

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Mohamed BOUDIAF - M'Sila

Faculté des Sciences

Département des Sciences Agronomiques



Notes de cours

sur

La climatologie

Niveau d'étude : 1^{ère} année (Cycle ingénieur),

Matière d'UEM (code : UEM 1.2) à volume horaire global de 45h00

Crédits = 2, Coefficient = 2

Pr Abdelghani ZEDAM

Année Universitaire 2023 / 2024

Plan du cours de la matière : Climatologie

	page
Introduction	2
1- Généralités et définitions sur la climatologie	2
1-1-La climatologie	3
1-2- Climatologie et bioclimatologie	4
1-3- Météorologie	5
1-4- Le temps et les types du temps	5
1-5- Elément météorologique	5
2- Buts de la climatologie et démarche climatologique	5
3- Structure verticale de l'atmosphère	6
3-1- La Composition de l'atmosphère terrestre	6
3-2- La structure verticale de l'atmosphère	7
a- Troposphère	7
b- Stratosphère	7
c- Mésosphère	8
d- Thermosphère	8
4- Les facteurs climatiques	10
4-1- Les précipitations	11
a- Mesure des précipitations	13
b- Mécanismes de formation de la pluie	14
c- Certains phénomènes et concepts liés aux précipitations	15
c1- Les pluies efficaces	15
c2- La sécheresse	15
c3- Le bilan hydrique	17
c4- Le déficit pluviométrique	17
4-2- La température	17
a – Mesure de la température	18
b- Types de température	19
c- Certains concepts utiles liés à la température	19
c1- Le zéro de végétation	19
c2- Les unités thermiques de croissance (UTC)	20
c3- Le bilan thermique	21
c4-- Le thermopériodisme	21
c5- La vernalisation	22
4-3- Le vent	22
4-4- L'humidité atmosphérique	23
a- L'humidité absolue	23
b- L'humidité relative (<i>Hr</i>)	24
5 - Les facteurs déterminant le climat et l'intensité de ses composantes	24
6- Circulation générale des masses atmosphériques	25
7- Les indices climatiques	25
7-1- L'indice d'aridité de De Martonne	25
7-2- L'indice pluviométrique de Moral	26
7-3- L'indice d'aridité	27
8- Synthèse climatique	27
8-1-Le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson	27
8-2-Le quotient pluviométrique d'Emberger	28
8-3- Climagramme d'Emberger	28
9- Les travaux dirigés de la matière de Climatologie	29

La climatologie

Introduction

La planète « Terre » est formée d'un ensemble solide : la lithosphère qui est surmonté par des enveloppes fluides : l'hydrosphère (liquide et discontinue) et l'atmosphère (gazeuse et continue). Elles sont principalement, le lieu de développement des êtres vivants, ce qui explique en partie l'intérêt qu'on leur porte. L'étude de la variation à courte échéance des paramètres atmosphériques (tels que la température, la pression, les vents, la nébulosité, les précipitations, etc.), et la prévision de cette variation, est l'objet de la météorologie (du grec *meteos*, élevé dans les airs).

La connaissance des données météorologiques et par conséquent le climat d'une région donnée est primordial dans le domaine de la production agricole et les disciplines annexes (amélioration, prévention, développement agricole...). On réunit aussi bien les études portant sur la simple caractérisation du climat à des fins agricoles que celles qui cherchent à préciser statistiquement les relations entre les paramètres agronomiques (croissance, développement, rendement) et météorologiques (température, pluviométrie,...).

Aujourd'hui, en effet, le terme de **climat** désigne habituellement l'état physique de l'atmosphère à longue échéance, notamment sa température, avec un intérêt spécial pour l'eau qu'elle contient, sous forme de vapeur (hygrométrie), de liquide plus ou moins dispersé (nuages, brouillards, précipitations) ou de solide (grêle, neige).

1- Généralités et définitions sur la climatologie

Définition du climat : Ensemble des éléments qui caractérisent l'état moyen de l'atmosphère dans une région déterminée.

Le climat : qu'est que c'est ?

(- Klima= inclinaison. Cela fait référence au premier facteur explicatif de la géographie des climats : le rayonnement solaire et notamment son inclinaison (incidence) sur la surface terrestre.)

- climat = temps qu'il fait et temps qui passe. Les définitions usuelles contiennent ces deux notions et reposent sur la distribution statistique des conditions atmosphériques instantanées pour une période donnée. Théoriquement, le climat d'un espace repose sur la moyenne au

moins trentenaire des conditions atmosphériques définies par les températures, les précipitations, la pression atmosphérique, le vent etc.

1-1-La climatologie

La climatologie est la science du climat. Mais son domaine d'application n'est pas restreint au climat. Il s'agit d'une discipline beaucoup plus vaste. Elle emprunte à d'autres sciences des notions ou des résultats dont elle a besoin en faisant appel à des moyens techniques de plus en plus sophistiqués... On peut en citer quelques unes: toutes les sciences concernant l'atmosphère comme la physique, la chimie, mais également la biologie, l'agronomie, l'hydrologie, l'économie, l'informatique et surtout les statistiques pour le traitement et l'utilisation rationnelle des données.

Ne confondons pas « temps » et « climat ».

Le temps qu'il fait est l'état de l'atmosphère, enveloppe gazeuse de la terre, à un instant précis. La définition de cet état se base sur la température, les précipitations (pluie, neige), l'humidité, la direction et la force du vent, la couverture nuageuse etc. Le temps est observé quotidiennement dans les stations météorologiques et par les satellites.

Le climat se définit sur une longue durée.

Donc caractériser le climat d'une région de la terre revient souvent à déterminer, pour chaque saison, les conditions moyennes de température et de précipitation.

A celles-ci s'ajoutent les valeurs moyennes d'enneigement, de vent, d'humidité, bref tous les aspects des conditions météorologiques.

Cette définition est néanmoins incomplète car la fréquence des évènements particuliers (vague de chaleur, de froid, inondations etc.) est importante. En fait ce n'est pas seulement la moyenne mais aussi tous les écarts à cette moyenne, étudiés sur une longue durée, qui définissent le climat d'une région. Ceci permet de s'affranchir des fluctuations du temps d'une année à l'autre.

Les plantes sont le meilleur reflet des conditions climatiques d'une région : leur développement dépend très fortement de la répartition saisonnière de la température, de la luminosité et de l'apport en eau. Cependant elles peuvent supporter des écarts parfois important de chaleur, d'humidité ou de froid, ce qui fait que la végétation est représentative du climat et non des conditions météorologiques instantanées.

Le climat: c'est le type de temps qu'il fait à un endroit donné. Il se caractérise par les températures, les précipitations, les vents, la durée d'ensoleillement...

Les précipitations: c'est l'eau qui tombe du ciel (la pluie, la neige, la grêle...).

La météo: le service qui annonce le temps qu'il va faire (par extension, le temps qu'il fait ou qu'il va faire).

1-2- Climatologie et bioclimatologie

La climatologie est l'étude scientifique des climats (cause, variation, répartition, types, etc.).

C'est l'étude de l'ensemble des constituants de climats. Donc la climatologie est la science qui traite de divers états de l'atmosphère et de leur succession au-dessus de la terre; alors que la bioclimatologie, elle, étudie les effets ou les influences des climats sur les êtres vivants.

Climat

Le climat est l'ensemble des éléments qui caractérisent l'état moyen de l'atmosphère, dans une région déterminée pendant une longue période. Il se distingue de la météorologie qui désigne l'étude du temps à court terme et dans des zones ponctuelles.

Ainsi, si le temps représente l'état de l'atmosphère d'un lieu précis, en un moment donné (par conséquent, il varie d'un instant à l'autre et d'un lieu à l'autre), le climat serait en quelque sorte la moyenne des différents types de temps; par exemple, le climat d'une région, est la moyenne pendant 20- 30 ans des températures mensuelles et des totaux annuels de précipitations.

Le climat c'est aussi l'ensemble fluctuant des conditions atmosphériques caractérisé par les états et les évolutions du temps d'un domaine spatial déterminé.

C'est l'ensemble des phénomènes météorologiques (température, pression, vent, précipitation...) qui caractérisent l'état moyen de l'atmosphère et son évolution en un lieu donné.

Il est à noter que la température et les précipitations sont les principales grandeurs physiques qui caractérisent un climat donné; il s'agit d'une manière très simplifiée, de déterminer dans une région donnée, pour chaque saison, les conditions de température et de pluviosité, ainsi que les variabilités de ces paramètres « régime climatique ».

Aussi, la végétation présente l'intérêt d'être un indicateur assez fiable pour traduire à des échelles spatiales relativement grandes, le climat ; c'est la notion du climax qui stipule qu'un climat donné est traduit par une formation végétale stable, en équilibre avec lui, idéalement, une forêt « climax parfait » .

1-3- Météorologie

Science de l'atmosphère (Atmosphère : masse d'air qui entoure la terre /G. Oscar Villeneuve 1980, Unité de pression, numériquement égale au poids d'une colonne cylindrique de mercure ayant pour hauteur 76 cm et ayant pour base 1cm^2).

1-4- Le temps et les types du temps

Temps : A un moment déterminé, état de l'atmosphère défini par les éléments météorologiques.

Type de temps : Répartition particulière de systèmes de pression et de masses d'air sur une région géographique déterminée, associée à des caractères généraux typiques du temps.

1-5- Elément météorologique

Variable ou phénomène atmosphérique qui permet de caractériser l'état de temps en un endroit déterminé et à un moment donné (température de l'air, pression, vent, humidité, orage, brouillard, etc..).

2- Buts de la climatologie et démarche climatologique

La climatologie a essentiellement pour but:

- a) l'analyse des éléments météorologiques qui constituent le climat,
- b) la recherche des causes qui expliquent les différents climats et les fluctuations qui les accompagnent,
- c) l'étude de l'interaction du climat et des sols, des matériaux, des êtres vivants, des techniques et de l'activité économique et même sociale.

Dans la démarche climatologique, on distingue plusieurs phases associées à ces différents buts:

- 1) la climatologie descriptive (ou analytique): c'est l'étude géographique des conditions météorologiques caractérisant chaque région. Elle permet, à partir d'observation, à la description des évolutions de l'atmosphère aux différents points du globe,

2) la climatologie explicative (ou synthétique): elle consiste à étudier les propriétés et l'origine des fluctuations ou des événements climatiques avec une interprétation physique ou dynamique. Elle englobe ainsi:

La climatologie physique: qui tente à mettre en évidence des mécanismes physiques du comportement atmosphérique, à partir d'un jeu de données d'observation,

La climatologie dynamique: qui consiste à retrouver ce que révèle l'observation par tous les moyens appropriés et en particulier par la modélisation numérique. C'est une branche théorique de la climatologie basée sur nos connaissances de la mécanique des fluides, de la turbulence, des transferts énergétiques, des conditions régissant les échanges entre milieux différents ... et sur les résultats des statistiques.

Le but de la climatologie dynamique est de mieux connaître les mécanismes de la circulation générale atmosphérique et les échanges énergétiques au niveau du système « Terre atmosphère » afin de mieux comprendre les variabilités ainsi que les changements du climat à longue échéance. La climatologie dynamique est un moyen de base pour l'élaboration de prévision à moyen et long terme (principalement la prévision saisonnière),

3- Structure verticale de l'atmosphère

L'atmosphère est la plus fine couche d'air qui enveloppe la Terre. Sans elle, la vie n'est plus possible sur notre planète. Elle désigne l'enveloppe gazeuse entourant la Terre solide. L'atmosphère protège la vie sur Terre en absorbant le rayonnement solaire UV, en réchauffant la surface par la rétention de chaleur (effet de serre) et en réduisant les écarts de température entre le jour et la nuit. L'étude de climat passe forcément par l'étude de l'atmosphère et ces composantes, c'est au niveau de cette enveloppe que se produisent les processus météorologiques.

3-1- La Composition de l'atmosphère terrestre

L'atmosphère terrestre est une couche de gaz entourant la terre. On considère que sa constitution est la suivante :

- 78 % d'azote (N_2)
- 21% d'oxygène (O_2)
- 1 % de gaz divers (Ar, CO_2 , ...)

La couche la plus éloignée de l'atmosphère monte jusqu'à 500 km d'altitude. Toutefois la partie la plus importante de l'atmosphère est groupée dans les basses couches. La partie dans laquelle les phénomènes météorologiques sont concentrés évolue entre 7 km d'altitude aux pôles et 15 km à l'équateur. La moitié de la masse de l'atmosphère est concentrée dans les 5 premiers kilomètres d'altitude et 90 % dans les 20 premiers. Les hautes couches présentent donc une densité très faible.

3-2- La structure verticale de l'atmosphère

En fonction de la répartition verticale des températures on distingue quatre couches dans les 500 premiers km de l'atmosphère : la troposphère, la stratosphère, la mésosphère et l'thermosphère.

a- Troposphère

La plus basse couche de l'atmosphère s'appelle la troposphère. Elle s'élève entre 8 km aux pôles et 16 km au dessus de l'Équateur. La frontière entre la troposphère et la stratosphère est la tropopause, délimitée par des températures qui se stabilisent. La température diminue avec l'augmentation de l'altitude de $0,60^{\circ}\text{C}$ tous les 100 m (parfois c'est $0,65^{\circ}\text{C}$), en moyenne, par suite de la raréfaction de l'air et de l'éloignement progressif du substrat. La troposphère est la plus dense des quatre couches de l'atmosphère et elle contient jusqu'à 75% de la masse de l'atmosphère. Elle se compose principalement d'azote (78%) et d'oxygène (21%) avec seulement de petites concentrations d'autre gaz en trace. Presque toute la vapeur d'eau ou humidité atmosphérique se trouve dans la troposphère. La troposphère est couverte par la tropopause, une région où la température est stable. La température de l'air commence alors à s'élever dans la stratosphère. Une telle augmentation de la température empêche beaucoup de convection d'air au delà de la tropopause, et par conséquent la plupart des phénomènes climatiques (y compris les nuages porteurs d'orages, les cumulonimbus) , sont confinés à la troposphère. C'est la couche la plus troublée, agitée sans cesse de mouvements verticaux et horizontaux.

b- Stratosphère

La stratosphère est la deuxième couche principale de l'atmosphère. Elle se trouve au-dessus de la troposphère et est séparée d'elle par la tropopause. Elle occupe la région de l'atmosphère d'environ 12 à 50 kilomètres, bien que sa limite inférieure est plus haute à l'équateur et plus basse aux pôles. La stratosphère définit une couche dans laquelle les températures s'élèvent avec l'augmentation de l'altitude. En haut de la stratosphère l'air mince peut atteindre des

températures près de 0°C. Cette élévation de la température est provoquée par l'absorption des rayons ultraviolets (UV) du Soleil par la couche d'ozone. Un tel profil de température crée des conditions atmosphériques très stables, et la stratosphère manque de la turbulence de l'air qui est si répandue dans la troposphère. En conséquence, la stratosphère est presque totalement exempte de nuages ou d'autres formes de temps. La stratosphère fournit quelques avantages pour le vol de longue distance parce qu'elle est au-dessus des temps orageux et a des vents forts, réguliers et horizontaux. La stratosphère est séparée de la mésosphère, qui se trouve au-dessus d'elle, par la stratopause.

c- Mésosphère

La mésosphère (littéralement sphère moyenne) est la troisième couche la plus élevée dans notre atmosphère, occupant la région de 50 kilomètres à 80 kilomètres au-dessus de la surface de la Terre, au-dessus de la troposphère et de la stratosphère, et au-dessous de la thermosphère. Elle est séparée de la stratosphère par la stratopause et de la thermosphère par la mésopause. Les températures dans la mésosphère chutent avec l'augmentation de l'altitude jusqu'à environ -100°C. La mésosphère est la plus froide des couches atmosphériques. En fait elle est plus froide que la plus basse des températures enregistrées en Antarctique. Il y fait assez froid pour geler de la vapeur d'eau en nuages de glace.

d- Thermosphère

La couche la plus haute est la thermosphère. La thermosphère commence à 90-100 km et va jusqu'à 1280 kilomètre l'altitude. La pression y devient presque nulle et les molécules d'air sont très rares. L'ultraviolet solaire de très courtes longueurs d'onde est absorbé entre 100 et 150 kilomètres d'altitude par l'oxygène moléculaire. La température augmente avec l'altitude et se maintient jusqu'à un niveau appelé "thermopause" situé de 250 kilomètre à 500 kilomètres suivant l'activité solaire comme après cette la thermopause la température oscille entre 300°C et 1600°C suivant l'énergie reçu par le Soleil. Les températures sont élevées, mais comme la densité de matière est extrêmement faible il ferait très froid pour nous puisque les quelques molécules d'air ne sont pas assez pour transférer une chaleur convenable pour nous. La thermosphère est la région où près des pôles se forment les aurores boréales et australes.

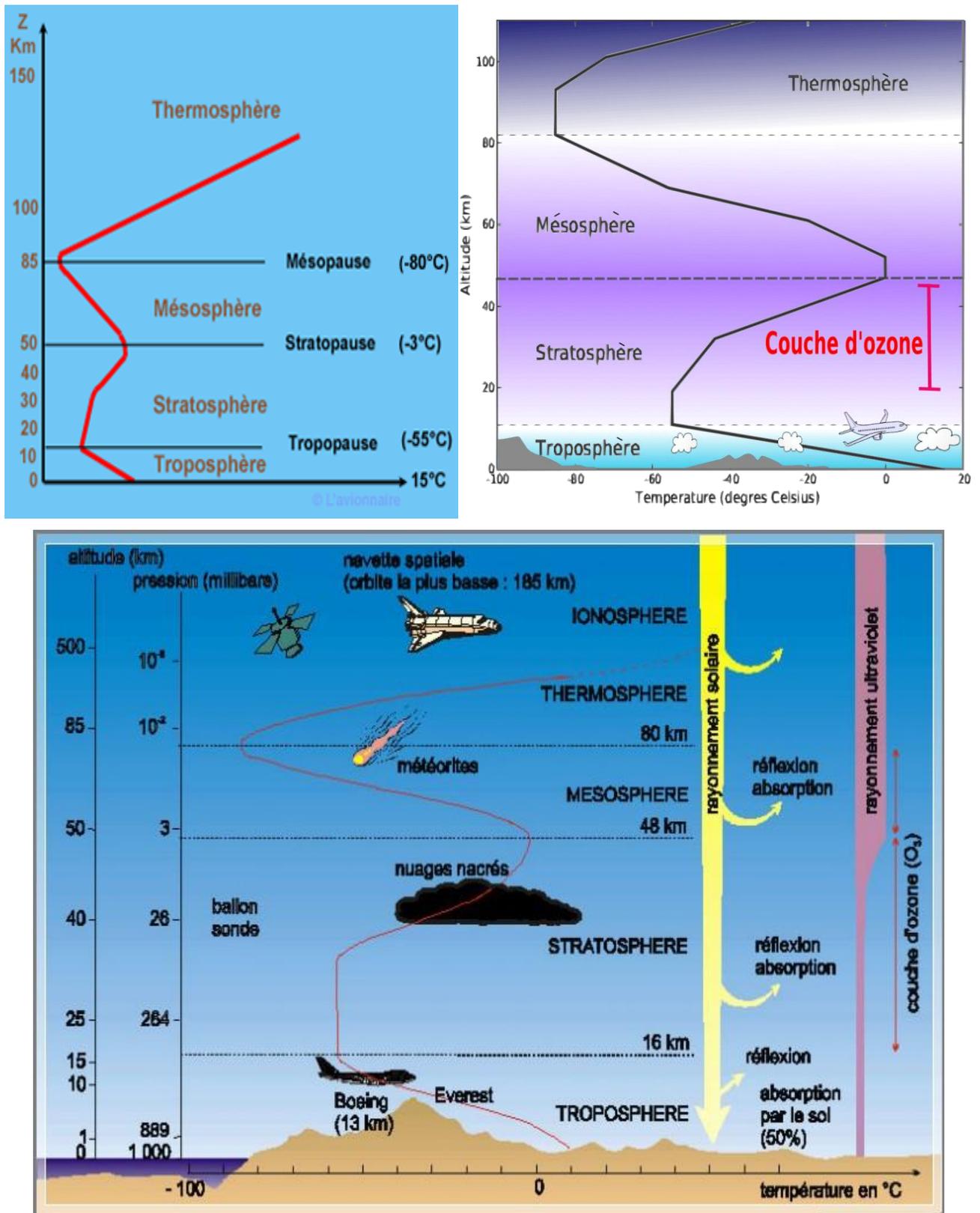


Figure 1 : Variation de la température dans les couches de l'atmosphère

Pour plus de détail sur l'atmosphère et des questions qui nous viennent l'esprit il faut voir la vidéo ci-dessous : Tout comprendre sur l'atmosphère

<https://www.youtube.com/watch?v=ErKJv0FmgG4>

Pour une culture générale sur la rotation (apparition du jour et de la nuit) et la révolution de la terre (la succession des saisons) et tous ça en rapport avec la lumière solaire il faut voir la vidéo ci-dessous : pourquoi y a-t-il des saisons ?

<https://www.youtube.com/watch?v=Ps1UPv4ETRk>

4- Les facteurs climatiques

Les facteurs climatiques d'intérêt sont toutes des grandeurs physiques mesurables qui sont utilisées à caractériser les conditions du milieu. Exemple: température de l'air, précipitations, évaporation, vitesse du vent,... Ces éléments du climat représentent l'état d'atmosphère et qui permettent de caractériser l'état de temps en un endroit déterminé et à un moment donné mais pour une caractérisation climatique d'une région déterminée c'est la moyenne des différents types de temps : moyenne pendant 20- 30 ans des températures mensuelles et des totaux annuels de précipitations ...

Remarque: d'autres éléments ne font pas l'objet de relevés systématiques dans les stations climatiques, exemple : champ électrique de l'atmosphère, radioactivité de l'air mais ils interviennent dans la caractérisation climatique.

Donc la détermination du climat est effectuée à l'aide de moyennes établies à partir de mesures statistiques annuelles et mensuelles, sur des données atmosphériques locales : température, pression atmosphérique, précipitations, ensoleillement, humidité, vitesse du vent.

Les mesures se font dans les stations météorologiques, par le biais d'instruments spécifiques.

L'étude des éléments du climat et leur évolution utilise aussi des satellites artificiels spécifiques au domaine de la climatologie.

Le système climatique n'est que l'ensemble des interactions dans la biosphère de la Terre entre l'atmosphère, l'hydrosphère et la lithosphère, qui détermine le climat de la planète sous l'effet du rayonnement solaire. Les instruments et les unités de mesure des éléments du climat sont illustrés dans le tableau 1 ci-dessous.

Tableau 1 : Les instruments et les unités de mesure des éléments du climat

Eléments du climat	Instruments de mesure	Unités de mesure
Température	Thermomètre ou thermographe	°C (degré Celsius) °K (degré Kelvin) °F (degré fahrenheit). $T(^{\circ}\text{F}) = 1,8 T(^{\circ}\text{C}) + 32$ $T(^{\circ}\text{K}) = T(^{\circ}\text{C}) + 273$
Pluviométrie	Pluviomètre	mm
Vitesse du vent	Anémomètre	Km/h ; m/s
Humidité relative	Hygromètre	pas d'unité :%
Intensité lumineuse	Luxmètre	Lux
Pression atmosphérique	Baromètre	Pascal (Pa) 1 Atm = 105 Pa = 760 mmHg 1 Bar \approx 105 Pa 1 Bar = 0,986923 Atm

4-1- Les précipitations

L'eau est un composé qu'on rencontre dans la biosphère et sous ses trois formes : liquide, solide et gazeuse.

L'eau circule à la surface du globe et présente un cycle bien défini. Au niveau du sol, on constate qu'il y a des apports et des pertes.

- Les apports : précipitations (pluie, neige, grêle, rosée, gel, brouillard) et irrigation.
- Les pertes : Ruissellement- infiltration, drainage et évaporation.

Il est connu que tous les nuages n'apportent pas de précipitations. Le diamètre des gouttelettes de pluie indique des informations importantes :

- Les gouttelettes de nuages avant condensation présentent des diamètres de 10 à 25 μm et bien moins.
- Les gouttelettes de pluie présentent des diamètres de 500 à 3000 μm .

Les précipitations sont les différentes formes par lesquelles l'eau contenue dans l'atmosphère retombe sur la Terre sous forme liquide (pluies, rosées), sous forme solide (neige, glace, givre, grêle, grésil) et sous forme gazeuse (brouillard).

Les précipitations sont donc les formes diverses que prend la vapeur d'eau condensée (pluie, neige, grêle) tombant sur une région. On mesure les précipitations à l'aide du pluviomètre, il est gradué en « mm ».

On dresse les cartes de précipitation en se servant des lignes isohyètes (lignes joignant les points recevant le même annuel ou mensuel de précipitation).

Les précipitations constituent avec la température les éléments les plus importants qui définissent le climat d'un lieu donné. Ils ont une grande influence sur la vie de l'homme et des animaux ainsi que sur les économies des pays.

D'après certains auteurs, rien qu'avec le cumul annuel des précipitations on peut classer les climats en:

- Climat désertique : RR < 120 mm
- Climat aride : 120 mm < RR < 250 mm
- Climat semi aride : 250 mm < RR < 500 mm
- Climat modérément humide : 500 mm < RR < 1000 mm
- Climat humide : 1000 mm < RR < 2000 mm
- Climat excessivement humide: RR > 2000 mm

Mais les précipitations sont caractérisées non seulement par leur quantité, mais aussi par: leur nature physique (pluie, neige, grêle, grésil...), leur fréquence (une fois par ans ou 100 fois par an ?!), leur durée de chute (dix minute ou 24 heures?!), leur intensité (10mm/heure ou 100mm/heure?!), leur répartition dans le temps (exp. jours successifs) et dans l'espace (échelle locale ou synoptique ?!). Cet ensemble de caractéristiques influence sur l'absorption du sol, le drainage, les crues des cours d'eau, l'utilité agricole, la sécurité humaine, etc.

Pour plus de détail sur les zones climatiques voir la vidéo ci-dessous :

<https://www.youtube.com/watch?v=Iglez6PcfG8>

Remarques: (en général)

Les quantités des précipitations augmentent en se rapprochant de la mer (à latitude égale). Elles augmentent avec l'altitude: les cartes des précipitations coïncident avec celles hypsométriques (cartes d'altitude).

Au relief, les versants "au vent" sont plus arrosés que les versants "sous le vent" (pour des pentes assez élevées. Bien entendu, pour des vents apportant de l'air humide.

La distribution des précipitations à la surface du globe est caractérisée par:

- entre 20S et 20N : fortes précipitations (1500 mm - 3000 mm)
- entre 20 et 30° de latitude : zones sèches (< 200 mm) avec quelques régions pluvieuses.
- entre 30 et 40° de latitude : entre 400 et 800 mm
- aux hautes latitudes > 70°: faibles précipitations (< 200 mm)

Les précipitations représentent une hauteur d'eau recueillie par unité de temps. On exprime les précipitations en hauteur de la lame d'eau précipitée par unité de surface horizontale (mm). Si l'on rapporte cette hauteur d'eau à l'unité de temps, il s'agit d'une intensité (mm/h) :

$$1 \text{ mm} = 1 \text{ l/m}^2 = 10 \text{ m}^3/\text{ha}$$

a- Mesure des précipitations

La mesure des précipitations varie selon certains facteurs comme : déplacement de la perturbation, lieu de l'averse, influence de la topographie, vent ... La mesure n'est pas chose facile.

La quantité des précipitations qui tombent durant un laps de temps est exprimée en mm : c'est la hauteur des précipitations.

On définit son intensité comme la hauteur d'eau précipitée par unité de temps (mm/h).

La précision est de l'ordre de 0,1mm. L'enregistrement des pluies en général, et des averses en particulier, se fait au moyen de divers appareils de mesure. Les plus classiques sont les pluviomètres (Fig. 2) et les pluviographes. Il existe aussi les méthodes radar et la télédétection.

- Le pluviomètre :

Il indique la quantité d'eau totale précipitée et recueillie à l'intérieur d'une surface calibrée dans un intervalle de temps séparant deux relevés.

Figure 2 : Pluviomètre gradué
(<https://www.larecolte.fr/meteorologie>)



- Le pluviographe :

C'est un instrument captant les précipitations de la même manière que le pluviomètre mais avec un dispositif permettant de connaître, en plus de la hauteur totale des précipitations, leur répartition dans le temps c'est-à-dire leurs intensités.

b- Mécanismes de formation de la pluie

Pour la formation de la pluie il faut :

- Condensation ; changement de l'état gazeux à l'état liquide ;
- Condition pour la condensation: l'air doit être saturé or proche de saturation + noyaux de condensation ;
- Noyaux de condensation : ce sont des particules d'aérosols comme poussières, sels, pollution dont la taille des aérosols varie de 10^{-3} à $10\ \mu\text{m}$.

Le mécanisme de formation de la pluie a lieu dans les nuages où les gouttelettes d'eau liquide (sous forme de vapeur) coexistent avec les cristaux de glace (noyaux glaçogènes). Les cristaux bénéficient d'une condensation plus rapide (principe de la paroi froide) et se nourrissent de la vapeur d'eau contenu dans l'air ambiant.

Les gouttelettes liquides ne grossissent pas et peuvent perdre une partie de leur eau par évaporation.

Quelque soit la quantité d'eau recueillie au sol sous un nuage pluvieux au cours de son évolution et le plus souvent supérieure à la quantité d'eau condensée dans le nuage : il faut admettre que ces nuages régénèrent leur contenu en eau grâce à un emprunt de vapeur d'eau qui ne peut venir que du bas.

Tous les facteurs qui contribuent à l'ascendance de l'air et à son refroidissement sont aussi responsables de la saturation et des précipitations assez importantes.

La publication des données climatiques en général et des données pluviométriques plus précisément est du ressort de l'office national de météorologie (ONM) qui est sous la tutelle du Ministère des transports en Algérie. Les données sont payantes et ne peuvent être communiquées à des tiers.

Ces données climatiques sont sous forme d'annuaire d'informations où on rencontre entre autre les résultats suivants :

- Hauteur pluviométrique journalière,
- Hauteur pluviométrique mensuelle,
- Hauteur pluviométrique annuelle,
- Module pluviométrique annuel moyen (moyenne arithmétique des hauteurs de précipitations annuelles).
- La fraction pluviométrique mensuelle (rapport entre le module annuel et le module mensuel considéré).
- Les moyennes, le nombre moyen de jour de pluie, la variabilité des précipitations et des jours de pluie.
- Les cartes de pluviométrie mensuelle et annuelle : traçage des isohyètes.

Exemple :

- Soit 01mm de pluie (h) recueillie dans un pluviomètre de base ronde (la forme ronde permet d'éviter les coins ce qui diminue les percolations et les adsorptions).

- La surface de la base est celle d'un cercle : $S = \pi R^2$ (avec R : rayon du cercle)

Et déduire ainsi le volume d'eau en mm = S. h et le transformé en litre ou en mètre cube.

NB : la surface du pluviomètre est prise en compte si on veut rapporter nos données par are ou par hectare ou à la surface d'une parcelle donnée de culture.

c- Certains phénomènes et concepts liés aux précipitations**c1- Les pluies efficaces**

Techniquement les pluies efficaces ou précipitations efficaces sont la différence entre les précipitations et l'évapotranspiration réelle, et exprimée en mm. Les précipitations efficaces peuvent être calculées directement à partir des paramètres climatiques et de la réserve facilement utilisable (RFU). L'eau des précipitations efficaces est répartie, à la surface du sol, en deux fractions : le ruissellement et l'infiltration.

$$\boxed{\text{Précipitations totales}} - \boxed{\text{Evapotranspiration}} = \underline{\underline{\text{Précipitations efficaces}}}$$

(transpiration + évaporation) (ruissellement + infiltration)

c2- La sécheresse

La sécheresse se définit comme étant l'état d'un environnement confronté à un manque d'eau liquide significativement long et important pour qu'il ait des impacts sur la flore, la faune et les sociétés. La sécheresse ne doit pas être confondue avec aridité.

C'est un phénomène climatique qui se caractérise par des niveaux anormalement bas d'eau dans les sols, les cours d'eau, les lacs et les nappes phréatiques.

La sécheresse est généralement provoquée par la conjonction de plusieurs facteurs : une diminution importante des précipitations et des apports d'eau dans un écosystème sur une période prolongée, parfois combinée à évaporation excessive due à des températures élevées et une faible humidité. La sécheresse peut être aggravée par d'autres problèmes écologiques comme l'artificialisation des sols.

Elle est un problème écosystémique important, qui a conséquences négatives sur le fonctionnement des milieux naturels et sur les activités des sociétés humaines. En effet, en période de sécheresse, les espèces vivantes et la biodiversité sont affectées et fragilisées. Des secteurs comme l'agriculture ou la production énergétique sont également menacés par les

épisodes de sécheresse. À l'extrême, le manque d'eau peut s'avérer extrêmement dangereux pour la santé des populations et le fonctionnement des systèmes économiques et sociaux humains.

Différents types de sécheresses

La sécheresse est un phénomène qui peut prendre plusieurs formes, selon ses causes et les conséquences qu'elle produit sur les écosystèmes ou les systèmes humains. On distingue par exemple trois grands types de sécheresses :

- Les sécheresses météorologiques, liées à l'absence prolongée de pluie sur un territoire
- Les sécheresses édaphique, liées au manque d'eau et d'humidité dans les sols (et qui sont souvent liées en partie à des sécheresses météorologiques)
- Les sécheresses hydrologiques, caractéristiques d'un déficit d'eau dans les cours d'eau, des nappes ou des réserves (les retenues). Elles peuvent être liées à une sécheresse météorologique mais aussi à une sur-utilisation (ou une mauvaise gestion) des ressources en eau.

Ces différents types de sécheresses sont fréquemment liés les uns aux autres.

Les causes de la sécheresse

Les causes des sécheresses sont donc également multiples. Au départ, une sécheresse est souvent le résultat de conditions météorologiques particulièrement sèches. En d'autres termes, les épisodes de sécheresse souvent d'abord des sécheresses météorologiques : la pluviométrie est alors insuffisante, ce qui peut provoquer un déficit d'eau dans les sols (sécheresse édaphique) et dans les cours d'eau et réserves (sécheresse météorologique). Dans un contexte de réchauffement climatique, qui modifie considérablement les pluviométries mondiales, on observe une hausse des sécheresses météorologiques dans de nombreuses régions du monde.

Toutefois, il existe d'autres causes ou facteurs aggravants des sécheresses. Par exemple, les sécheresses peuvent être provoquées ou aggravées par les phénomènes de chaleurs extrêmes et les canicules, qui favorisent l'évaporation et l'évapotranspiration. La déforestation, en augmentant également l'évaporation, peut aussi accentuer les sécheresses. L'artificialisation des sols, qui empêche les eaux de pénétrer en profondeur dans les sols, favorise les sécheresses édaphiques.

La surexploitation des ressources en eau (pour l'agriculture, la production énergétique, l'industrie, usages domestiques) peut aussi provoquer des sécheresses localement.

Le plus souvent, c'est la conjonction de ces phénomènes qui provoque des sécheresses, plus ou moins chroniques, dans les différentes régions du monde. Évidemment, les risques de sécheresse varient en fonction des contextes locaux, des spécificités écosystémiques et météorologiques locales, etc.

c3- Le bilan hydrique

Le bilan hydrique ou « concept de balance » exprime l'équilibre des changements entre toutes les ressources en eau (précipitations, ruissellement) qui entrent dans un système (stockage) et celles qui le quittent (évapotranspiration), par rapport à une zone et à une période de temps.

c4- Le déficit pluviométrique

Le déficit pluviométrique signifie la variabilité interannuelle des précipitations où sa détermination est la mise en évidence par comparaison du cumul moyen des précipitations mensuelles, saisonnières ou annuelles. Il se traduit par les variations des quantités de précipitations par rapport à la moyenne. Si le bilan est négatif et persiste dans le temps c'est la sécheresse qui se manifeste.

4-2- La température

La température est une grandeur physique permettant de repérer l'énergie thermique d'un corps quelconque.

Elle est liée à sa capacité à céder ou à recevoir de l'énergie des corps environnants. C'est un repère et non une grandeur additive.

Il existe plusieurs échelles pour mesurer cette grandeur :

➤ Echelle Celsius (°C) : les valeurs repères sont le 0°C et 100 °C et qui correspondent à la glace fondante et à l'eau bouillante.

➤ Echelle Fahrenheit (°F) : afin d'éviter les valeurs négatives, il a été pris comme repère du 0°F la température la plus basse enregistrée et obtenu à l'époque à Stockholm (Suède) soit -18°C. Il a été donné ainsi 100 °F pour la température du corps humain (37°C), 32°F pour la température de congélation de l'eau et 212°F pour la température de l'eau bouillante.

➤ Echelle thermodynamique ou Echelle Kelvin (K) : le zéro absolu pour cette échelle fait référence à la température nulle c'est à dire « 0 K » correspondant à la température la plus basse enregistrée et obtenue soit - 273,15 °C et qui correspond à la limite thermique infranchissable universelle et c'est le niveau auquel tous les atomes constituant la matière sont immobiles à l'échelle microscopique c'est à dire la température à laquelle les molécules et atomes d'une substance quelconque ne génèrent aucune énergie cinétique.

NB/ Il n'existe pas de températures négatives dans l'Echelle Kelvin (K).

Donc la température (K) = 273,15 + température (°C)

Et la température (°C) = la température (K) - 273,15

Attention de confondre les notions de température et chaleur et qui sont des notions distinctes. La chaleur est une forme d'énergie alors que la température n'est qu'un indicateur de l'état thermique résultant de l'agitation moléculaire.

➤ Exemple à retenir : La conductibilité thermique d'un sol est d'autant plus forte que son contenu en eau est élevé.

Elle varie linéairement en fonction de l'humidité volumique entre le point de flétrissement permanent et la capacité au champ.

Ceci est une information capitale en agronomie en raison que le sol demeure toujours source de contamination des bio-agresseurs notamment les champignons et les insectes qui recherchent des températures favorables à leurs développements avec des taux d'humidité relativement importants.

a – Mesure de la température

La température est un paramètre essentiel qui conditionne toutes les activités physiologiques et les réactions chimiques (inhibition de la photosynthèse, activité enzymatique, respiration ...). La température de l'air dépend: du rayonnement solaire, de la pression de l'atmosphère et de sa composition en gaz.

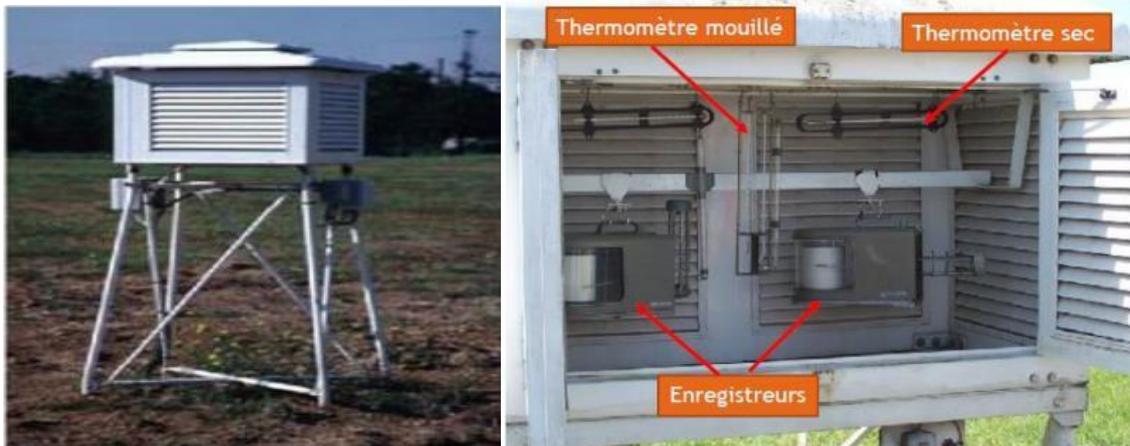
Pour la mesurer on utilise un thermomètre qui se base sur le principe de la dilatation d'un corps placé dans un tube fin (qui amplifie l'effet de dilatation). Il existe des thermomètres à alcool pour les mesures des extrêmes (max et min), le thermomètre à mercure, et enfin, les thermomètres électroniques.

La température est mesurée à l'ombre, dans un abri météorologique (Fig. 3) à une hauteur de 1,50 mètre. Le choix de ce niveau revient au fait que l'air s'échauffe en contact direct avec le sol. Ainsi, la température est max près du sol, elle s'affaiblit en s'élevant avec un gradient fort près du sol. Ce gradient devient nul près de 1,50 m. La température est un paramètre incontournable ayant un grand impact sur le climat car il entre dans l'évapotranspiration et l'estimation du bilan hydrique.

L'abri météorologique de STEVENSEN (Fig. 3) est une boîte en bois ou en métal, qui ne conduit pas la chaleur, placée à 1,50 m du sol. Les parois de l'abri sont faites de lattes blanches pour réfléchir le rayonnement solaire et laisser passer l'air :

Les lattes de l'abri permettent la circulation de l'air.

- La couleur blanche de l'abri sert à réfléchir les rayons du soleil, ce qui empêche que l'abri se réchauffe et que les données soient faussées.
- Aussi, l'ouverture de l'abri est orientée vers le nord puisque les rayons du soleil ne proviennent jamais de cet endroit.



**Figure 3 : Abri météorologique de STEVENSEN (1864)
pour la prise des mesures de la température de l'air**

b- Types de température

- La température minimale (T_{min}) qui se produit vers le levé du soleil.
- La température maximale (T_{max}) qui se produit vers le midi-soleil.
- La température moyenne journalière (T_{moy}) : elle est prise comme la moyenne de la température maximale T_{max} diurne et de la température minimale nocturne T_{min} :

$$T_{moy} = (T_{max} + T_{min}) / 2.$$

c- Certains concepts utiles liés à la température

c1- Le zéro de végétation

Chaque plante a ses températures optimales pour pousser et se développer. Le zéro de végétation correspond à la température minimale en dessous de laquelle la plante s'arrête de croître. En comprenant les besoins des plantes, il est donc possible de les planter au meilleur moment afin qu'elle ait des températures idéales tout au long de la croissance et donner des rendements meilleurs.

Tableau 2 : Zéro de végétation de quelques cultures

Culture	Germination			Croissance des Plants	
	T° mini	T° optimale	Temps de levée	T° idéale de croissance	zéro de végétation
Laitue	5°	15°	5 à 8 jours	20°	3°
Ail	8°	15°	10 jours	20°	1°
Oignon	10°	15°	6 à 10 jours	20°	1°
Fenouil	12°	18°	6 à 8 jours	22°	5°
Fève	8°	18°	8 à 10 jours	19°	5°
Navet	7°	19°	4 à 8 jours	19°	1°
Poireau	12°	19°	8 à 12 jours	20°	2°
Carotte	7°	20°	10 à 15 jours	18°	9°
Pommes de terre	10°	20°	15 jours	20°	7°
Betterave	10°	20°	8 à 10 jours	22°	6°
Artichaut	15°	21°	8 jours	22°	5°
Tournesol	8°	24°	8 à 10 jours	25°	5°
Haricot	16°	25°	6 à 8 jours	24°	11°
Tomate	16°	25°	6 à 8 jours	22°	12°
Pastèque	20°	25°	10 jours	25°	12°
Patate douce	20°	25°	15 jours	25°	15°
Courgette	21°	25°	6 à 8 jours	24°	8°
Poivrons/piments	18°	26°	8 à 10 jours	24°	8°
Courge	21°	26°	4 à 8 jours	24°	16°
Concombre	16°	26°	8 à 10 jours	24°	15°
Maïs	16°	27°	6 à 8 jours	24°	6°
Aubergine	21°	27°	5 à 10 jours	25°	12°
Melon	24°	27°	5 à 8 jours	24°	12°

c2- Les unités thermiques de croissance (UTC)

Pour qu'une plante se développe c.-à-d. accomplir son cycle annuel de vie pour les plantes annuelles (de la graine à la graine : Semis – levée – montée – floraison – maturation) et pour les plantes vivaces (pérennes) : du bourgeon à la graine, il faut un cumul de températures actives supérieures au zéro de végétation et qui sont appelées : *Unités thermiques de croissance*.

Autrement dit les unités thermiques de croissance (UTC) sont calculées quotidiennement à l'aide des températures maximale et minimale afin de tenir compte de la réaction négative d'une culture à des températures plus élevées ou plus basses. C'est l'amplitude moyenne de chaleur climatique disponible pour la croissance agronomique d'une culture dans une région. Les valeurs d'UTC s'accumulent uniquement durant la saison de croissance.

Des exemples d'unités thermiques de croissance sont montrés dans le tableau 3 ci-dessous.

Tableau 3 : Unités thermiques de croissance de quelques cultures

Culture	Unités thermiques (°C)
Blé	2350
Lin	1450
Citronnier	4000 à 4500
Palmier dattier	4700 à 5000
Pomme de terre	1500 à 1700
Tomate	1800 à 2000
Orge	1600 à 2000
Haricot	2300 à 4000
Coton	3600 à 4000
Tournesol	2600 à 2800
Betterave à sucre	2400 à 2700

c3- Le bilan thermique

Pour dresser le bilan thermique il faut savoir que les rayons provenant du soleil enferment deux types d'énergie : Energie lumineuse et énergie calorifique (chaleur). Pour plus de détail sur le bilan thermique voir la vidéo ci dessous.

<https://www.youtube.com/watch?v=34oua7cIcso>

c4- Le thermopériodisme

Notion de thermoperiodisme désigne la sensibilité des végétaux à la thermoperiodicité journalière (entre le jour et la nuit), annuelle (entre les saisons) et les réactions qu'elles entraînent. L'alternance des températures au cours de l'année est un facteur essentiel du rythme annuel de croissance et intervient indirectement comme une cause déterminante dans le changement d'états physiologiques de la plante. La thermoperiodicité journalière joue un rôle important dans la vie de la plante, le refroidissement nocturne entraîne une amélioration de sa croissance et un développement important des racines mais il n'est bénéfique que s'il est associé à une faible intensité lumineuse. Cette faveur s'explique par le fait qu'elle provoque un ralentissement des activités foliaires au profit des activités racinaires. Ceci est convenable dans la mesure où les enzymes ne réagissent pas toutes de la même façon à la température et ont des optimums thermiques différents.

c5- La vernalisation

La vernalisation est une période de froid subie par une plante nécessaire pour la faire passer du stade végétatif au stade reproductif, c'est-à-dire pour enclencher la floraison et comme exemple pour les céréales c'est la stimulation du tallage.

La vernalisation et la stratification sont deux notions différentes, bien que souvent confondues, la vernalisation est le phénomène biologique qui permet l'induction florale, alors que la stratification est un procédé technique permettant de lever la dormance, elle permet d'imiter artificiellement les conditions hivernales pour démarrer la germination.

4-3- Le vent

Le vent est le résultat de la différence de pression entre 02 zones voisines qui crée un mouvement d'air vers les basses pressions (Fig. 4). Ce mouvement qui provoque le déplacement des masses d'air au dessus des surfaces et transporte ainsi les caractères climatiques.

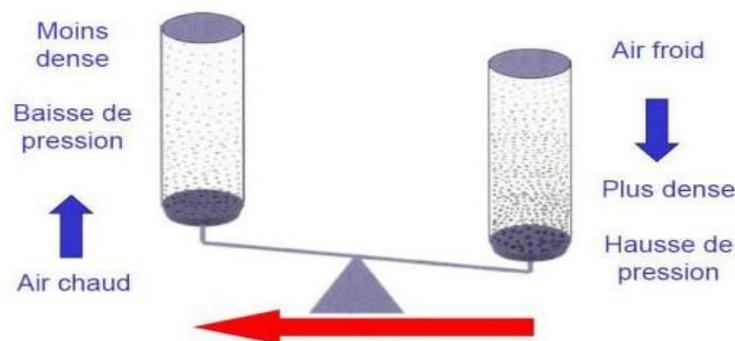
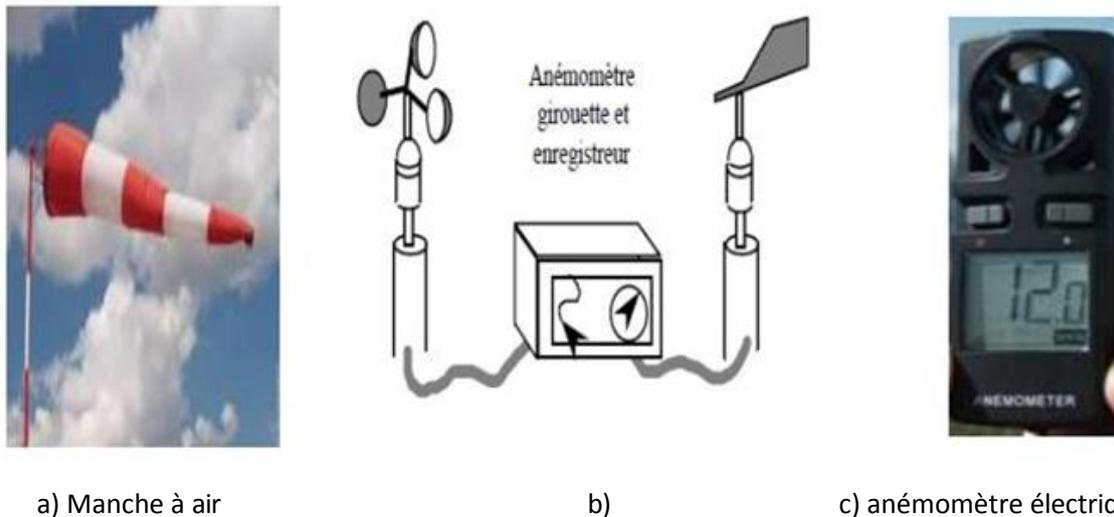


Figure 4 : Le principe de création du vent

L'appareil de mesure du vent est l'anémomètre à 03 coupelles fournissant des indications suffisantes sur la vitesse moyenne journalière du vent. Sa direction est déterminée à l'aide d'une girouette ou d'une manche à air (Fig. 5). Il existe aussi l'anémomètre électrique.

Les unités de mesure sont : Km.h^{-1} , m.s^{-1}



a) Manche à air

b)

c) anémomètre électrique

Figure 5: Appareils de mesure de la vitesse du vent

Pour plus de détail sur le vent voir la vidéo ci-dessous : d'où vient le vent ?

<https://www.youtube.com/watch?v=eYmziOFWcKc>

4-4- L'humidité atmosphérique

L'air contient de l'eau sous forme de vapeur (eau à l'état gazeux). On parle d'« air humide » ou d'« atmosphère humide ». La quantité de vapeur d'eau contenue dans un volume d'air est décrite par un paramètre appelé : « pression partielle de vapeur d'eau de l'air ».

La teneur en humidité influence fortement les êtres vivants. Lorsque l'air ne contenant aucune trace d'humidité, il est appelé "air sec", à l'inverse un air contenant 100 % d'humidité est appelé "air saturé".

Plus la température de l'air est faible, moins le volume d'air peut contenir de vapeur d'eau. Et inversement, plus la température de l'air est élevée, plus le volume d'air peut contenir de vapeur d'eau. Autrement dit, un volume d'air chaud donné peut contenir plus de vapeur d'eau que le même volume d'air froid.

a- L'humidité absolue

L'humidité absolue est la quantité en grammes de vapeur d'eau [g vapeur/kg air sec] présente dans un volume d'air sec donné (1m^3) et sa valeur reste constante même si la température de l'air varie en restant supérieure à la température du point de rosée (c'est la température où la vapeur d'eau contenue dans l'air commence à se condenser dans l'air). La vapeur contenue dans une masse d'air est invisible, mais si on sature d'humidité de l'air sec au-delà d'une certaine limite on voit apparaître du brouillard et de la condensation, l'eau forme

alors des gouttelettes en suspension dans l'air, on dit alors que l'air est saturé.

b- L'humidité relative (Hr)

Elle s'exprime en pourcentage (%) et correspond au rapport, entre la quantité d'eau que contient l'air (humidité absolue) et la quantité maximale qu'il peut contenir pour une température donnée et ceci avant de se condenser. Les variations de la température influencent directement l'humidité relative, de sorte que l'humidité relative baisse quand la température s'élève et vis versa.

L'humidité relative de l'air est exprimée en pourcentage (%).

$$\text{Humidité relative} = \frac{\text{Pression partielle de vapeur d'eau de l'air}}{\text{Pression de vapeur saturante de l'air à cette température}}$$

$$Hr = 100 \frac{e_a}{e(T_a)}$$

e_a : tension de vapeur (pression partielle de la vapeur d'eau).

$e(T_a)$: tension de vapeur saturante à T_a

$$e(T) = 6.1078 * \exp\left(17.269 * \frac{T}{237.3 + T}\right)$$

5 - Les facteurs déterminant le climat et l'intensité de ses composantes

Les facteurs climatiques sont sous la dépendance de certaines causes qui agissent sur les éléments du climat pour les faire varier. Ces facteurs peuvent être :

- ✓ Des facteurs géographiques: position latitudinale, effet de l'altitude, de la position par rapport à la mer et la circulation des vents, la topographie (surtout l'exposition).
- ✓ Des facteurs pédologiques et géologiques: la nature du sol : une texture lourde (argileuse) retient plus d'eau qu'une texture légère (sableuse) et un sol riche en matière organique et en fer absorbent plus d'énergie solaire qu'un sol de couleur claire, zones inondables..., de la présence ou absence de relief – barrière : Montagnes ...
- ✓ Des facteurs agronomiques et biologiques: la couverture végétale, stade de développement végétatif : culture / forêt ; culture annuelle ou pérenne ; forêt dense ou dégradée ...

- ✓ Des facteurs anthropiques: parmi lesquels le rejet de gaz carbonique dans l'atmosphère, le brûlis, les défrichements, le pacage intensif ...

6- Circulation générale des masses atmosphériques

L'unique moteur de la circulation atmosphérique est l'ensoleillement. Sous les contraintes de la gravité, de la poussée d'Archimède et de la force de Coriolis due à la rotation de la Terre, les différences de température entre l'équateur et les pôles font circuler l'air tout autour de la Terre. Cette circulation globale, impulsée dans les régions tropicales par les vents **alizés**, possède une organisation bien définie dans chaque hémisphère. Les vents dans leur mouvement, font bouger des masses d'air qui transportent et redistribuent à la fois la chaleur transmise par les continents et l'humidité produite par évaporation au-dessus des océans.

(Les alizés (vents d'Est) sont des vents permanents dominants les régions intertropicales et qui soufflent en direction de l'équateur, depuis le nord-est vers le sud-ouest dans l'hémisphère Nord et depuis le sud-est vers le nord-ouest dans l'hémisphère Sud : Fig. 6).

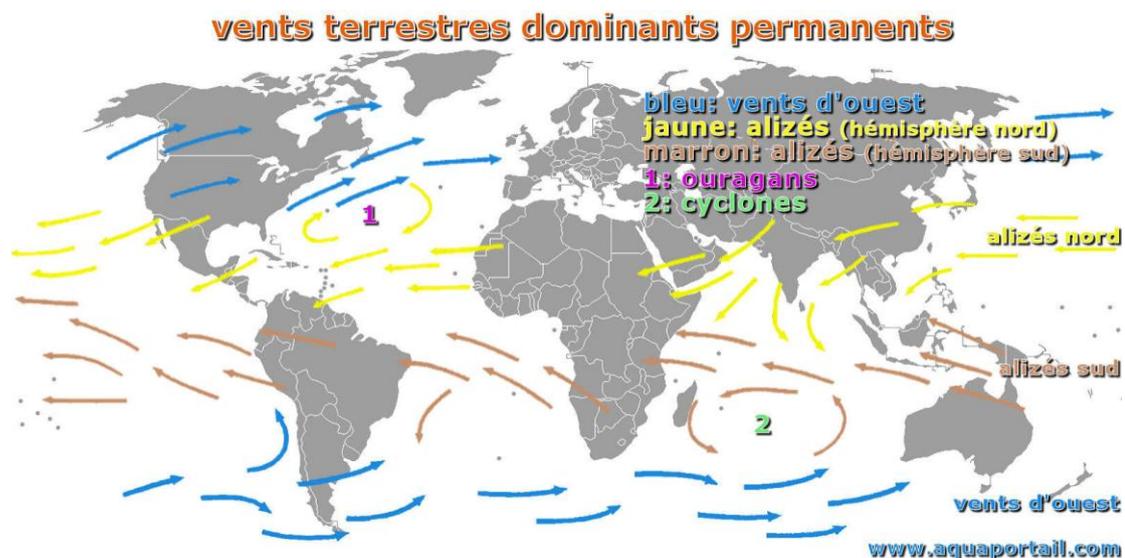


Figure 6: Les alizés dans les régions intertropicales

7- Les indices climatiques

7-1- L'indice d'aridité de De Martonne

L'indice d'aridité de *De Martonne* est un indicateur utile pour caractériser le phénomène d'aridité en exprimant le caractère restrictif pour certaines formations végétales :

$$I = P / (T + 10)$$

où :

- P : quantité annuelle de précipitations (mm),
- T est la température moyenne annuelle de l'air (°C).

Tableau 4 : Valeurs de l'indice d'aridité de De Martonne pour divers climats

Valeur de I	Type de climat	Type de végétation potentielle	Exemple
0 à 5	Hyper aride	Désert absolu	Vallée de la mort aux USA
5 à 10	Aride	Désert	Désert du Sahara Désert de l'Arizona
10 à 20	Semi-aride	Steppe	Sahel Kalahari
20 à 30	Semi-humide	Prairie naturelle, forêt	Région parisienne Orléans Région de Marseille
30 à 40	Humide	Forêt	Région de Lille
40 à 55	Humide	Forêt	Rouen

7-2- L'indice pluviométrique de Moral

Moral établit l'indice climatique pluviométrique annuel pour faire la limite entre l'humidité et la sécheresse (l'indice annuel égale à 1 marque la limite), on utilise la formule suivante pour calculer cet indice :

$$I(A) = P / (T^2 + 10T + 200)$$

- I(A): Indice pluviométrique annuel
- P: Précipitation annuelle (mm),
- T: Température moyenne annuelle (°C),

Cet indice permet de faire la limite entre l'humidité et la sécheresse :

- Si $I(A) < 1$: la zone est sèche
- Si $I(A) > 1$: la zone est humide

7-3- L'indice d'aridité

Perrin (1931 in Halimi, 1980) préconise cet indice pour étudier les rapports entre le climat et la végétation. L'indice annuel est :

$$A = \frac{P}{T + 10}$$

- P : total des précipitations annuelles (mm).
- T : Température moyenne annuelle (°C),
- le chiffre 10 ajouté à la température pour ne pas avoir un indice négatif.

La valeur obtenue est d'autant plus basse que le climat est aride, un indice supérieur à 20 indique une humidité suffisante, la tendance à la sécheresse se manifeste entre 20 et 10, au dessous de 10 c'est l'aridité et au dessous de 5 le climat est hyperaride.

8- Synthèse climatique

La synthèse climatique est établit pour déterminer le climat d'une région donné où il faut utiliser :

- le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen,
- le climagramme d'Emberger après calcul du quotient d'Emberger (Q_2).

8-1-Le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen

D'après Bagnouls et Gaussen un mois est considéré comme sec lorsque le total des précipitations P, exprimé en mm, est égal ou inférieur au double de la température moyenne T, du mois, exprimée en degré Celsius. Il est préconiser pour délimiter la saison sèche l'établissement d'un rapport simple entre la température moyenne du mois et le nombre de millimètres de pluie tombée durant la même période et ce pour une année. Un graphique met en évidence la saison sèche et son importance dans l'année. Les périodes sont considérées comme sèches lorsque la pluviosité moyenne est inférieure au double de la température moyenne.

Quand la courbe des précipitations passe au dessous de celle des températures, la période s'étendant entre les abscisses des points d'intersection des deux courbes correspond à la durée de la saison sèche, son intensité et traduite par la surface du graphe comprise entre les deux courbes pendant cette période.

8-2-Le quotient pluviométrique d'Emberger

Le quotient pluviométrique d'Emberger (Q_2), est un indice climatique qui traduit la xérité du Nord au Sud du climat méditerranéen. Ce quotient tient en compte deux paramètres climatiques à savoir: précipitations et températures:

$$Q_2 = 1000P / [((M+m)/2) + (M-m)]$$

Où :

- P : Précipitation annuelle en (mm)
- $(M+m)/2$: Moyenne des températures annuelles
- $(M-m)$: Amplitude thermique extrême

Où : M : moyenne des maxima du mois le plus chaud et m: moyenne des minima du mois le plus froid les deux en K avec : $T(K) = T(^{\circ}C) + 273,15$

8-3- Climagramme d'Emberger

La représentation graphique intéresse la température moyenne minimale du mois le plus froid (m) sur l'axe des abscisses et Q_2 sur celui des ordonnées aux valeurs du quotient correspondent les étages bioclimatiques. En principe plus Q_2 est petit, plus le climatest sec.

Portées sur le climagramme d'Emberger, la station météorologique se positionne dans un étage bioclimatique (voir figure 7).

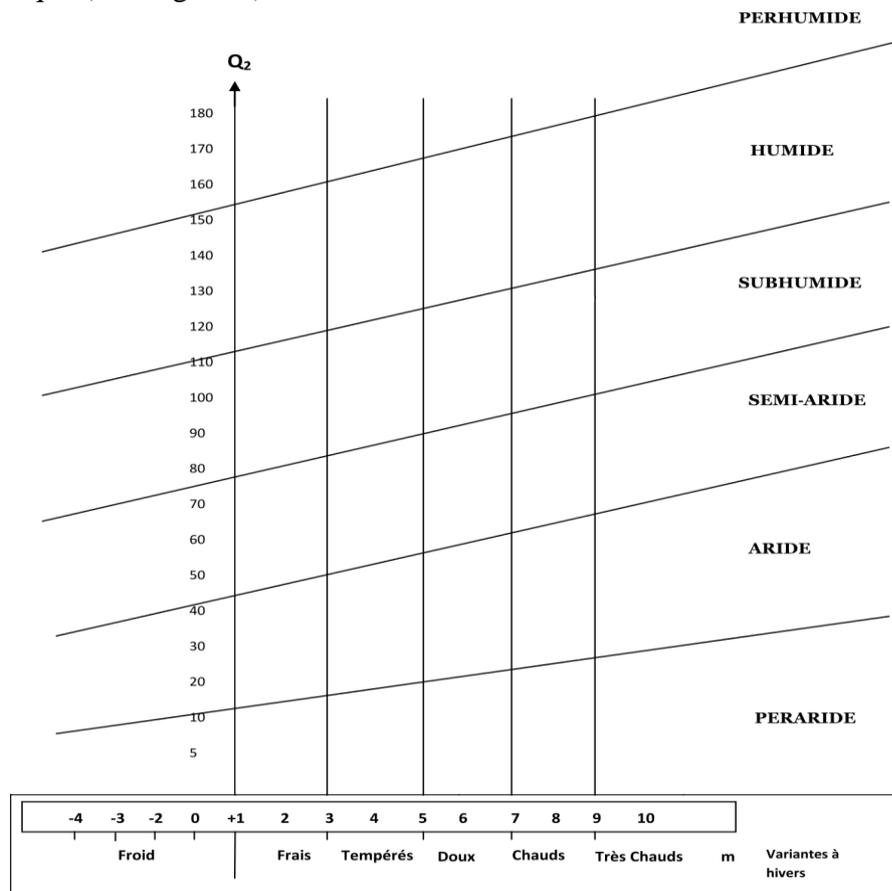


Figure 7 : Climagramme d'Emberger

9- Les travaux dirigés de la matière de Climatologie

- TD 1 : Calcul des quantités de pluviométrie et transformations.
- TD 2 : Le diagramme ombrothermique et saison sèche.
- TD 3 : Le quotient pluviométrique d'Emberger et climagramme d'Emberger.
- TD 4 : Calcul de l'ETP et déficit en eau.