

# La climatologie

## Quelques définitions

La **météorologie** : Etude des phénomènes atmosphériques et de leurs lois, notamment en vue de la prévision du temps, dans un futur proche.

Les objectifs :

- Analyse de l'état atmosphérique
- Trouver une explication à cet état atmosphérique, afin de prévoir son renouvellement ou sa modification dans les heures, ou les jours qui suivent.

La **climatologie** : Étude des états de l'atm ou du type de temps dans leurs enchainement habituels au dessus d'un lieu géographique et pour une longue période. On s'intéresse à un lieu précis et on étudie l'enchainement sur une longue période (dans le passé)

La climato se base sur des variations météorologiques mesurées au sol (à 1.5m de haut), en altitude ou à distance (radars, satellite)

Les données collectées sont homogénéisées et validées par des spécialistes de l'atm puis organisées en séries chronologiques :

- Caractériser le climat moyen d'un lieu géographique

La climatologie : vaste discipline regroupant de nombreux spécialistes : hydrologues, mathématiciens ...

Les objectifs :

- La description synthétique du climat d'un lieu en se basant sur des données actuelles (+ de 30 ans)
- L'explication et classement des différents climats dans un **espace géographique** en se basant sur  $T^\circ$ , pression, précipitations ...
- Les prévisions climatiques  $\Leftrightarrow$  étude du climat dans le passé (plusieurs centaines ou milliers d'années) pour des prévisions du climat futur (qq dizaines voir centaines d'années)
- Mettre à disposition des décideurs politiques des informations climatiques (climat actuel, passé et son évolution future) pour s'adapter aux changements climatiques.

$\Rightarrow$  Le GIEC : Groupe d'Experts Intergouvernementaux sur l'évolution du climat créé en 1988 (à cause des pluies acides  $\Rightarrow$  on va parler de réchauffement climatique & impact de l'homme).

Le rôle du GIEC : vérifier l'**information scientifique, technique et socio-économique** en rapport avec la question du climat.

Les points clés sont :

- Comprendre les causes du changement (anthropie, émission GES)
- Établir les conséquences de ces changements climatiques sur l'homme et l'environnement
- Envisager des stratégies d'adaptations et d'atténuations aux changements climatiques

Il y a un point tous les 5 ans (depuis 1990) sur l'état des connaissances en climatologie.

Apparemment, il pleuvrait plus le WE (samedi après-midi et dimanche matin) car la pollution est une source de particules pour les noyaux de gouttes d'eau en suspension dans l'air et donc il y a plus de probabilité d'avoir de la pluie.

Le **temps/climat** : deux notions avec des caractéristiques identiques : températures, précipitations, pression, vent. Ces deux notions se différencient sur la période d'étude :

- le temps correspondant à un état de l'atmosphère à un temps précis; une association concrète d'éléments au dessus d'un lieu géographique et d'une durée variant de quelques minutes à quelques jours.
- le climat : ensemble des types de temps quotidiens (beau, couvert) au dessus d'un lieu géographique au cours d'une longue période (30 ans)

Le climat se définit donc sur une longue durée tandis que le temps se fait sur une durée très courte.

Une **canicule** ou *vague de chaleur* : période (au minimum 3 jours à quelques semaines) où les températures minimales et maximales sont anormalement fortes dans une zone relativement étendue.

Advection d'air très chaud venant du Sahara sur l'Europe -> baisse significative de l'amplitude thermique journalière. Plus d'accumulation de chaleur / déperdition par *rayonnement terrestre*.

Seuil  $T^\circ$  de la canicule est différent d'une région à l'autre. Il dépend de la localisation géographique de la région (altitude, continentalité, ...). Ainsi de la canicule au Maghreb ou au Moyen-Orient est plus élevée. Les  $t^\circ$  maximales dépassant régulièrement les  $40^\circ\text{C}$ .

Si c'est humide et chaud, le ressenti est encore plus fort.

**Temps** : combinaison concrète, mais ne reflète pas forcément le climat d'une région.

**Climat** : étude moyenne  $\Leftrightarrow$  tendance moyenne permettant :

- comprendre et expliquer la répartition des grandes espèces végétales.
- comprendre l'origine des grands systèmes d'érosion à la surface des continents.
- comprendre l'organisation des courants marins à la surface des océans.
- planifier et aménager le territoire.

## I Caractère généraux de l'atmosphère

**Atmosphère** : enveloppe gazeuse qui entoure la terre. Masse atmosphérique + importante vers les basses altitudes.

la répartition de la masse atmosphérique :

- Entre 0 et 5 km : 50% de la masse d'air
- Entre 0 et 16 km: 90% de la masse d'air
- Entre 0 et 30 km : 99% de la masse d'air

**Composition de l'atmosphère** :

- de gazs permanents :
  - Azote : 78.08%
  - Oxygène : 20.94%
  - Argon : 0.93%
- de gazs variables : vapeur d'eau 3/4 dans les 4 premiers km de la troposphère.
- suspension solide : poussière, fumée, cendres.

Les principales caractéristiques physiques de l'atmosphères :

Température :

Altitude, Gaz atmosphérique, Surface terrestre

4 couches dans l'atmosphère :

- Troposphère : 1ere couche de l'atmosphère est le siège de la plupart des phénomènes météorologiques. Elle renferme 3/4 de la masse d'air avec la quasi-totalité de l'eau atmosphérique et tous les corps solide. L'épaisseur de la troposphère dépend de la température et donc de la latitude (épaisseur pôle < épaisseur équateur) ainsi que la température de la troposphère varie

en fonction de la latitude.

Cette couche peut être divisée en 2 sous-couches :

- Couche géographique : Épaisseur ~2000m : couche de base de frottement, la couche la plus sale et polluée de l'atmosphère, elle est influencée par le relief => turbulence de l'air. Couche avec une différence de  $T^\circ$  et un gradient augmentant et dépendant du lieu géographique.
    - \* convection forcées
    - \* convection thermique
    - \* Inversion thermique
  - Couche libre : ~3000m -> la tropopause; vents : rapides et réguliers; gradient thermique;  $0.6^\circ\text{C}/100\text{m}$ ; qualité de l'air relativement bonne / couche géographique
- Stratosphère
  - Mésosphère
  - Thermosphère

Gradient thermique moyen :  $0.6^\circ\text{C} / 100\text{m}$  ( $0.4^\circ\text{C}$  (humide) < grad <  $1^\circ\text{C}$  (sèche))

Humidité :

Quantité de vapeur d'eau contenu dans l'atmosphère

Pression, Température

Principale apport d'eau dans l'atmosphère : **évaporation** de l'eau des océans, des mers, des lacs, des cours d'eau ...

Deuxième apport : **évapotranspiration** de la végétation.

L'évapotranspiration dépend de la  $T^\circ$  et de la radiation solaire directe et de la vitesse du vent.

C'est plus important en été car la température est plus élevée.

Il existe deux types d'humidité :

- Humidité absolue

masse de vapeur d'eau contenu dans une unité de volume d'air ( $\text{g}/\text{m}^3$ ), dépend de la température de l'air. Au dessus d'un seuil, il va y avoir condensation : **tension maximale ou seuil de saturation** (SS) de l'air

- Humidité relative

rapport entre la quantité de vapeur d'eau mesurée (f) et la quantité (F) qui permettrait à la saturation de l'air (dans les mêmes conditions thermiques et barométriques) ce rapport est multiplié par 100 pour obtenir un pourcentage.

$$HR = f/F * 100 = HA / SS * 100 \text{ (HA : humidité air)}$$

Humidité relative  $\Leftrightarrow$  l'état de rapprochement ou de l'éloignement de l'état de saturation d'air.

Si  $0 < HR < 50 \Rightarrow$  air très sec

Si  $60 < HR < 70 \Rightarrow$  humidité moyenne

Si  $80 < HR < 100 \Rightarrow$  forte humidité

Les variations de HR en fonction de  $T^\circ$

Deux types de temps différents avec la même quantité de vapeur d'eau.

Pression :

Altitude, Température

La pression atmosphérique  $\Leftrightarrow$  la force qu'exerce l'air sur un objet.

Plus on va en altitude, plus la pression diminue.

Au niveau de la surface, la pression est liée par deux paramètres : la température au sol et le mouvement de l'air.

Si le sol est froid : l'air descend car plus lourd  $\Rightarrow$  haute pression ( **anticyclone** )

Si le sol est chaud : l'air monte car plus léger  $\Rightarrow$  basse pression ( **dépression** )

Le mouvement de l'air est une deuxième condition pour déterminer les masses d'air.

Un mouvement subsident  $\rightarrow$  favorise de HP

Un mouvement descendant  $\rightarrow$  favorise de BP

Tempête - cyclone : 960 hPa et 980 hPa

Pluie forte : 990 hPa

En altitude : la température est le seul élément déterminant de la pression moyenne de l'air.

Si air froid en altitude  $\rightarrow$  subsidence de l'air vers le sol.

Si air chaude en altitude  $\rightarrow$  masse d'air chaud en altitude.

Deux façons de mesurer la pression en altitude.

- Mesure à un point fixe
- Mesure de altitudes d'une même pression, dans ce cas, on mesure l'altitude en mètre géopotential.

## II Atmosphère et énergie radiative

La température moyenne de notre planète est de 15°C. Sur 100 unités de soleil, seules 51 arrivent sur la terre.

L'énergie de notre planète → rayonnement dans l'infrarouge thermique

Température de l'atm  $\Leftrightarrow$  rayonnement solaire et surtout terrestre.

Cette énergie radiative est inégalement répartie à la surface.

### les facteurs zonaux

Les courants marins permettent de "rafraichir" les températures au niveau des équateurs. Pour modifier la température, il y a des variations en fonction :

- l'épaisseur de l'atm
- l'angle des rayons solaires

L'équateur est l'endroit où il y a le plus de précipitations car le soleil est au zénith 2 fois ce qui entraîne le réchauffement, la condensation, précipitation.

Dans les basses latitudes, le soleil arrive à 90° au dessus du sol, il y a donc bcp de précipitations.

Dans les hautes latitudes, il y a moins de soleil => moins de précipitations

### les facteurs locaux

Albédo dépend :

- Nature de la surface
- Angle des rayons incidents

L'albédo est la réflexion d'une surface vers l'espace. La neige a le plus grand albédo.

Il y a aussi l'état **hygrométrique** des masses d'airs. On a donc des précipitations sur le versant tourné vers le vent, tandis qu'il y a du soleil sur l'autre versant. Un obstacle permet donc d'avoir des zones climatiques différentes.

**L'influence de l'océan** entraîne certaines brises (brises de terre (la nuit), brise de mer (le jour))

Selon la nature et l'**occupation du sol**, une même énergie n'entraînera pas la même T°. Les zones avec des T° différentes :

- Au dessus des zones chaudes : mouvements ascendants
  - Au dessus des zones froides : mouvements descendants
- Il y a donc un transfert des zones de pollution des zones chaudes vers les zones froides.

Les expositions des versants.

### L'évolution journalière de la température

Dans un temps stable et ensoleillé :  $T^\circ$  max dans l'après-midi.

Si le ciel dégagé la nuit, le rayonnement terrestre est important  $\rightarrow$  refroidissement du sol. La  $T^\circ$  la plus froide (minimale au lever du soleil)

Si le ciel couvert pendant la nuit  $\rightarrow$  déperdition par rayonnement moins importants.

### bilan radiatif selon les latitudes

ZIT = bilan radiatif excédentaire  $\rightarrow$  Masse d'air chaud

Il y a un équilibre radiatif  $\rightarrow$  transfert méridiens :

- courants marins
- circulation atmosphérique des masses d'air

## III Circulation atmosphérique générale des masses d'air

### 1 . Masses d'air et les forces conditionnant leurs déplacements

**Masse d'air** : Portion de l'air troposphérique dont les caractéristiques thermiques et hygrométriques sont relativement homogènes au dessus d'un **lieu géographique**

Dimension horizontale :  $\sim 1000\text{km}$  et extension verticale de quelques centaines de mètres à quelques kilomètres.

Deux conditions pour la formation de masse d'air :

- **zone géographique** : source doit présenter une certaine homogénéité sur une étendue suffisamment vaste :
  - régions désertiques
  - océans

– régions couvertes de neige ou de glace

– ...

- **Temps de séjour** doit être suffisamment important pour avoir les mêmes caractéristiques de la zone source d'une manière homogène.

On peut distinguer 6 grands types de masses d'air en fonction de  $T^\circ$  et humidité :

- Tropical Maritime : latitudes subtropicales :  $T^\circ$  élevée, H élevée, stabilité élevée
- Continentale tropicale :  $T^\circ$  élevée, H bas, stabilité élevée  $\rightarrow$  instabilité  $\Rightarrow$  océan (air saharien)
- Maritime Arctique ou Continentale Arctique :  $T^\circ$  bas, H bas
- Maritime Polaire : latitude 60-70,  $T^\circ$  bas, H bas, stabilité élevée au lieu de formation  $\rightarrow$  instable pendant son déplacement méridien  $\Rightarrow$  perturbations sur continent + chaud
- Continentale Polaire : latitude 60-70,  $T^\circ$  bas, H bas : temps stable dans les latitudes tempérées

Dans les zones montagneuses, il n'y a aucunes masses d'air en formation car il faut que le lieu ait des caractéristiques homogènes.

Les masses d'air ne sont pas fixes au dessus de leur lieu de formation, mais se déplacent :

- masses d'air froid descendant vers les basses latitudes
- masses d'air chaud remontent vers les hautes latitudes

Ces déplacements liés à des différences thermiques et barométriques sont très complexes et plusieurs forces conditionnent le déplacement des masses d'air.

Les trois principales forces agissent sur le déplacement des masses d'air :

- la force de gradient de pression : elle est liée à la **différence de pression** entre les points de la surface de la terre, entre régions de hautes pressions et d'autres de basses pressions.

Il y a un déplacement de masses d'air : le vent se déplace entre les anticyclones vers les dépressions, il faut rétablir l'**équilibre barométrique**.

Si le globe terrestre était immobile, le vent dépendrait uniquement du champ de pression et sa direction serait perpendiculaire aux isobares. Dans ce cas, la vitesse du déplacement serait proportionnelle au gradient barométrique ; + le gradient est important, + la vitesse serait élevée.

- la force de coriolis : force qui agit sur tout corps (le vent) en mouvement dans un système tournant (la terre) indépendamment. La terre entraîne donc la déviation des masses d'air par :

– sa rotation diurne d'W en E

– sa forme



Vitesse linéaire d'un point pour une rotation diurne n'est pas constante et dépend de la latitude de ce point. Cette rotation de la terre et cette différence de vitesse de rotation va modifier la trajectoire des vents en les déviant vers la droite ou vers la gauche. Les alizés sont des vents de direction NE-SO ou SE-NO.

- la force de frottement : la rugosité du sol joue un rôle important sur le déplacement de l'air ; 1er km de la troposphère. Elle est bcp plus importante sur la terre que sur la mer : permet de ralentir ou d'augmenter la vitesse du vent.

Le déplacement des masses d'air est conditionné par ces trois principales forces : gradient de pression, force de coriolis et de frottement.

## 2 Circulation atmosphérique générale des masses d'air

La circulation théorique se fait des hautes pression (au niveau du sol) des pôles vers l'équateur où l'air remonte et retourne vers les pôles.

Les échanges radiatifs et barométriques :

- proches en proche en passant par 3 cellules :
- cellule de Hadley
- cellule de Ferrel
- cellule polaire

**Convergence - ascendance** : transfert de MA chaude : Basses → Hautes latitudes et sol → tropopause

**Divergence - subsidence** : advection MA froide : Hautes → basses latitudes et hautes couches de l'atm → sol

## A Circulation atmosphérique dans la zone inter-tropicale (ZIT)

### a) Zone de hautes pressions subtropicales

Zone avec A subtropicaux : 20-35ème parallèle => grande stabilité de l'air

**5 régions** → A subtropicaux bien marqués :

- Hémisphère Nord :
- A des Açores
- A de Californie
- Hémisphère Sud :
- A de l'Île de Pâques
- A des Mascareignes
- A de Sainte-Hélène

Il y a donc des déserts à ces endroits-là.

### **b) Zone des vents d'alizés**

Vent E (20km/h) => 31% surface terrestre

Ces vents donnent un ciel clair sans nuages sauf au Brésil, Antilles, Madagascar (végétation très importante)

### **c) Zone des basses pressions équatoriales**

Basses pression équatoriales :

- convergence intertropicale : zone de convergence intertropicale (ZCIT) : ~ 500km → dépressions thermiques + dépression dynamiques => précipitations abondantes (océans)
- fronts intertropicaux
- équateur météorologique se déplace en fonction de ses masses d'air (deux anticyclones empêchent cette ligne de descendre totalement dans l'hémisphère Sud)

## **B Circulation atmosphérique**

### **a) Circulation en altitude**

Circulation à dominance W-E + organisée en altitude

Vents rapides ou courant entre Jet-Stream

#### **caractéristiques du courant**

Altitude : 8-12 km

Vitesse entre 100-400km/h

Ce courant a un rôle majeur dans les échanges radiatifs et dans la formation des perturbations des moyennes latitudes.

Circulation ondulatoire (2000-5000km) → échange T° :

- crêtes <=> augmentation air chaud tropical
- vallées <=> baisse air froid polaire

=> perturbations

### **b) Circulation au sol**

Circulation plus complexe => grande influence géographique : centres d'actions thermiques et dynamiques

#### **Perturbation dans les moyennes et hautes latitudes**

Zone d'instabilité liées à la rencontre des masses d'air polaire et tropical.

Trois fronts :

- Front chaud
- Front froid
- Front occlus (occlusion)

Ces perturbations : échange thermique entre les latitudes et les altitudes => réduction du contraste thermique entre ces régions

perturbation : 5 secteurs :

- Secteur de froid antérieur : Masse d'air homogène stable (cirrus -> cirro-stratus)
- Front chaud : nuages de plus en plus bas → augmentation  $T^\circ$  (Alto-stratus : début de pluies -> nimbo-stratus : nuages épais qui donnent des précipitations fortes et durables)
- Secteur chaud : Masse d'air chaud, pression stable, basse (strato-cumulus -> Alto-cumulus)
- Secteur froid : zone d'instabilité en période perturbée vent N-W,  $T^\circ$  baisse, pression en hausse (cumulo-nimbus : précipitations très fortes, averses ou neige)
- Secteur froid postérieur : temps instable avec éclaircies et averses; temps frais avec des vents N ou N-W, pression en hausse, stabilité de l'air ou nouvelle perturbation (apaisement)

## IV Grandes zones climatiques

### 1 Climat(s) de hautes latitudes : climat polaire

Limite spatiale difficile

$T^\circ$  du mois le plus chaud  $< 10^\circ$  (classification de Koppen)

au delà du 65ème parallèle (Hémisphère Nord) et au delà du 50ème (Hémisphère Sud)

Saison froide :

- Hémisphère Nord :  $T^\circ$  de  $-3^\circ\text{C}$  à  $-30^\circ\text{C}$  en plaine et jusqu'à  $-50^\circ\text{C}$  dans les régions les plus continentales => vents violents chargés de neige (blizzard)

ou purga)

- hémisphère Sud : entre -30 et -72°C; record : -90°C

Saison chaude très courte : entre 2-3 mois (pendant le rayonnement solaire contenu du 15 mai au 29 juillet)

T° varie de 0-10°C en océan et < 0°C dans les régions continentales.

Précipitations de moins de 300mm (Contiental) plus de 1000mm (proche d'un courant marin chaud)

Et donc un taux d'humidité très faible : 10 000 fois moins important que dans les régions équatoriales.

## **2 Climat(s) de moyennes latitudes**

### **caractéristiques générales**

Entre le 40ème parallèle et le 65ème parallèle

Saison thermique très contrastées

Grande variations des paramètres météorologique :

- Effets de façades océaniques
- Éloignement ou rapprochement des océans

5 grands ensembles :

- climat tempéré des façades occidentales : nb d'heures d'ensoleillement de 8h à 19h; T° relativement douces => nb de jours de gel très réduit; précipitations très abondantes (1000 à 6000mm/an)
- climat tempéré des façades orientales
- climat méditerranéen : climat de transition entre le tempéré et le tropical; Été chaud et sec (Anticyclone) et Hiver doux et humide (flux W); régime thermique très contrasté : Hiver (~ 10°C, quelques fois < 0°C => descente de froid polaire), Été (~ 25°C et maxima 40°C); précipitations : 500-2000 mm; nb de jours de pluie < 100 jours, ensoleillement très importante
- climat continentale : régions éloignées de l'influence maritime + versants sous le vent
- climat hyper-continentale

### **Climat de la France**

Climat de la France : tempéré des façades occidentales :

Prédominance des vents d'W : douceur en hiver et fraîcheur en été

présence de plusieurs régions climatiques :

- continentalité
- latitude
- disposition des reliefs
- l'affrontement des 3 grandes masses d'air :
  - polaire maritime frais et humide
  - continentale froid et sec
  - tropical

Cinq classes de climat en France :

- Climat océanique
- Climat océanique de transition
- Climat de montagne
- Climat méditerranéen
- Climat continental

Les précipitations se font sur les massifs montagneux

### **Climat chinois :**

Les versants sont exposés aux flux humides E et S avec 75% de précipitation (printemps-été)

T° très contrastées: très froides en hiver (flux N, Anticyclone Sibérie) et très chaude en été (flux de S ou E)

### **Caractéristiques pluvio-thermique de quelques stations d'Amérique du N**

T° négative en hiver mais plus chaude qu'en France en Été; précipitations en toutes saisons.

### **Climat hyper continental de l'Asie Central**

Trois grands déserts : entre le 40ème parallèle et le 50ème parallèle.

Peu de précipitations (200mm → 30mm à certains endroits) avec un contraste thermique très important.

Désert de Gobi, de Takla-Makan, de Touran :  $T^{\circ}$  de  $-10^{\circ}\text{C}$  à  $22^{\circ}\text{C}$  (normal) avec des maxima de  $-40^{\circ}\text{C}$  à  $47^{\circ}\text{C}$  en été.

Causes :

- Aérologie : hiver : anticyclone sibérien, été : flux humide  $\Rightarrow$  Atlantique Nord et de la mer de Norvège ou du Nord
- Topographie : Situation d'abri / chaînes montagneuses environnantes
- Continentalité : éloignement de ses régions des masses maritimes (désert de Takla Makan : 8000km des masses océaniques)

### 3 Climat des basses latitudes (ZIT)

3 ensembles climatiques :

- Climat aride : présence d'Anticyclone dynamique; présence d'Anticyclone thermiques au dessus des courants marins froids;  $T^{\circ}$  extrêmes ( $-10^{\circ}\text{C}$  à  $+50^{\circ}\text{C}$ )
- Climat tropical humide (sub-humide et humide) : entre le 15eme parallèle au 2eme parallèle,  $T^{\circ} > 18^{\circ}\text{C}$ ; saison caractérisé par une saison sèche/humide (plus on s'approche de l'équateur, plus la durée de la saison humide va être importante); précipitation pendant la période chaude : CIT  $\Rightarrow$  liées à lignes de grains (système convectif caractérisé par des cumulonimbus  $\Rightarrow$  précipitation très intense sur une grande surface)
- Climat équatorial : limite spatiale très difficile : + du 20eme parallèle;  $T^{\circ} \sim 26^{\circ}\text{C}$  toute l'année; saison sèche de 3 mois maximum, Humidité relative moyenne :  $> 75\%$ , nb d'heures d'ensoleillement assez faible (ciel très chargé)