

## **Chapitre II : Facteurs et paramètres climatiques**

### **1. Définitions**

*Les éléments du climat:* des paramètres physiques et des observations visuelles qui caractérisent le climat: ils résultent : soit directement de la lecture ou de l'enregistrement d'un appareil de mesure: thermomètre, pluviomètre, ... soit des observations visuelles codifiées directement par l'observateur: on peut citer par exemple la détermination de la couverture nuageuse ou de la morphologie du type de nuages.

D'autres éléments interviennent dans la caractérisation climatique mais ne font pas l'objet de relevés systématiques dans les stations météorologiques: champ électrique de l'atmosphère, radioactivité de l'air, sa composition chimique, sa teneur en micro-organismes, etc.

*Les facteurs du climat:* ceux sont des facteurs qui agissent sur la variabilité des éléments du climat. On distingue:

*Les facteurs astronomiques :* qui font intervenir la rotation de la Terre sur elle-même et autour du soleil, entraînant une variation de la quantité d'énergie solaire reçue au niveau de la surface Terrestre au cours d'une journée et au cours de l'année.

*Les facteurs météorologiques :* qui tiennent compte de la circulation générale, de l'effet des masses d'air, etc.

*Les facteurs géographiques :* qui regroupent l'effet d'altitude, de la position par rapport à la mer, etc.

*Les facteurs anthropogéniques :* parmi lesquels le rejet de gaz carbonique dans l'atmosphère tient un rôle important.

### **2. Facteurs climatiques**

Les phénomènes qui intéressent le temps (et donc le climat) d'une manière directe siègent dans les 10 premiers kilomètres de l'atmosphère à partir du niveau sol. L'ensemble des phénomènes qui influencent le climat directement ou indirectement se manifeste dans les 40 premiers kilomètres. A cause de l'effet de la pesanteur, 50% du poids de l'atmosphère se trouve dans les 5 premiers kilomètres qui englobent 90% de la vapeur d'eau existante dans l'atmosphère.

## **I. Composition de l'air:**

a) l'air sec: L'air sec est composé essentiellement d'Azote (78,09%) et d'Oxygène (20,95%). Le un pour cent restant comporte d'autres gaz, tel que : Argon, Anhydride carbonique, Néon, Hélium, Krypton, Hydrogène, Xénon, Ozone et le Radon. La composition de l'air sec est pratiquement constante en termes de proportion jusqu'à une altitude de 80 kilomètre. Cependant on note que:

- la teneur de l'air en gaz carbonique est très variable, elle dépend de l'activité industrielle dans les basses couches,
- la proportion d'Ozone au voisinage de la mer est très faible, elle devient plus importante en altitude dans la couche d'Ozone qui s'étend en moyenne entre 15 et 40 kilomètres

b) la vapeur d'eau: Le pourcentage de la vapeur d'eau dans l'air est très variable dans le temps et dans l'espace. Il dépend de plusieurs conditions. Mai le volume occupé par la vapeur d'eau ne peut dépasser 4 à 5%. On note par ailleurs que l'eau existe dans l'air sous ses autres formes: état solide et liquide constituant ainsi les divers types de nuages.

c) Les impuretés (pollution atmosphérique): Les impuretés dans l'atmosphère sont de deux sortes:

- Les aérosols: les causes sont soit naturelles (vents de sable, poussière volcanique, pollen, ..) soit dues aux activités humaines (fumés d'usines, ...)
- Les gaz polluants: anhydride sulfureux, oxyde de carbone, hydrocarbure, les Chloro-Fluoro-Carbones (CFCs), les Hydro-Fluoro-Carbones (HFCs), ...

## **II. La latitude et l'énergie solaire:**

La radiation solaire est la première source d'énergie pour le système Terre - atmosphère. L'énergie solaire reçue sur un point de la Terre change en fonction de l'espace et du temps à cause:

- du mouvement de la Terre autour de son axe,
- et du mouvement de la Terre autour du soleil.

Ces deux mouvements engendrent:

a) une durée inégale des jours et des nuits:

Le vecteur directeur de l'axe de rotation de la Terre est fixe et forme avec le plan écliptique (plan de l'orbite de la Terre autour du soleil) un angle constant de  $66^{\circ}33'$ .

Ce qui donne que:

- à l'équateur: la durée du jour est égale à la durée de la nuit toute l'année,
- dans les autres régions, la durée du jour est différente de celle de la nuit, sauf aux équinoxes (21 Mars et 23 Septembre). Cependant on note que:

- sur la zone tropicale (entre les tropiques du Cancer [ $23^{\circ}27'$ Sud] et du Capricorne [ $23^{\circ}27'$ Nord]), il y a peu de variation entre la durée du jour et celle de nuit,

- sur les zones tempérées (entre  $23^{\circ}27'$  et  $66^{\circ}33'$ ): l'inégalité entre la durée du jour et celle de la nuit augmente en fonction de la latitude

- sur les zones glaciales (arctique: pôle nord, et antarctique: pôle sud): on parle du jour polaire et de nuit polaire qui durent aux pôles 6 mois chacun.

b) une incidence variable des rayons solaires:  $i$

Soit  $i$ : l'angle d'incidence et  $w$ : la quantité d'énergie reçue sur le sol horizontal

$w$  est proportionnel à  $\cos(i)$ ,

la masse de l'atmosphère traversée est proportionnelle à l'angle  $i$ ,

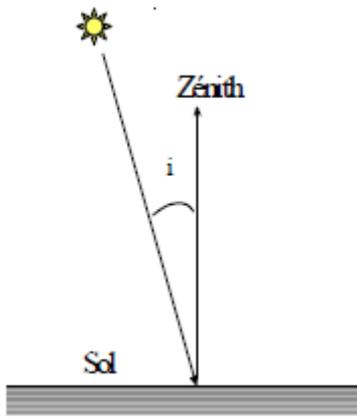
à midi on a: - à l'équateur:  $i=0^{\circ}$  aux équinoxes et  $i \leq 23^{\circ}27'$  au cours de l'année,

- au pôle nord:  $i=90^{\circ}$  ( $w$  est donc nul) aux équinoxes, il descend à  $66^{\circ}33'$  pendant l'été. Pendant l'hiver  $w$  est négatif.

c) une distance Terre - Soleil variable: (à cause de la forme elliptique de l'orbite de la Terre autour du soleil). On note que:

La Terre reçoit 7% moins d'énergie en Juillet qu'en Janvier,

La durée de l'hiver boréal (i.e. été austral) dépasse de 7.5 jours celle de l'été boréal (i.e. hiver austral).



### III. Le bilan général de la radiation solaire :

La radiation solaire est l'énergie transmise, par rayonnement solaire, au globe Terrestre et à son atmosphère.

On distingue:

a) *le bilan radiatif global* : qui est nul

Ce qui explique que le système "Terre - Atmosphère" est en équilibre énergétique et donc le climat global de la Terre est stable vis à vis des échanges énergétiques entre le système "Terre - Atmosphère" et son extérieur.

$$S + R + T = 0$$

Avec :

S: rayonnement solaire incident reçu sur la surface sommet de l'atmosphère

$$S = 175 \text{ milliard de Mégawatts, } = 343 \text{ Watts/m}^2$$

R: rayonnement solaire réfléchi, diffusé vers l'espace

$$R = -53 \text{ milliard de Mégawatts } = 30\% \text{ de } S$$

T: rayonnement infrarouge Terrestre (rayonnement propre au globe Terrestre)

$$T = -122 \text{ milliard de Mégawatts } = 70\% \text{ de } S$$

Remarques:

□ le bilan radiatif à un instant donné en un point donné du globe n'est pas nul. En effet:

S: dépend de l'angle d'incidence des rayons solaires ( $i$ ) qui varie en fonction de la latitude, la saison et l'heure du jour.  $i$  peut être calculé mathématiquement.

R: dépend de la couverture végétale, de la composition de l'atmosphère et de la réflectivité du sol (mesurée par l'albédo)

T: dépend de la matière

□ En moyenne annuelle, le bilan radiatif est positif aux basses latitudes [40 Sud, 40 Nord] et négatif près des pôles.

b) *la radiation solaire totale: (S)*

La radiation solaire total reçue par le système "Terre - Atmosphère" est répartie en

- ① Radiation solaire absorbée par la Terre: cette radiation est formée d'une partie du rayonnement solaire direct (34%) et d'une partie du rayonnement diffusé par l'atmosphère (17%)

- ② Radiation solaire absorbée par l'atmosphère (14% de S)

- ③ Radiation solaire diffusée vers l'espace (35% de S dont 27% dus aux nuages, 6% dus aux rayonnements diffusés par l'atmosphère vers l'espace et 2% dus à l'albédo)

c) Le rayonnement global (qui intéresse le sol) = le rayonnement solaire direct + rayonnement diffusé par l'atmosphère.

d) L'albédo: le rapport, exprimé en pourcentage, entre le flux d'énergie non absorbée par le sol sur le flux d'énergie incident.

L'albédo dépend en premier lieu des caractéristiques de la surface du sol et du rayonnement (intensité et angle). Il est de l'ordre de 80 à 90% pour la neige fraîche, 13 à 18% pour le sable et 7 à 9% pour un sol cultivé et végétation.

#### **IV. La nature de la surface du sol et de son revêtement :**

Comme facteur du climat, la surface du sol se caractérise par: son albédo, sa capacité calorifique, son degré d'humidité et de perméabilité, sa couleur, son revêtement végétal, son

exposition, son orientation et sa forme. Ces éléments interviennent dans les échanges d'énergie calorifique et d'humidité entre l'atmosphère et la Terre.

Il est à noter que:

- Le sol présente une faible conductivité thermique: seule la couche superficielle qui s'échauffe puis cède sa chaleur à l'atmosphère (par contact, par conductivité et par rayonnement).
- La température au voisinage du sol est commandée essentiellement par les échanges d'énergie entre le sol et l'atmosphère.
- La végétation qui recouvre le sol réduit l'échauffement (le jour) ainsi que le refroidissement du sol (la nuit). Ce qui donne une amplitude diurne de température moins importante pour un sol couvert que pour un sol nu.
- La température des mers s'élève et s'abaisse plus lentement que celle du sol, ce qui donne naissance aux phénomènes de brise de mer et de brise de terre et fait que les mers jouent un rôle de régulateur du climat pour les zones voisines (brassage de l'air entre la terre et la mer), mais aussi à l'échelle globale: on rappelle que la surface du globe est constituée de 71% de mer et de 29% de terre. Cette répartition devient (respectivement) 60% et 40% pour l'hémisphère nord et 82% et 18% pour l'hémisphère sud.
- L'amplitude thermique  $T_x - T_n$  est plus faible près des mers que loin d'elles.

#### **V. Le facteur "évolution de l'eau dans l'atmosphère" :**

Il est bien connu que l'eau suit un cycle de vie en passant par ses différentes phases (état gazeux, liquide, solide). La transformation de l'eau d'un état à un autre est accompagnée d'un échange d'énergie entre l'air et l'eau dans l'atmosphère. On cite par exemple:

- Le processus d'évaporation permet à l'air de perdre sa chaleur reçue par rayonnement. Ce processus fait que les zones tropicales seraient moins chaudes que s'il n'y a pas de mers.
- Le processus de condensation permet à l'air de gagner de la chaleur. Ce processus fait que les zones de haute latitude seraient moins froides que si la vapeur d'eau ne leur arrive pas (grâce à la circulation atmosphérique générale)

Par analogie, les autres processus d'évolution de l'eau dans l'atmosphère permettent des échanges énergétiques entre l'eau et l'atmosphère: fusion, solidification, sublimation, ...

La vapeur d'eau transporte l'énergie calorifique et absorbe le rayonnement solaire et le rayonnement Terrestre.

## **VI. Le facteur "relief" :**

A un accroissement d'altitude correspond une diminution de pression et de température et une modification des précipitations. Par ailleurs, les courants aériens sont perturbés par le relief à cause du frottement et génèrent des actions thermiques (effet des turbulences sur la température, ..) et des actions dynamiques qui dépendent de la forme du relief, la vitesse et la direction du courant ainsi que la stabilité de l'air.

On note au passage :

Le phénomène bien connu sous le nom: effet de Foehn: un mouvement ascendant provoqué par la pente entraîne la condensation de la vapeur d'eau ...

L'augmentation de la vitesse du vent dans le cas de vallée de plus en plus étroite dans le sens de la direction du vent.

## **VII. Le facteur "circulation générale atmosphérique" :**

La circulation générale atmosphérique a pour effets:

La modification de la répartition des masses nuageuses et des constituants de l'atmosphère (essentiellement la vapeur d'eau)

Le rétablissement de l'équilibre thermique entre les différents points de la Terre grâce au mouvement de l'air et au transport de l'énergie par la vapeur d'eau.

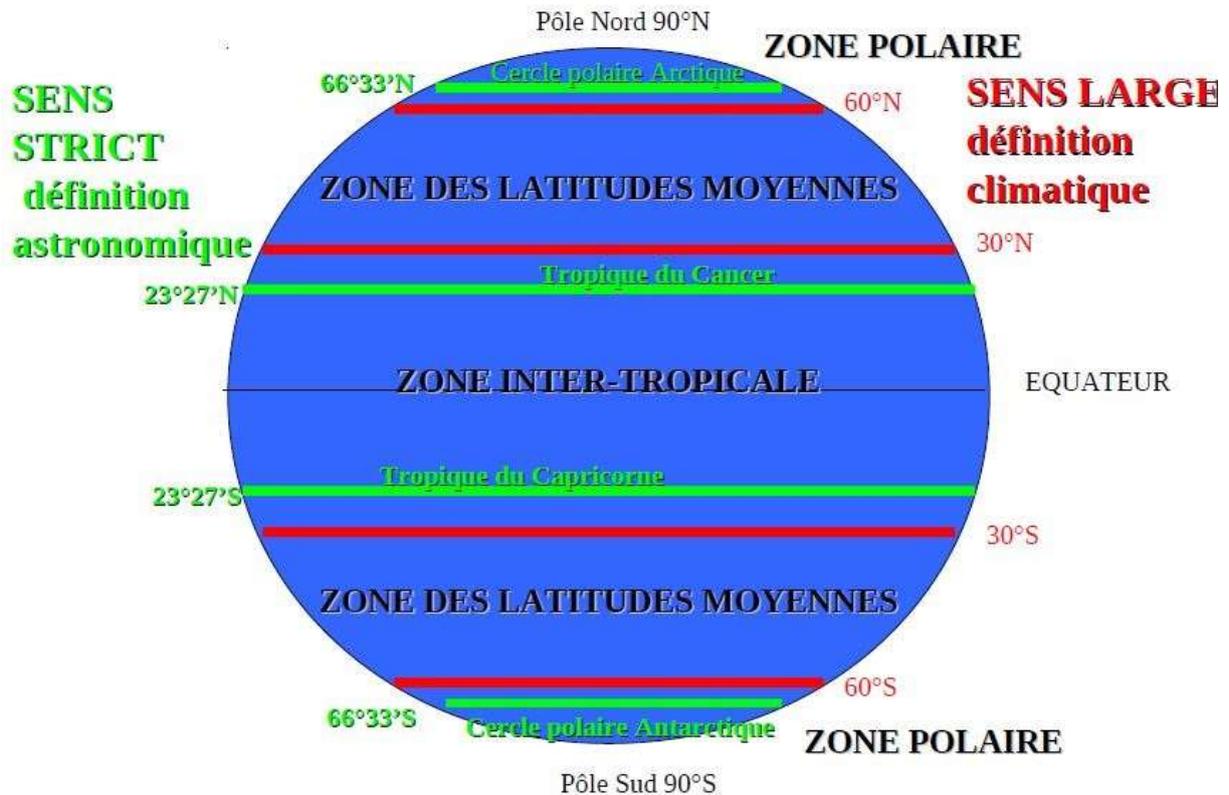
Les causes principales qui provoquent et maintiennent la circulation générale atmosphérique sont:

La rotation de la Terre

L'inégalité du bilan thermique à la surface Terrestre

(+ la distribution des mers et des continents, + les influences géographiques, ...)

# LES GRANDES ZONES CLIMATIQUES



## 3. Paramètres climatiques

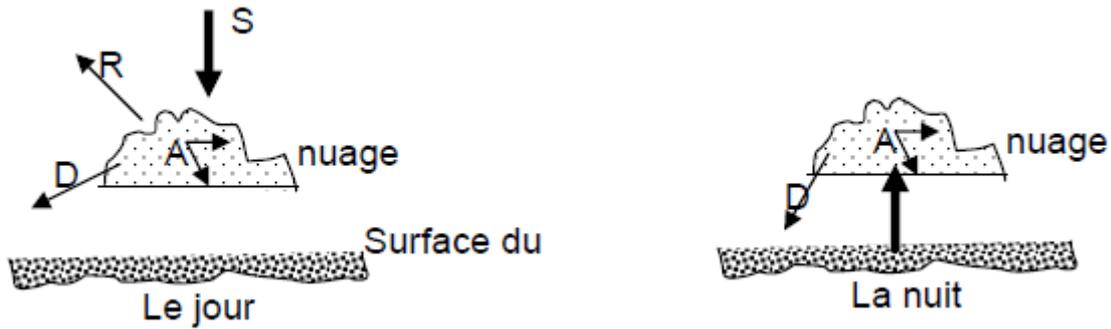
### I. Le rayonnement solaire:

Le rayonnement solaire est caractérisé par la durée d'insolation et l'intensité de la radiation globale.

La durée d'insolation pour un jour donnée est fonction de la latitude du lieu de mesure et du jour de l'année. Elle peut être réduite par le relief, la nébulosité, la brume, le brouillard, la fumée dense, ...

### II. La nébulosité:

Au cours de la journée et en contact avec une masse nuageuse, le rayonnement solaire (S) est réparti en rayonnement réfléchi (R), rayonnement diffus (D) et rayonnement absorbé (A) et donc seule une partie de l'énergie solaire atteint la surface du sol. Ainsi, au cours de la journée, un ciel nuageux permet la diminution du réchauffement de la surface Terrestre.



Au cours de la nuit, un ciel nuageux permet la réduction de la perte d'énergie de la Terre par rayonnement infra - rouge et donc diminution du refroidissement de la Terre.

### III. La température de l'air:

La température de l'air usuelle est la température de l'air mesurée à l'ombre, dans un abri météorologique, à une altitude de 1m50. Le choix de ce niveau d'altitude revient au fait que l'air s'échauffe en contact direct avec le sol. Ainsi, la température de l'air est maximale près du sol; elle s'affaiblit en altitude avec un gradient fort près du sol. Ce gradient devient nul près de 1m50. Dans les premières couches d'air au-dessus du sol, la température du sol est supérieure à celle de l'air pendant le jour et inférieure pendant la nuit.

*Remarques:*

- Si la mesure de T est faite au soleil, on risque de mesurer la température du matériel thermomètre.
- La T<sub>min</sub> se produit vers le lever du soleil (ou peu après le lever du soleil [une demi-heure]).
- La T<sub>max</sub> se produit deux heures après le méridien (le midi soleil).
- La température de l'air sous abri ne correspond pas étroitement aux sensations de chaleur (ou du froid) par les êtres vivants (l'homme par exemple). Cette sensation est, certes, liée à la température, mais aussi à l'humidité, vent, ... (i.e. indice de confort)
- Nombreux facteurs agissent sur la variation diurne de la température; on peut citer la nébulosité, l'altitude, la latitude, la saison, la nature du sol, le relief avec toutes ses caractéristiques (forme, exposition, orientation), le degré de continentalité, l'état de l'atmosphère.
- L'amplitude thermique annuelle augmente en fonction de la latitude.

#### **IV. Les précipitations:**

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 :  $120 \text{ mm} < RR < 250$  mm
- climat semi-aride :  $250 \text{ mm} < RR < 500$  mm
- climat modérément humide :  $500 \text{ mm} < RR < 1000$  mm
- climat humide :  $1000 \text{ mm} < RR < 2000$  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.

*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° latitude : zones sèches ( $< 200$  mm) avec quelques régions pluvieuses.

- entre 30 et 40° latitude : entre 400 et 800 mm
- aux hautes latitudes > 70°: faibles précipitations (< 200 mm)

## **V. Evaporation:**

L'évaporation concerne aussi bien les précipitations qui arrivent au sol que l'eau contenu dans le sol. Elle a un rôle biologique puisqu'elle influence la respiration et la transpiration. Elle est liée à différents facteurs tel que: la température (même sens de variation), humidité relative, pression, mouvement de l'air (vent, turbulence), forme et dimension de la surface d'évaporation, épaisseur de la lame d'eau.

L'évaporation peut être estimée à partir de la vitesse du vent, la radiation solaire, la tension de vapeur d'eau, etc. ...

*Remarques:*

- L'évaporation augmente si l'air est peu humide et plus agité.
- L'évaporation provoque la formation du brouillard et des nuages,

## **VI. L'humidité de l'air:**

Elle s'exprime par la tension de la vapeur d'eau ( $e$ ) et par l'humidité relative ( $U$ : exprimée en pourcentage [degré hygrométrique])

La variation de  $U$  et de  $e$  en fonction du temps et de l'espace est très complexe, mais en général:

- $e$  et  $U$  ont une distribution zonale,
- $e = 20$  mm de mercure dans les zones équatoriales;  $e < 5$  mm dans les zones polaires.
- $U$  est de l'ordre de 85% sur les zones équatoriales, très faible sur les zones subtropicales (notamment sur les zones continentales) et élevée dans les moyennes latitudes et dépend de la saison.

## **VII. La pression atmosphérique:**

La pression est le poids de la colonne d'air qui surmonte l'unité de surface sur laquelle elle s'exerce. Sa variation temporelle est liée à celle de la température et son gradient génère le vent (force et direction).

### **VIII. Le vent:**

Le vent est le résultat de la différence de pression entre deux zones voisines. 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.

*Remarque:*

Un vent fort, en contact avec la surface de l'eau ou du corps humain favorise le phénomène de l'évaporation (l'énergie cinétique est perdue en chaleur).

### **IX. La transparence de l'air (ou la visibilité horizontale):**

Elle change en fonction de l'humidité de l'air, sa pureté et sa stabilité. Ainsi une diminution de la visibilité est produite par l'absorption et la diffusion de la lumière (par les constituants de l'atmosphère).

On météorologie, on parle de brouillard lorsque la visibilité est inférieure à 1000 m et de brume lorsqu'elle est comprise entre 1000m et 5000m. La stabilité de l'atmosphère, en présence d'un air humide ou impure, favorise une mauvaise visibilité.