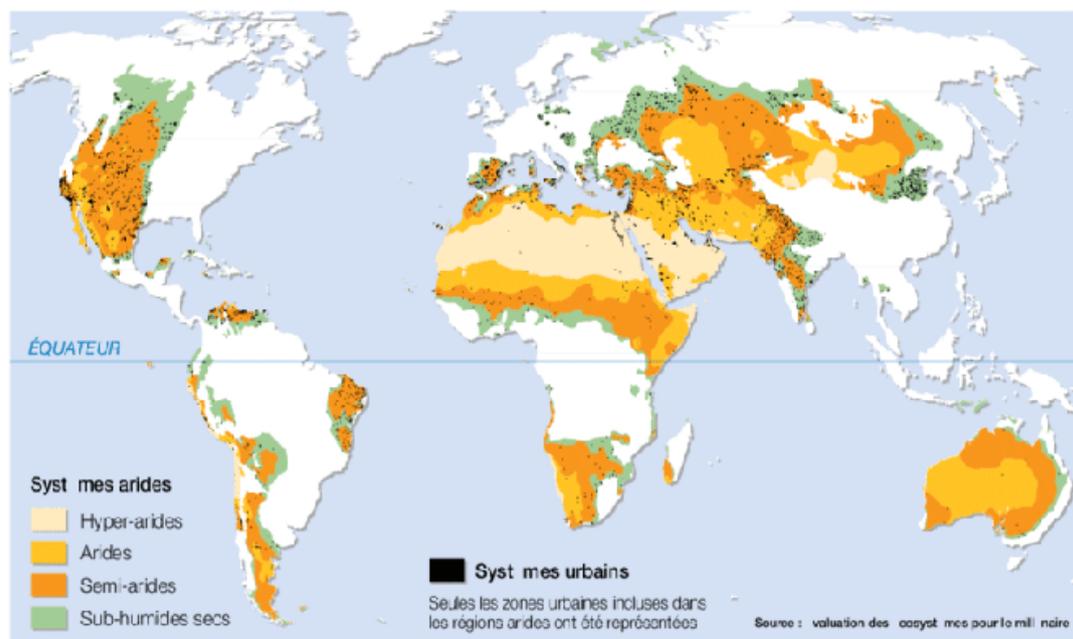
Au niveau du **tropique du Capricorne** : désert d'Atacama, du Kalahari, déserts australiens

✓ Les déserts non zonaux ont différentes sources :

Zone d'ombre en aval de chaîne de montagnes : déserts américains du Grand Bassin, d'Argentine ;

A l'intérieur des continents : déserts d'Asie centrale ;

Dus aux courants froids des façades occidentales de continent : déserts chilo-péruvien, Basse-Californie, Namib, Río de Oro.



Distribution des zones arides du monde (MA, 2005a)

8. Le bilan hydrique

Le bilan permet d'évaluer les apports et les sorties en eau sur une période déterminée. L'évaluation du bilan d'eau est nécessaire aux paramètres physiques du milieu tels que les éléments climatologiques, pédologiques qui interviennent dans le cycle de l'eau. Le calcul de ce bilan est nécessaire pour la connaissance du milieu géographique, pour mieux définir les besoins globaux chiffrés du milieu et essentiellement pour l'évaluation du volume des ressources en eau souterraine (infiltration) et de surface (ruissellement). Le terme d'évapotranspiration désigne la

quantité de vapeur d'eau rejetée dans l'atmosphère tant par évaporation directe au niveau du sol lui-même que par transpiration des organes aériens des plantes. L'étude de l'évapotranspiration exige que soient définis deux concepts essentiels : l'évapotranspiration réelle (ETR) et l'évapotranspiration potentielle (ETP). Cette dernière est apparue en particulier avec les travaux de Thornthwaite et se définit comme représentant la quantité d'eau disponible sous forme d'humidité du sol, suffisante pour que les plantes puissent maintenir leur taux de transpiration à un niveau maximal (Benhamiche, 2015).

Le bilan hydrologique d'un bassin peut se traduire par l'équation 6-1:

$$P = ETR + I + R + \Delta RFU$$

Avec :

P : lame moyenne précipitée sur le bassin versant en mm

ETR : Evapotranspiration réelle en mm. L'évapotranspiration réelle correspond à la quantité d'eau effectivement évapotranspirée au dessus de la surface étudiée. L'ETR dépend de la lame d'eau stockée dans le sol et la pluviosité.

R : Ruissellement en mm,

ΔRFU : Variation de la réserve facilement utilisable, c'est-à-dire de la lame d'eau stockée dans le sol, utilisable par les plantes. La RFU commence à alimenter l'ETR quand les précipitations deviennent inférieures à l'ETP.

L'excédent (**EXC**), différence positive, par définition, entre la précipitation et l'évapotranspiration réelle, correspond au surplus des précipitations qui peut ruisseler ou s'infiltrer : l'excédent est assimilé à la pluie efficace, cette notion diffère d'un auteur à l'autre. En hydrogéologie la pluie efficace (P_e) est parfois confondue avec l'infiltration. En hydrologie par contre, la pluie efficace (P_e) correspond à la partie qui alimente les cours d'eau. L'excédent (EXC) correspond à la somme des précipitations ruisselées et infiltrées.

$$EXC = I + R$$

Le calcul du bilan hydrique estime l'écoulement et l'évaporation sur un pas de temps décadaire ou mensuelle en fonction du sol et de la météorologie.

Le sol a un impact important sur le bilan car il possède une capacité de stockage qui peut s'épuiser, ce qui conduit au flétrissement des végétaux et ainsi à une baisse de l'évapotranspiration.

La porosité du sol (20 à 30% en général) peut être considérée comme une capacité de

stockage : Lorsque le sol est rempli d'eau, la porosité est presque totalement occupée par l'eau, le sol est dit saturé. Une grande partie de cette eau s'écoule par gravité verticalement dans le sol ou latéralement.

Le sol se draine jusqu'à atteindre la « capacité au champ » w_{330} qui correspond à l'eau contenue dans le sol à une tension d'humidité du sol de -330 hPa (généralement obtenue après 48 h de ressuyage) : l'eau qui subsiste alors dans le sol est retenue par succion.

La végétation puise dans cette réserve jusqu'à une tension de -15000 hPa, puis elle flétrit (la valeur de tension -15000 hPa est nommée W_{15000} ou point de flétrissement. Plusieurs méthodes peuvent être utilisées ; celle de Thornthwaite à l'avantage d'être simple et robuste sous différentes latitudes.

Calcul de l'ETP par la formule de Thornthwaite : Thornthwaite (1984), Thornthwaite & Mather (1955) ont relié l'évapotranspiration potentielle (ETP) à des paramètres facilement accessibles : la température moyenne de l'air et la durée théorique de l'insolation. On'a :

$$ETP(m) = 16 * \left[\frac{10 * \bar{T}(m)}{I} \right]^a * F(m, \phi)$$

Avec:

- ETP(m) : l'évapotranspiration moyenne du mois m (m = 1 à 12) en mm,
- T : moyenne interannuelle des températures du mois, °C
- a : $0.016 * I + 0.5$
- I indice thermique annuel :
- F(m,φ) : facteur correctif fonction du mois (m) et de la latitude:

9. Relation végétation climat (Benhamrouche, 2017):

Selon l'échelle d'étude considérée, un bioclimat peut participer à expliquer la présence locale d'une plante, la distribution régionale d'une espèce, ou la répartition mondiale de biomes.

9. 1. Relation lumière-végétation

La lumière fournit aux plantes l'énergie nécessaire pour leur cycle de développement et leur nutrition. Les besoins en lumière varient avec les espèces, le cycle végétal et l'âge de la plante.

- On distingue 2 grandes catégories d'espèces :

- **Les espèces d'ombre** : appelées les sciaphytes (**espèces sciaphiles**). Ces espèces vivent dans un milieu peu éclairé. Ex : le sapin et le hêtre.

- **Les espèces de lumière** : *appelées les héliophytes (espèces héliophiles)*. Ces espèces ne supportent pas l'ombre. Ex : les chênes et les pins.

➤ **La comparaison chlorophyllienne :**

- C'est la photosynthèse qui est responsable de la couleur verte des plantes, perçue par l'oeil humain et qui correspond aussi à la couleur que l'oeil voit le mieux.

- Au cours du jour, les feuilles des végétaux contiennent de la chlorophylle. Celle-ci absorbe une partie de l'énergie lumineuse du soleil pour transformer eau et dioxyde de carbone (CO₂) en sucre (glucose) dont les plantes se nourrissent.

- L'oxygène sera relâché dans l'atmosphère.

9.2. Relation température-végétation

- La température joue un rôle important dans la croissance des végétaux.

- Les végétaux sont sensibles aux balancements des températures et possèdent des accès d'indépendance thermique.

- Pour chaque espèce et chaque fonction, il existe un minimum, un optimum et un maximum thermique.

- Pour la grande majorité des espèces, les fonctions vitales sont bloquées en deçà de 0°C et au-delà de 50°C.

- Les différents groupes résistent de manières différentes aux extrêmes thermiques :

- Les hautes températures : ne sont pas nocives aux végétaux, mais l'aridité de certaines régions chaudes est due au manque de l'eau, c'est le cas des oasis.

- Les basses températures (le froid) : sont nocives aux végétaux.

- La résistance au froid varie beaucoup selon les espèces.

- La vernalisation est le mécanisme hormonal qui donne le signal de la floraison après la saison froide.

- La vernalisation de l'olivier est de 13°C.

- Les résineux sont mieux adaptés contre le froid : le mélèze peut supporter des températures de -60°C ; le pin d'alep -10°C .
- Le chêne zen supporte des minima absolus de -25°C ; Le chêne vert -14°C ; l'Eucalyptus -5°C , le chêne liège -9°C (1 à 2 jours seulement) ; l'alfa -15°C .

9.3. Relation l'eau (précipitation)-Végétation

- L'eau est indispensable à la vie des végétaux.
- Un arbre a besoin d'une certaine quantité d'eau pour vivre. Pour cela, il s'établit un équilibre permanent entre l'absorption et la transpiration.

La pluie représente le principal facteur de réserve en eau du sol. Sa quantité totale ainsi que sa répartition saisonnière déterminent la physionomie d'un couvert végétal.

- La relation entre la pluviosité et la répartition géographique des végétaux est évidente. Dans les régions bien arrosées, la végétation est abondante mais elle est absente dans les régions désertiques.

✓ Les plantes hygrophiles

Très exigeantes en eaux et vivent sur un sol saturé en eau (la forêt équatoriale, la mangrove).

✓ Les plantes xérophiles

Les besoins en eau sont insuffisants. La plante doit réduire sa transpiration ou augmenter ses capacités d'absorption. Plantes agréables : le cactus, les agaves, certaines espèces de la région méditerranéenne.

✓ Les plantes mésophiles

Les besoins en eau sont suffisants selon les saisons (périodes pluvieuses et périodes sèches). Forêts tempérées, les forêts des Conifères.

9.4. Relation Vent-Végétation

L'action du vent est capitale sur le couvert végétal.

Le vent agit sur les paramètres climatiques :

- Sur la température : vents chauds (sirocco), vents froids (mistral).
- Sur l'humidité : vents secs, vents humides pouvant provoquer des pluies sur le relief.
- Le vent peut modifier la forme du végétal : en coussinet, en drapeau où les rameaux ne se développent que des côtés sous le vent.

