

**Cours
de Bioclimatologie
Master 1-BECPI**

Dr. FRAHTIA K.

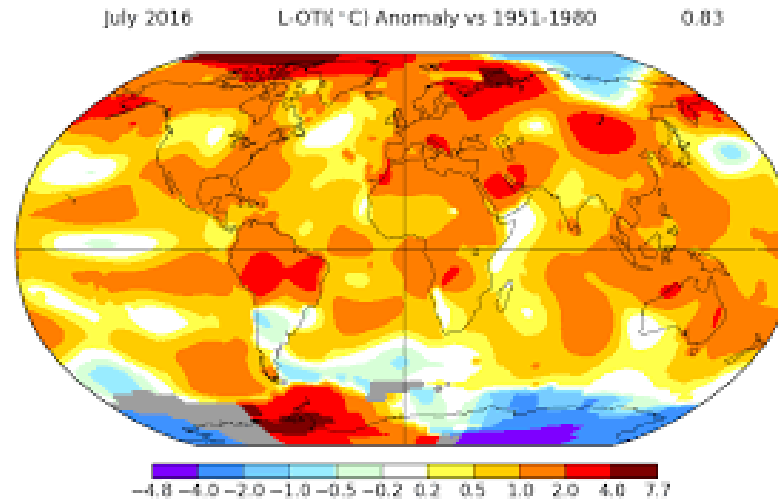
Généralités

1.1. Le climat

Ensemble des circonstances atmosphériques et météorologiques propres à une région du globe.

(Statistiques du temps qu'il fait).

Le climat d'une région est déterminé à partir de l'étude des paramètres météorologiques évalués sur plusieurs dizaines d'années.



- Le climat façonne l'état des surfaces des continents et joue un rôle important dans la vie des sociétés.

- La connaissance du climat ne s'arrête pas à la seule période pour laquelle nous disposons de mesures directes des paramètres atmosphériques.



- **Paléoclimatologie**

(Détermination de grandes variations des climats passés et faisant appel à différents indicateurs : Roches, pollens, cernes des arbres, faunes fossiles des sédiments marins, composition de la neige accumulée dans les calottes de glaces,...)



1.2. Composantes climatiques

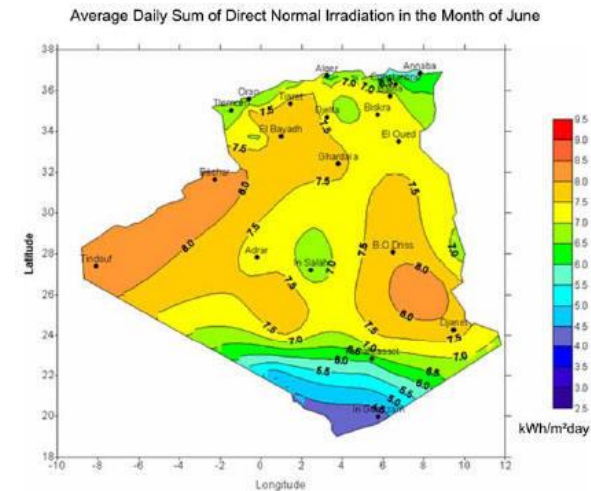
- Les composantes climatiques présentent dans la biosphère des variations considérables qui peuvent s'étudier sur des échelles spatiales différentes. Nous distinguons :
 - ✓ Le macroclimat
 - ✓ Le mésoclimat
 - ✓ Le microclimat

1.2.1. Macroclimat

Un climat relatif à une zone géographique très vaste.

Résulte de la situation géographique et orographique (relief) ou encore les conditions météorologiques générales qui caractérisent les grandes zones climatiques.

Ex : Le climat de l'Algérie.



1.2.2.Mésoclimat

Climat d'une région particulière.

Ex: Climat d'une forêt.



1.2.3. Microclimat

Désigne généralement des conditions climatiques limitées à une région géographique très petite.

Ex: Climat sous un arbre ou une pierre.



CHAPITRE I :

OBSERVATION ET ANALYSE DES MECANISMES ELEMENTAIRES

1. Température

1.1. Définition de la température

- Grandeur physique à laquelle nous sommes le plus sensible. La notion du temps qu'il fait est intrinsèquement liée au sentiment de chaud ou de froid.
- La température traduit l'agitation moléculaire des gaz atmosphériques, conséquence des chocs entre leurs molécules.



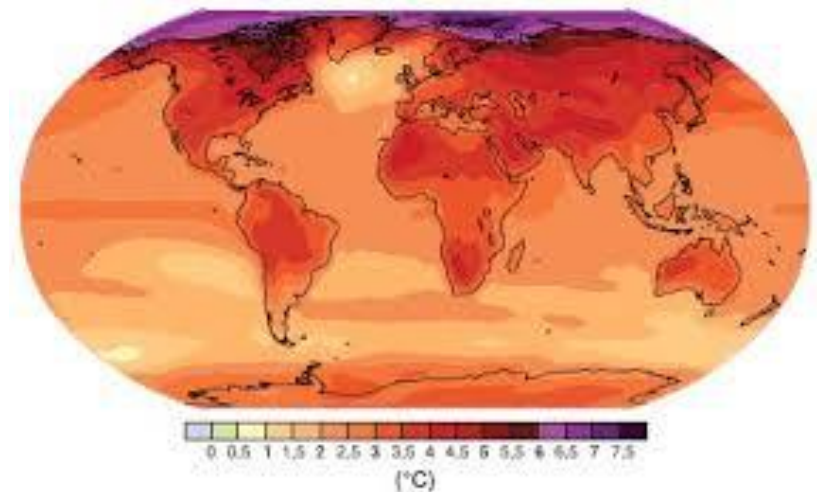
Facteur limitant de toute première importance, car il contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne, de ce fait, la répartition de la totalité des espèces et des communautés d'êtres vivants dans la biosphère.

- L'unité de température utilisée dans la vie courante est le degré Celsius (°C) (glace fondante à 0°C ; eau bouillante à 100°C à la pression normale), mais l'unité internationale reste le kelvin (K).
- Les deux échelles étant liées par la relation:
$$T(K) = T(C^\circ) + 273,15$$
- Les pays anglo-saxons utilisent l'échelle Fahrenheit pour laquelle la glace fond à 32°F et l'eau bout à 212°F à la pression normale.

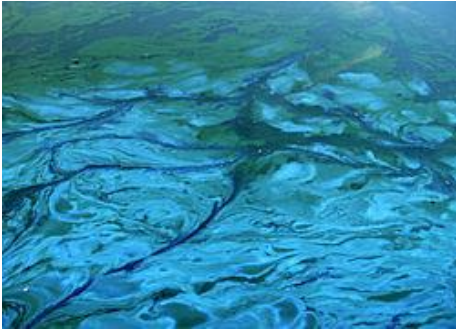
1.2. Importance de la température

1. Toute hausse de température accélère le métabolisme, les réactions biochimiques ainsi que les phénomènes physico-chimiques (loi de Q_{10} : la quantité de chaleur produite, Q , double lorsque la température s'élève de 10°C).
2. Agit directement sur les activités enzymatiques et sur toute une série de phénomènes physico-chimiques extrêmement importants au niveau cellulaire. Elle contrôle ainsi la respiration, la croissance, la photosynthèse, la résistance à des facteurs défavorables du milieu...

3. Les limites des aires de répartition géographique sont souvent déterminées par la température : facteur limitant. Très souvent ce sont les températures extrêmes plutôt que les moyennes qui limitent l'installation d'une espèce dans un milieu.



L'intervalle thermique dans lequel la vie est possible,
est compris entre -200°C et $+100^{\circ}\text{C}$.



Ex.1: Certaines Cyanophycées capables de se développer
dans des eaux dont la température dépasse 80°C .



Ex.2: Certains kystes de Nématodes, spores de cryptogames peuvent supporter des températures inférieures à -180°C .

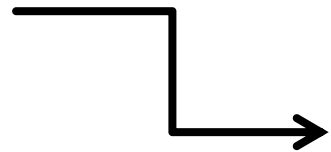


1.3. Réactions des êtres vivants aux conditions thermiques défavorables

A/ Les organismes s'adaptent différemment aux variations thermiques

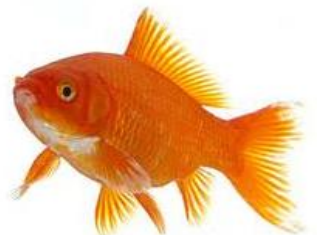
1.3.1. ECTOTHERMES (hétérothermes, poïkilothermes)

- ✓ Incapables de réguler leur température
- ✓ Se réchauffent s'il fait plus chaud et se refroidissent s'il fait plus froid



Sont dits « **à sang froid** »

Ex.: Invertébrés, poissons, amphibiens et reptiles



1.3.2. ENDOTHERMES (homéothermes)

- ✓ Régulent leur température.
- ✓ Maintiennent leur température corporelle à un niveau constant (37°C pour les mammifères).

↳ Sont dits « à sang chaud »

Ex. : Mammifères et oiseaux



-
- On distingue aussi....

*Organisme sténotherme

Organisme qui ne tolère qu'un intervalle limité de températures ambiantes.

Ex.: La Truite de rivière (*Salmo trutta*) est un poisson sténotherme dont la température optimale est de 7 à 17°C et la température létale est de 22 à 25°C.



*Organisme eurytherme

Organisme doué d'une haute tolérance écologique par rapport à la température.

Ex.: La Puce des neiges (*Boreus hyemalis*), insecte qui demeure actif entre -12 et 32°C.



*Organisme microtherme (oligotherme)

Organisme adapté à de basses températures.

Ex.: Le Poisson des glaces (*Trematomus bernacchii*) est un poisson de l'océan glacial arctique qui vit entre $-2,5$ et 2°C .



*Organisme mégatherme (polytherme)

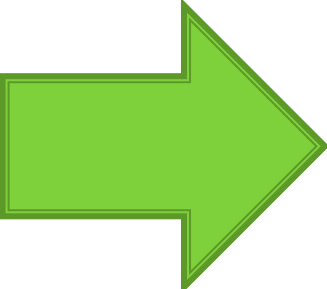
Organisme adapté à des températures élevées.

Ex.: Le Madrépore (espèce de corail) vit dans les massifs coralliens entre 20 et 27°C.



- Cependant, l'intervalle de tolérance de la plupart des espèces vivantes est généralement beaucoup plus étroit, tout au plus de l'ordre d'une soixantaine de degrés (60°C).

Température optimale

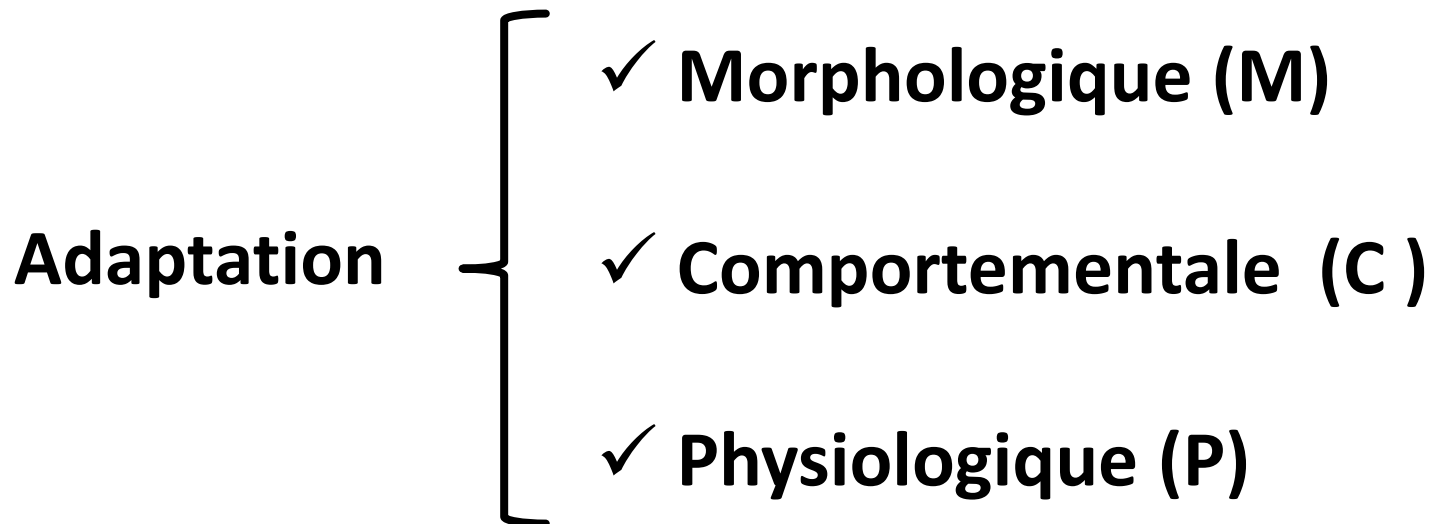


Température à laquelle le développement et les réactions métaboliques se déroulent de la meilleure manière possible, avec le minimum de dépenses énergétiques.

B/ Types d'adaptation aux effets négatifs d'une température inadéquate

La résistance aux températures extrêmes est très variable:

- Plus forte chez les eurythermes que chez les sténothermes.
- Plus forte chez les formes de durée (œufs, kystes,...) que chez les stades métaboliquement actifs.



a. Mécanismes d'adaptation chez les invertébrés



1. Déshydratation poussée à un très haut degré (Anhydrobiose).

Ex.: La larve du Diptère *Brachycere polypedilum* réduit la teneur en eau de son corps à 97%, peut être exposée à des T° comprises entre -270°C et +90°C, sans mourir ...P

Anhydrobiose: Etat particulier d'un organisme vivant manifestant une forme de résistance.

L'organisme est fortement déshydraté et les fonctions vitales sont complètement ou presque complètement arrêtées. Le retour de l'humidité provoque la remise en route du métabolisme « **reviviscence** ».

2. Ajustement du métabolisme et du rythme d'activité au déroulement des saisons...**P**

3. Sélection des génotypes thermiquement les mieux adaptés (intéresse l'espèce et non les individus)...**P**

b. Mécanismes d'adaptation chez les vertébrés

-Réduction de la longueur des appendices (oreilles, queue, cou, pattes, ailes) afin de réduire les pertes thermiques (Règle d'Allen)..... **M**

**Renard
Polaire**



**Renard
Roux**

- Cette adaptation permet à l'animal des milieux chauds, de rayonner de la chaleur et de lutter ainsi contre l'élévation de sa température corporelle.

Ex.: Le Fennec (*Fenecus zerda*) ayant de très grandes oreilles, est inféodé aux déserts subtropicaux.....**M**



-La taille et la masse des espèces tendent à croître avec la latitude (Loi de Bergmann)**M**

Manchot Empereur

50kg

Latitudes australes



Manchot de Galápagos

<3 kg

Equateur

c. Mécanismes d'adaptation chez les végétaux

Les plantes les plus résistantes aux hautes températures sont celles des déserts subtropicaux :

- Records de chaleur en milieu continental (2009):
 - 56,7°C dans la Vallée de la Mort (Californie)
 - 55,9°C dans le Fezzan (Libye).



- Plantes **xérophiles**

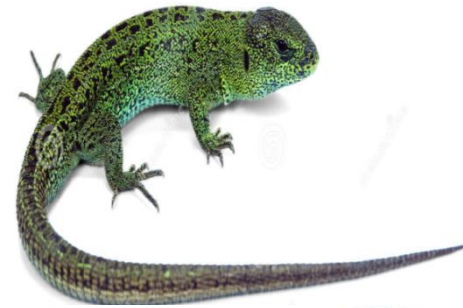
Ex.: Les cactées pouvant supporter jusqu'à 65°C.....**M**

Autres exemples....

-Peau épaisse
-présence de graisse... **(M)**



-Lézard qui se chauffe au soleil le jour et se cache dans son terrier la nuit..... **(C)**



-Scorpion qui se tient sur une patte puis sur une autre sous le chaud soleil du désert..... **(C)**



-Plumes et poils.... (M)



-Le chien, pour se refroidir, halète, dilate ses vaisseaux sanguins cutanés et transpire..... (P)



- Se serrer les uns contre les autres, changer d'endroit, migrer (C)



- **Migration**



Solution parfaite qui échappe aux organismes dépourvus de grandes possibilités de déplacement actif.

Ex.: Insectes (Monarque), Oiseaux (Flamant Rose).



- Les oiseaux (à l'état adulte) quittent en automne, des régions qui vont bientôt devenir trop froides et par conséquent trop pauvres en nourriture.
- Ils reviendront au printemps.
- La ponte, l'éclosion surtout, et les premières semaines de vie des jeunes se dérouleront ensuite dans des conditions thermiques optimales.



- **Hibernation/Hivernation**

- A l'approche de l'hiver, bon nombre de mammifères se réfugient dans leur terrier. Certains hibernent alors que d'autres hivernent.

*Hibernation

- L'organisme entre, pendant plusieurs mois, en véritable état de **léthargie**.
- L'animal est littéralement endormie mais répond tout de même à certains stimuli comme le toucher, le bruit sans pour autant sortir de son état.
- **Ex.:** Marmotte.



*Hivernation

- L'animal est dans un état de somnolence plutôt que de sommeil profond.
- Son cerveau est très actif et réactif.
- Pendant ces périodes de vie au ralenti, il présente de nombreuses phases de réveil où il peut se déplacer, s'alimenter,...
- **Ex.:** Ours.





*Estivation



- Ce processus consiste à un arrêt d'activité pendant la saison chaude.
- Les espèces déserticoles évitent les chaleurs excessives en s'enfouissant au fond de galeries souterraines.

Ex.: Tortue, Escargot,...



1.4. Variations de la température

La température varie en fonction :

- Lieu (altitude, latitude)
- Saison
- Heure
- Vent
- Couverture nuageuse
- Humidité....

Au cours d'un cycle de 24 heures,

- La température subit l'oscillation diurne qui présente un minimum avant le lever du soleil et un maximum en début d'après-midi.
- L'amplitude de cette oscillation est plus faible au-dessus de la mer qu'au-dessus des continents.

2. Nuages et précipitations

2.1. Nuages

- Les nuages représentent la partie visible de l'eau atmosphérique et sont donc constitués d'eau condensée (Eau liquide ou solide : glace).
- Les éléments microphysiques qui le composent : gouttelettes, gouttes, cristaux de glace , flocons de neige ou autres particules glacées sont appelées: **hydrométéores**.

Comment se forment les nuages ?

1. Une particule d'air doit avant tout contenir suffisamment de vapeur d'eau pour qu'une saturation se produise.
2. La vapeur d'eau doit trouver des supports sur lesquels elle puisse se condenser et former des hydrométéores.

Supports : Particules d'aérosol (Grains de poussière microscopiques) jouant le rôle de noyaux de condensation.

L'aspect visuel des nuages varie considérablement en fonction de :

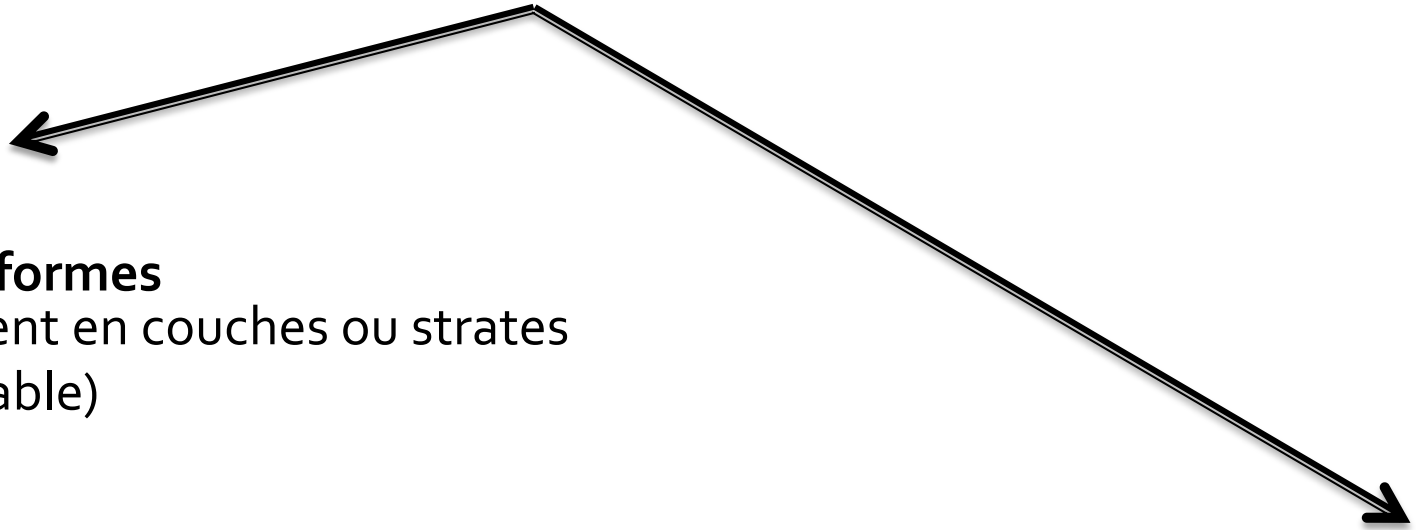
- Altitude à laquelle ils se forment
- Saison
- Lieu
- Conditions atmosphériques

Les couleurs qu'ils arborent sont dues aux conditions d'éclairement :

- Blancs : Surface soumise au rayonnement solaire direct;
- Base grise (Noire): Epaisseur est telle qu'elle atténue l'intensité du rayonnement solaire.

- Pour former un nuage, la vapeur d'eau doit atteindre puis dépasser la saturation. Elle se condense alors sous forme liquide ou solide, suivant la température, autour de minuscules particules solides présentes dans l'atmosphère : **Noyaux de condensation** (Provoquant la condensation liquide) ou **noyaux glaçogènes** (Provoquant la condensation solide).

Dès 1802, un pharmacien britannique nommé Luke Howard proposa une classification adoptée en 1956 par l'Organisation Mondiale de Météorologie (O.M.M).



Nuages stratiformes
(Développement en couches ou strates dans un air stable)

Nuages cumuliformes
(Développement vertical dans un air instable)

Classification générale =10 genres distribués suivant 4 groupes liés à l'altitude à laquelle on les rencontre.

- Les nuages les plus élevés, qui occupent ce que les météorologues appellent l'étage supérieur, possèdent le préfixe **cirro-**(de *cirrus*, filament).
- Les nuages d'altitude intermédiaire occupent l'étage moyen et possèdent le préfixe **alto-** (de *altus*, haut).
- Les nuages les plus bas occupent l'étage inférieur et sont affectés du préfixe **strato-**(de *stratus*, étendu).
- Le 4^{ème} groupe réunit les 2 genres de nuages cumuliformes.

- Ces 10 genres peuvent être subdivisés en diverses espèces et variétés qui caractérisent les formes aussi bien que les structures et peuvent être communes à plusieurs genres. On qualifie ainsi certains nuages de *fibratus* (fibreuse), *undulatus* (ondulé), *opacus* (opaque), *translucidus* (translucide).....

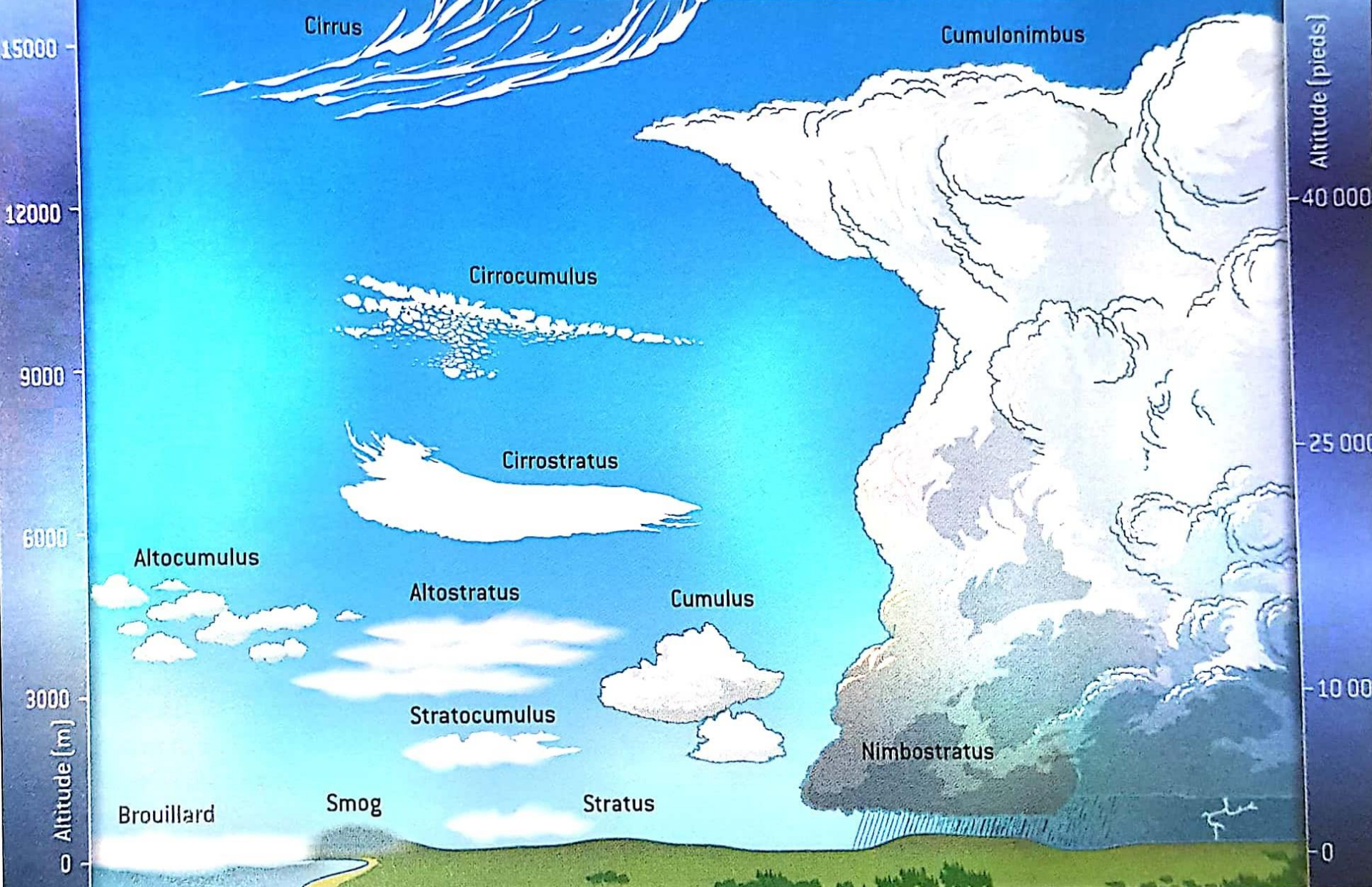


Figure: Représentation symbolique des dix genres de nuages.

Tableau1 :
Description des dix genres de nuages.

Etage	Nom	Hauteur base	Epaisseur	Composition	Précipitations
Supérieur	Cirrus (Ci)	7-10 km	Jusqu'à qlq km	Cristaux de glace	N'atteignent presque jamais le sol
	Cirrocumulus (Cc)	6-8 km	200-400 m	Cristaux de glace	Aucune
	Cirrostratus (Cs)	6-8 km	100m à qlq km	Cristaux de glace	N'atteignent presque jamais le sol
Moyen	Altostratus (As)	3-5km	1-2km	Mixte: glace et liquide	Neige en hiver
	Altostratus (As)	3-5km	1-2km	Mixte: glace et liquide	Neige en hiver
Inférieur	Nimbostratus (Ns)	100m-1km	Plusieurs km	Mixte: glace et liquide	Pluie ou neige continue
	Stratocumulus (Sc)	600m-1,5km	200-800m	Surtout liquide	Rares
	Stratus (St)	100-700m	200-800m	Surtout liquide	Rares

Nuages à développement vertical	Cumulus (Cu)	800 m à 2 km	Qlq centaines de mètres à qlq kilomètres	Liquide	Rares
	Cumulonimbus (Cb)	400 m à 1 km	Plusieurs km	Mixte: liquide et glace	Forte pluie Parfois grêle

2.2. Précipitations

Un nuage ne produit pas toujours de précipitations. Pour qu'il le fasse, il est nécessaire que les hydrométéores qui le constituent grossissent suffisamment.



La nature des précipitations produites par un système nuageux dépend fortement de la température:

- Nuages chauds ne contenant que de l'eau liquide ne produisent que de la pluie
- Nuages ne contenant que de la glace peuvent produire des chutes de neige tant que la T° reste négative.



Pluviométrie

- Quantité totale de précipitations (pluie, grêle, neige) reçu par unité de surface et par unité de temps.

Hygrométrie

- Quantité de vapeur d'eau contenue par unité de volume d'air.



2.2.1. Pluie

EAU



70 à 90% des tissus des êtres
vivants en état de vie active

- L'approvisionnement en eau et la réduction des pertes constituent des problèmes écologiques et physiologiques fondamentaux.
- En fonction de leurs besoins en eaux, et par conséquent de leur répartition dans les milieux, on distingue :

Espèces aquatiques

Espèces qui vivent dans l'eau
en permanence.

Ex.: Poisson, Corail...



Espèces hygrophiles

Espèces qui vivent dans des milieux humides

Ex.: Amphibiens, animaux du sol
et des grottes, Aulne,...



Espèces xérophiles



Espèces qui vivent dans les milieux secs

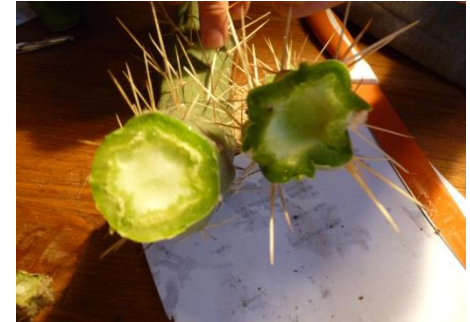
Ex.: Espèces des déserts

(Fennec, Dromadaire, Cactus,...)



2.2.1.1. Mécanismes d'adaptation chez les végétaux

1. Réduction de l'évapotranspiration
par le développement de structures
cuticulaires imperméables.



2. Réduction du nombre de stomates.



3. Réduction de la surface des feuilles
(transformation en écailles / épines)



4. Les feuilles tombent à la saison sèche et se reforment après chaque pluie.



5. Le végétal assure son alimentation en eau grâce à un appareil souterrain puissant.



6. Mise en réserve d'eau dans les tissus aquifères associés à une bonne protection épidermique.

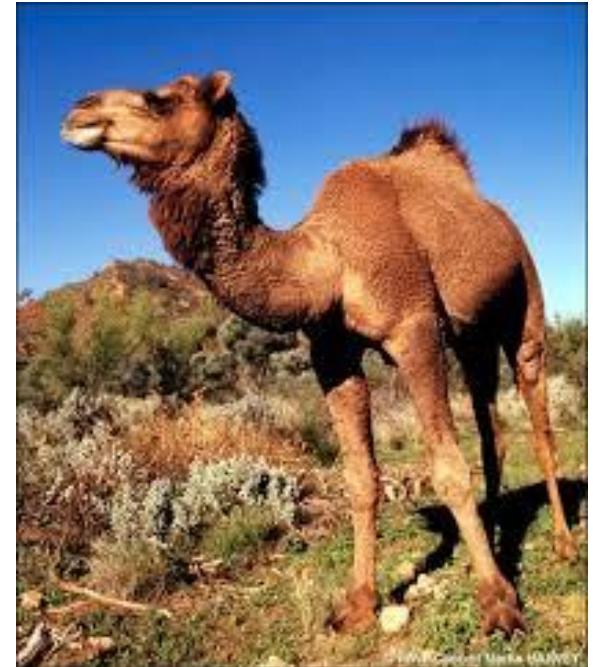


2.2.1.2. Mécanismes d'adaptation chez les animaux

1. Utilisation de l'eau contenue dans les aliments.

2. Réduction de l'excrétion de l'eau par émission d'une urine de plus en plus concentrée.

3. Utilisation de l'eau de métabolisme formée par l'oxydation des graisses (Dromadaire).



2.2.2. Neige



- Facteur écologique de toute première importance dans les milieux subpolaires et montagnards. Il exerce des actions biologiques variées, de nature thermique et mécanique.

2.2.2.1. Effets favorables

- La couverture neigeuse, par ses propriétés isolantes protège efficacement du froid les êtres vivants.

Ex.: Toundra arctique :

-Température de l'air inférieure à **-50°C**

-Température à 60 cm en dessous de la couche neigeuse : **-20°C**



- En règle générale, la température de la neige, à une dizaine de centimètres au-dessous de sa surface est à peine inférieure à 0°C.
- Ceci explique pourquoi les campagnols et d'autres rongeurs des régions froides peuvent résister aux basses températures, malgré leur fourrure peu épaisse.



2.2.2.2. Effets défavorables

- A l'opposé, la neige peut constituer un facteur écologique défavorable là où elle persiste longtemps car elle réduit la période végétative (apparition d'associations végétales dites « **chionophiles** » adaptée à la persistance de la couverture neigeuse).
Ex.: Saule et Mousses.



- L'accumulation de la neige sur les végétaux arborés et arbustifs exerce une action mécanique défavorable, courbant les tiges et provoquant la rupture des branches.



2.2.3. Cycle de l'eau

L'hydrosphère est divisée en cinq réservoirs:

- Les océans et les mers (contenant l'essentiel de l'eau liquide terrestre)
- Les eaux continentales (aussi bien en surface que souterraines)
- La biosphère
- L'atmosphère (sous forme liquide, solide et gazeuse)
- La cryosphère (ensemble des constituants terrestres composés de glace)

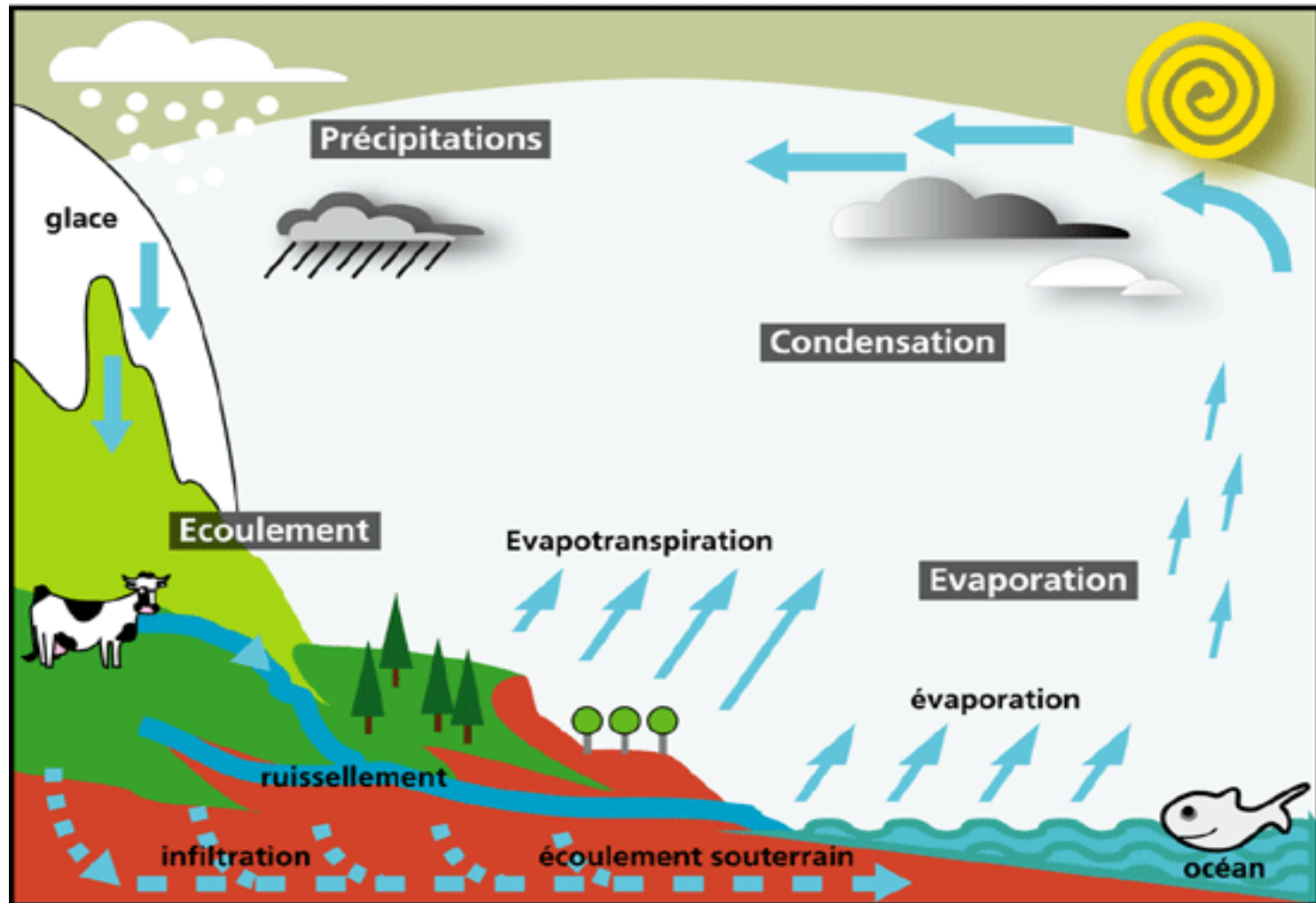
- Le cycle de l'eau consiste en un échange d'eau entre les différents compartiments de la Terre.

- Sous l'effet de la chaleur du soleil, l'eau des mers, des fleuves et des lacs s'évapore.
- L'eau transpirée par les végétaux (évapotranspiration) s'évapore également.
- Cette eau rejoint alors l'atmosphère sous forme de vapeur d'eau (nuages).
- Lorsque les nuages (poussés par le vent) traversent des régions froides, la vapeur d'eau se condense, et retombe sur le sol sous forme de pluie, de neige ou de grêle.
- Les $\frac{7}{9}$ du volume total de ces précipitations retombent à la surface des océans et les $\frac{2}{9}$ seulement sur les continents.

La circulation de l'eau dans la lithosphère emprunte trois voies :

- **Ruissellement** : phénomène d'écoulement des eaux à la surface des sols. Il assure l'alimentation des cours d'eaux qui restituent en dernier lieu ce volume d'eau à l'océan mondial.
- **Evaporation et évapotranspiration** : Constitue le phénomène opposé de l'infiltration. L'évapotranspiration, somme de la quantité d'eau transpirée par les plantes et évaporée par les sols, joue un rôle essentiel dans le cycle de l'eau sur les continents. Il s'évapore en effet jusqu'à 50 tonnes d'eau chaque année d'un hectare de forêt feuillue.
- **Percolation (infiltration)** : Phénomène de migration de l'eau à travers les sols (Perméables). L'infiltration assure l'alimentation des nappes phréatiques.

Cycle de l'eau...



Bilan hydrique

- Exprime la différence entre les apports d'eau et les pertes par évaporation du sol nu ainsi qu'avec celles qui résultent de l'évapotranspiration végétale.
- Entre 97 et 99% de l'eau absorbée par les végétaux est perdue par évapotranspiration.
- En réalité, le bilan hydrique du sol est tout aussi important que la valeur absolue des précipitations.

3. Humidité atmosphérique

- L'eau qui s'évapore est absorbée par l'atmosphère d'une manière invisible.
- L'évaporation est plus intense par temps chaud que par basse température.
- L'eau évaporée se mélange à l'air sous forme de vapeur translucide et constitue ce qu'on appelle **l'humidité atmosphérique**.
- L'humidité visible (brouillard, pluie, neige, eau de condensation) ne fait pas partie de l'humidité atmosphérique mais elle en résulte.

3.1. Humidité absolue

- L'humidité absolue d'une masse d'air est le nombre de grammes de vapeur d'eau contenus dans 1 m^3 de cet air. Exprimée en (g/m^3) .

Quelle est donc la quantité maximum d'eau que l'air peut absorber ?

A	—	20 ⁰ C	1.1	grammes d'eau
	—	15 ⁰ C	1.6	
	—	10 ⁰ C	2.3	
	—	5 ⁰ C	3.4	
		0 ⁰ C	4.9	
	+	5 ⁰ C	6.8	
	+	10 ⁰ C	9.4	
	+	15 ⁰ C	12.8	
	+	18 ⁰ C	15.3	
	+	20 ⁰ C	17.2	
	+	25 ⁰ C	22.9	
	+	30 ⁰ C	30.1	
	+	35 ⁰ C	39.3	
+	40 ⁰ C	50.8		

1 m³ d'air saturé d'eau contient
(pour une pression barométrique
de 760 mm)

- La tablette précédente montre que la capacité d'absorption d'eau varie fortement avec la température. Par conséquent la notion d'humidité absolue ne dit pas si l'air pourrait absorber encore de l'eau ou s'il est déjà saturé.

3.2. Humidité relative

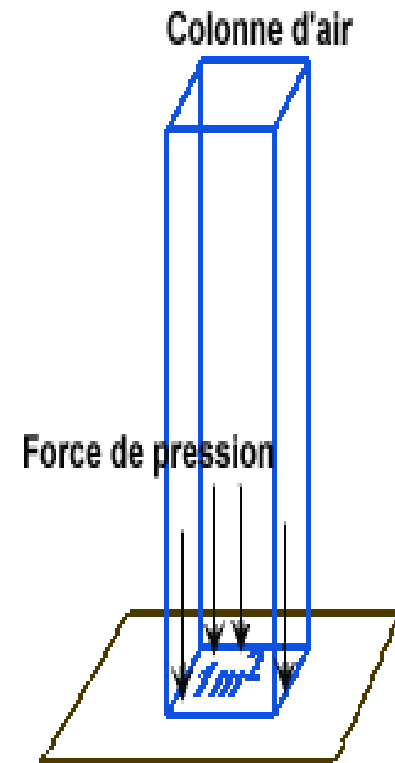
- C'est le rapport entre la quantité de vapeur d'eau réellement contenue dans une masse d'air à une température déterminée et la quantité maximale de vapeur d'eau que la masse d'air pourrait contenir à la même température. Exprimée en %.

- L'air absolument sec a une humidité relative de 0% et l'air saturé d'eau, de 100 %.

4. Mouvements latéraux de l'atmosphère

4.1. Pression atmosphérique

- Grandeur principale dont dépend la météorologie.
- Elle se définit en tout point de l'atmosphère. Elle représente le poids de la colonne d'air qui s'exerce sur une surface horizontale de 1m^2 centrées sur le point considéré. Il s'agit donc d'une force par unité de surface.



Elle peut s'exprimer en :

- Newton (N /m^2) qui s'exprime en pascal (Pa).
- Hectopascal ($1\text{hPa} = 100 \text{ Pa}$)
- Millibar ($1\text{mB} = 1\text{hPa}$)

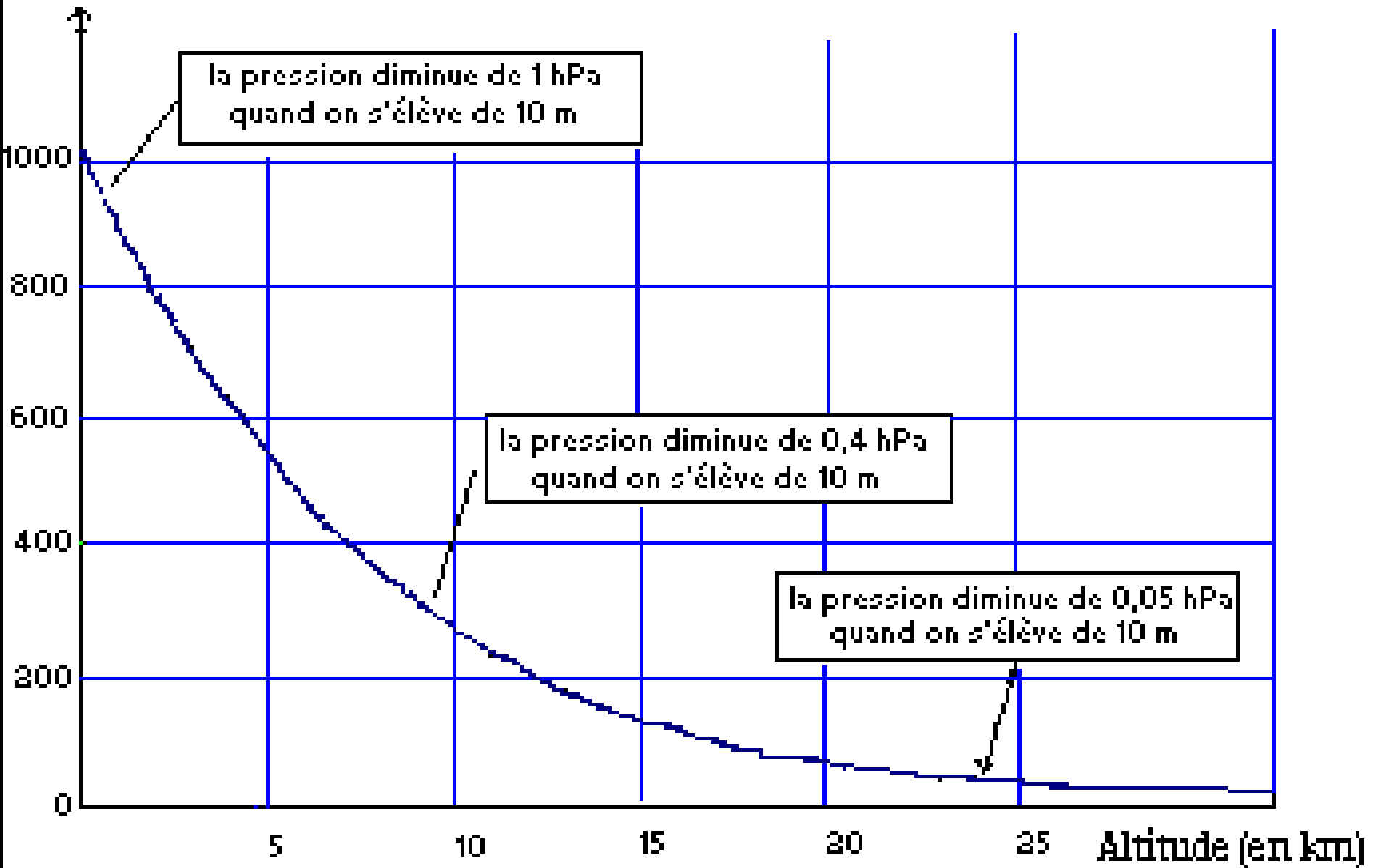
La variation de la pression avec l'altitude est exponentielle décroissante :

- 1 hPaà 10m d'altitude
- 0,4 hPa.....à 10 km d'altitude
- 0,05 hPa.....à 25 km d'altitude

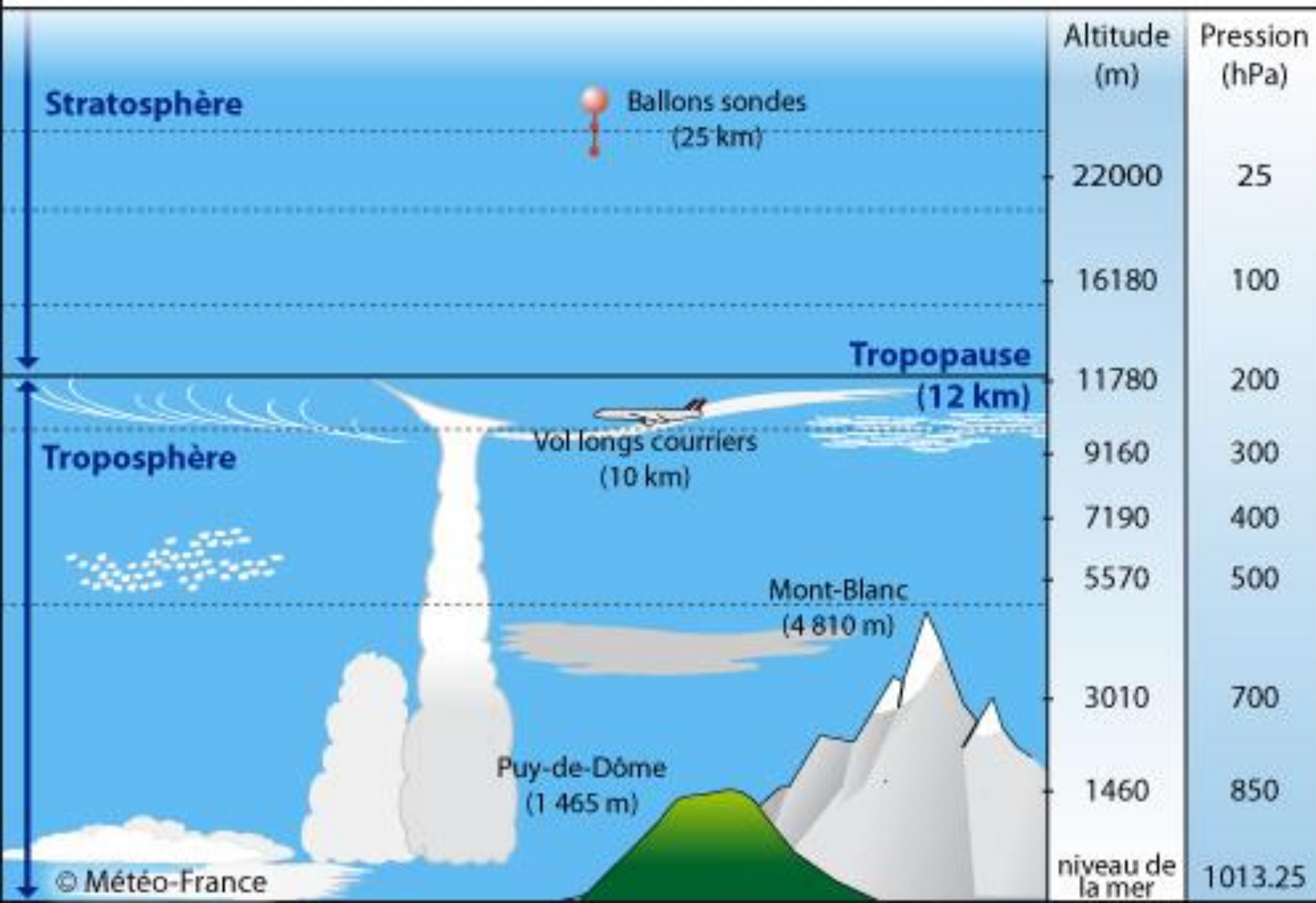
- La valeur moyenne de la pression observée au niveau de la mer sur toute la surface du globe, appelée « pression normale » est de **1013,25 hPa**.

Variation de la pression atmosphérique en fonction de l'altitude

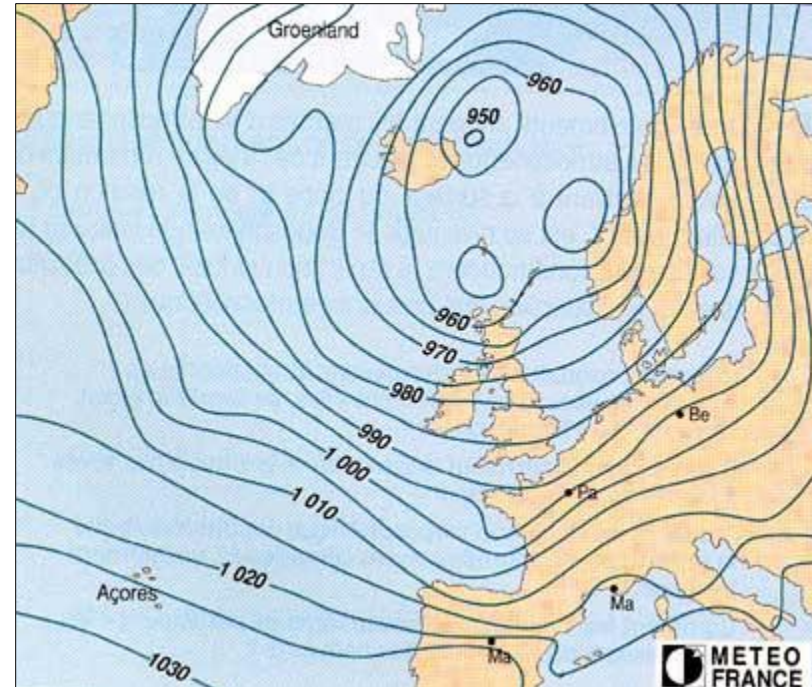
Pression (en hPa)



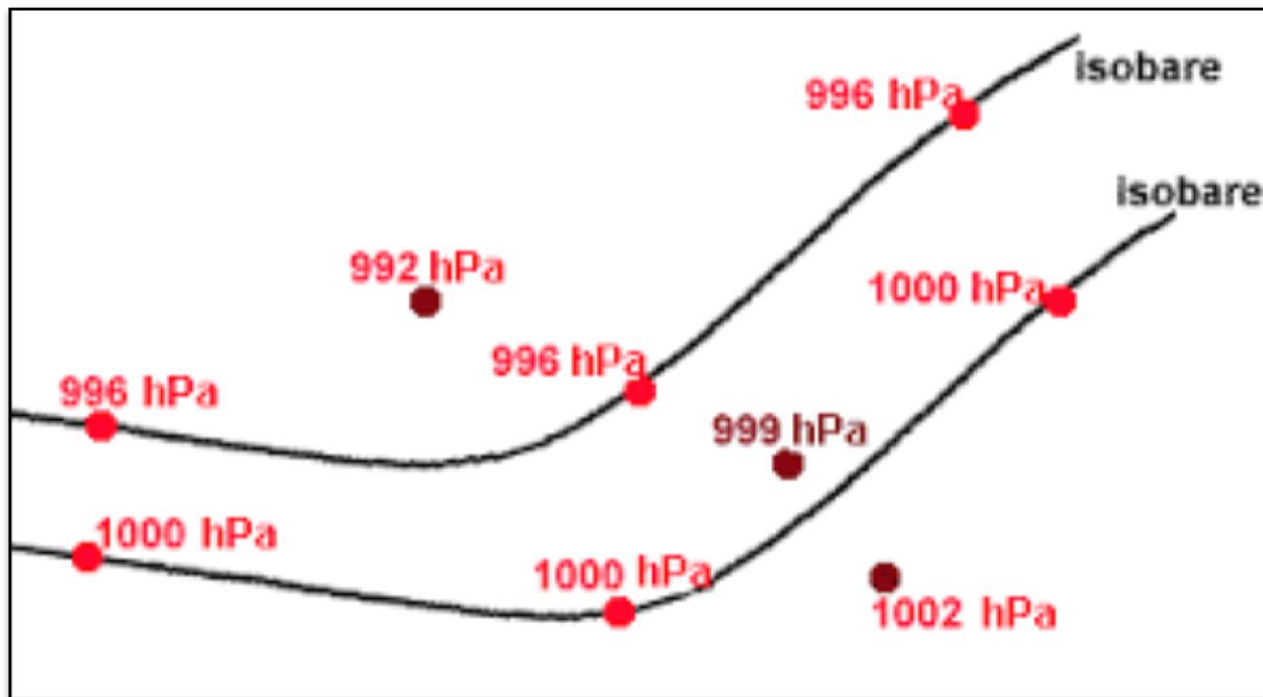
Variation verticale de la pression atmosphérique



- Représentation dans l'espace de la pression atmosphérique appelée **champs de pression**, est fondée sur la définition des **surfaces isobares (constituées de lignes isobares)**, surfaces d'égale pression.



- Ainsi la ligne 1000 relie tous les points où la pression vaut 1000 hPa.





4.2.Vent

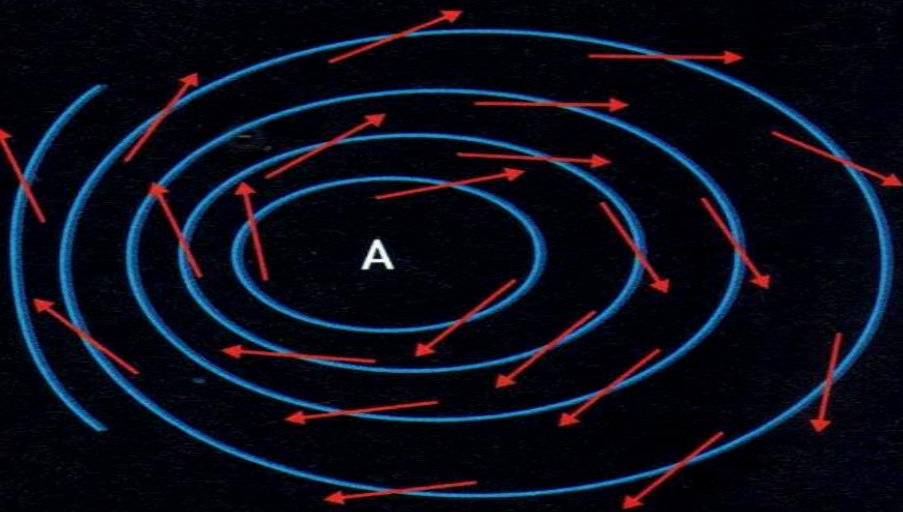
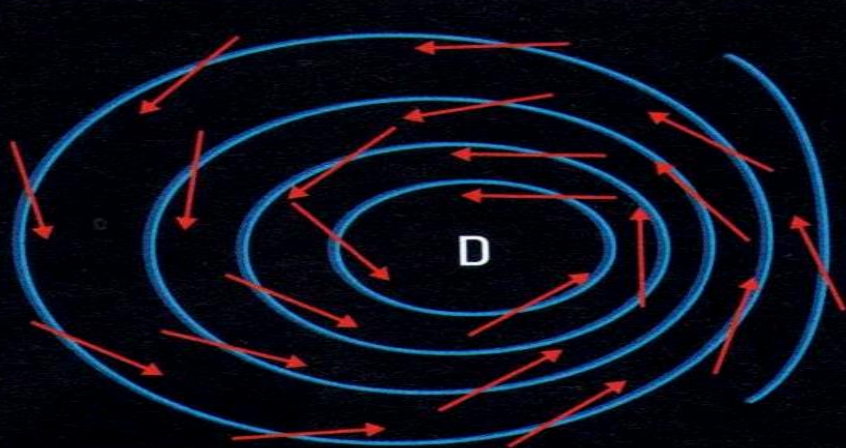
Mouvement de l'air dans l'atmosphère,
produit par des différentes pressions
atmosphériques

(Déplacement des zones de hautes pressions vers
les zones de basses pressions)

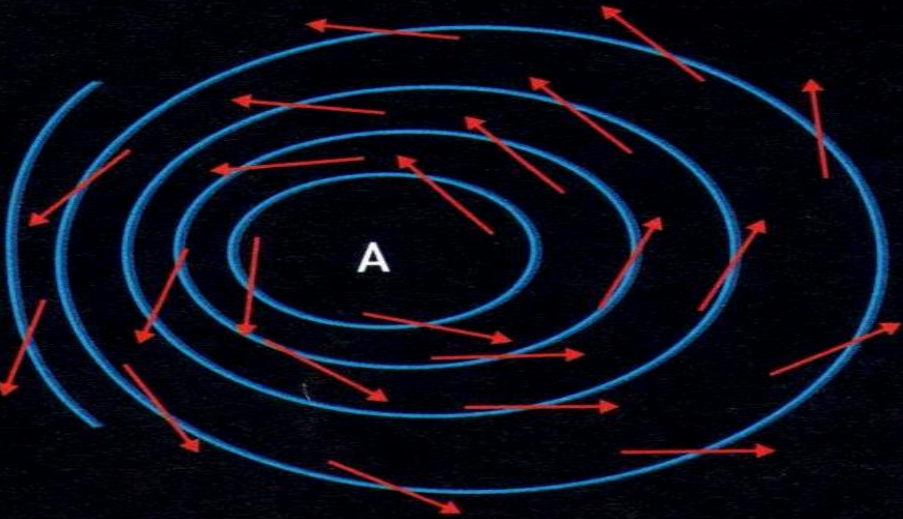
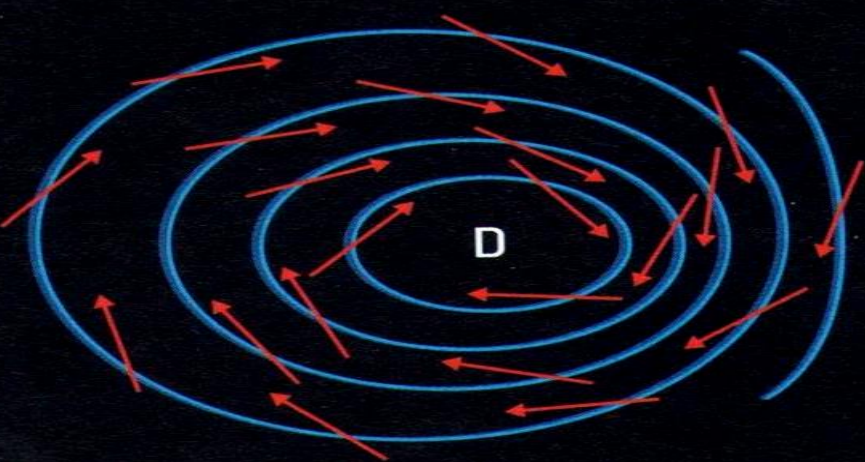


- Le vent est d'autant plus fort que les lignes isobares sont resserrées.
- Au niveau du sol dans les deux hémisphères, les frottements dévient le vent vers les basses pressions

- Autour d'une dépression, le vent cyclonique tourne donc dans le sens inverse des aiguilles d'une montre dans HN. C'est l'inverse dans l'HS.
- Néanmoins, dans les deux cas, les masses d'air se rapprochent du centre dépressionnaire **D** qui constitue donc une zone de convergence des vents.



Hémisphère Nord

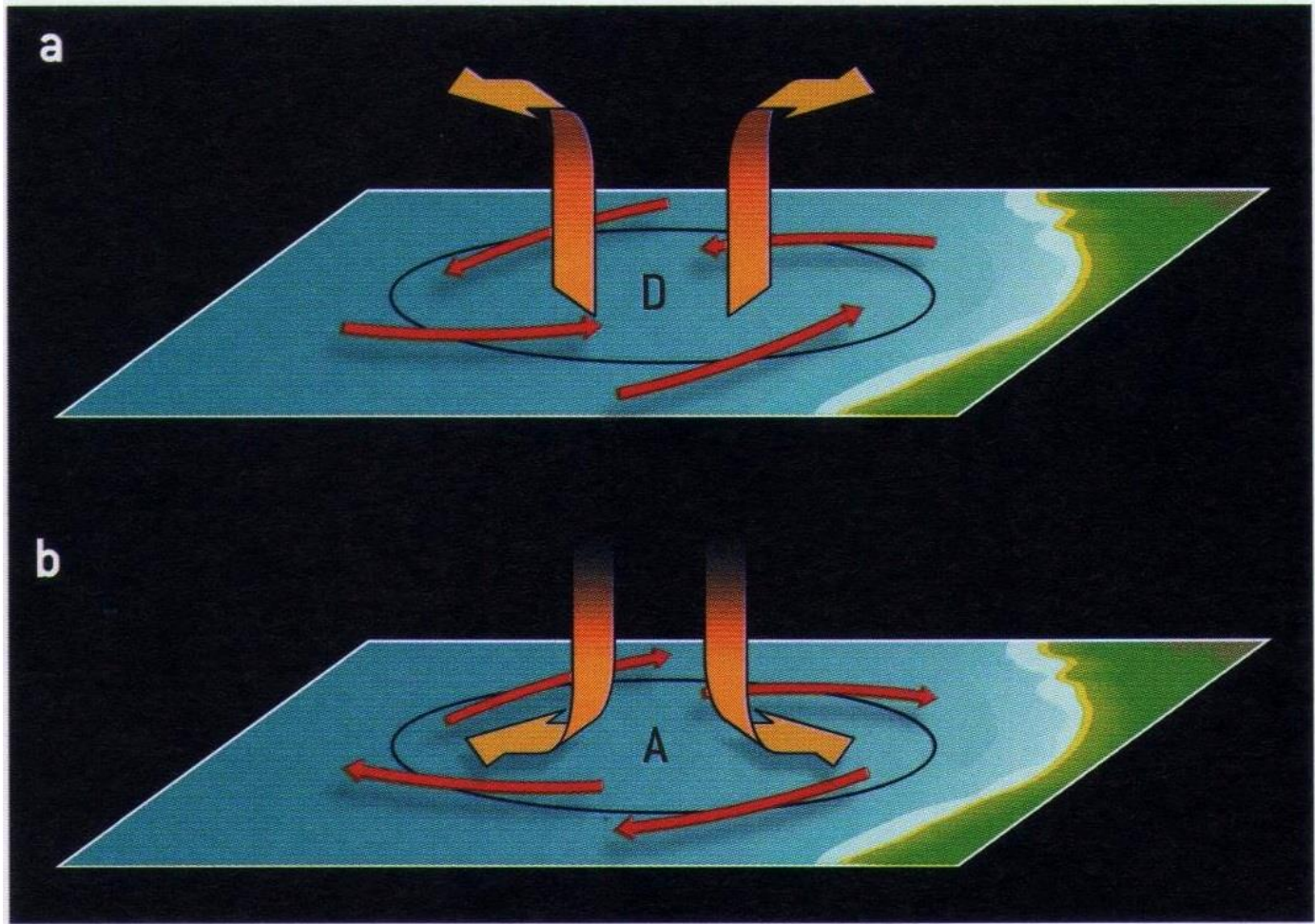


Hémisphère Sud

- La zone dépressionnaire devient donc le siège d'un soulèvement des particules d'air des basses couches chargées d'humidité, favorisant ainsi un mécanisme de convection forcée. L'air ascendant se refroidit et les conditions de condensation (Formation de nuages) sont réunies.
- La zone dépressionnaire devient donc une zone de temps perturbé.

- L'inverse se produit autour d'un anticyclone. La divergence des masses d'air entraîne un mécanisme de **subsidence** (descendance) d'air d'altitude. Son réchauffement fait décroître son humidité relative qui tend donc à diminuer au sol. Le beau temps s'établit.

Schéma de convergence autour des dépressions (a) et de divergence des vents autour des anticyclones (b)



Impact du vent sur les êtres vivants

- Augmente l'évaporation (Pouvoir de dessèchement)
- Facteur de refroidissement.
- Agent de dispersion des animaux et des végétaux.
- Ralentie l'activité des insectes.
- Crée en forêt, des clairières dans lesquelles des jeunes arbres peuvent se développer.



- Le vent a un effet mécanique sur les végétaux:
Anémomorphose.



SSW (terre)

NNE (mer)

————> vent dominant

orientation des anémomorphoses



5. Lumière et ensoleillement

L'ensoleillement est la durée pendant laquelle le soleil a brillé.

L'éclairement a une action importante par :

- Son intensité
 - Sa nature (longueur d'onde)
- La durée de son action (photopériode).

En fonction de l'intensité lumineuse, on distingue :



Espèces héliophiles
(=de lumière)

Espèces sciaphiles
(=d'ombre)



Chez les végétaux....

Les héliophytes présentent leur croissance maximale sous de forts éclairagements et ne tolèrent pas l'ombre d'autres individus. **Ex.:** Ciste, Romarin.



Les sciaphytes nécessitent une ombre forte pour leur croissance. **Ex.:** Fougère, mousse.

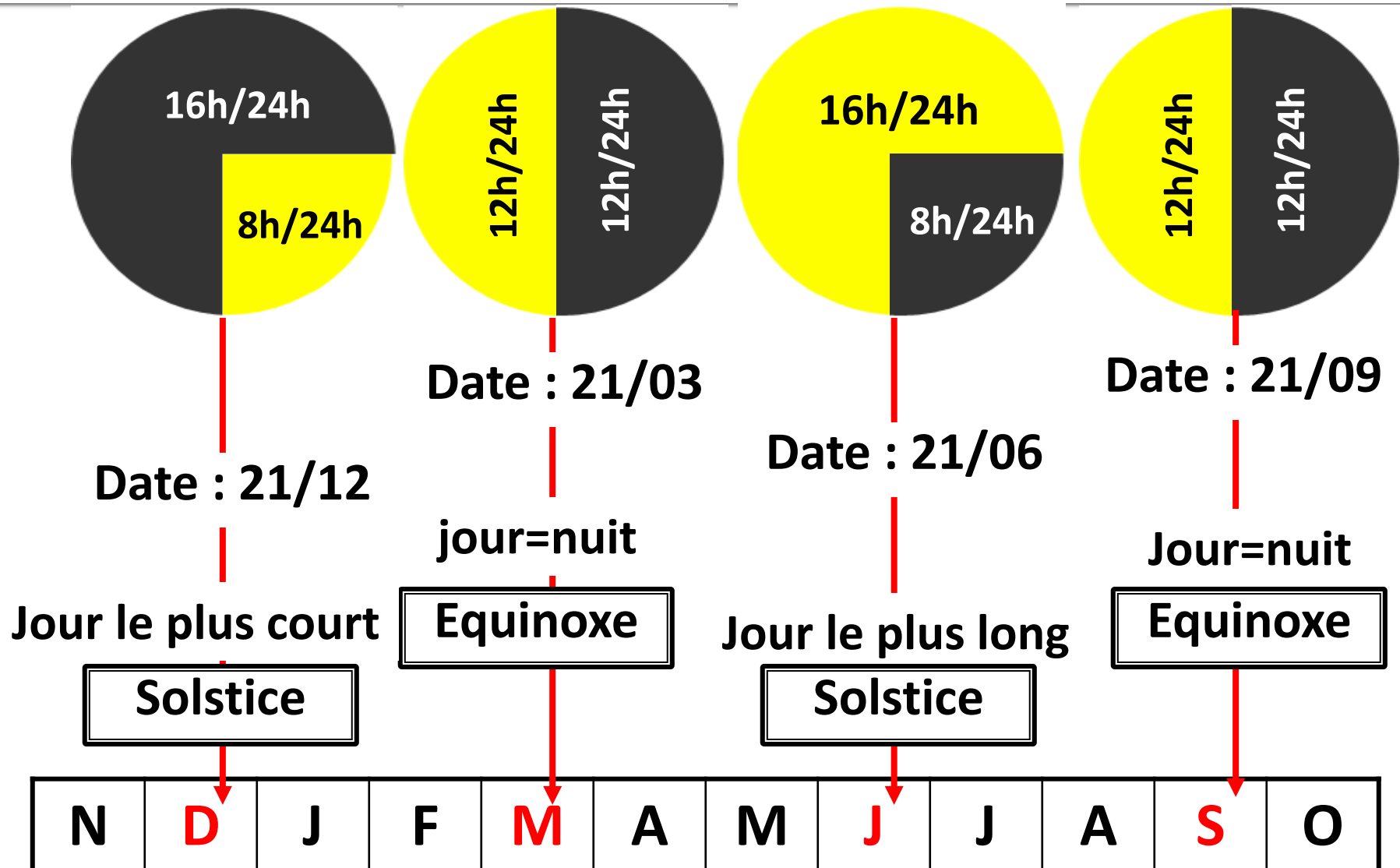


Photopériode



- Au cours du cycle nyctéméral(24h), alternent une **période d'obscurité (scotophase)** et une **période d'éclairement (photophase)** dont la durée relative détermine la nature de la photopériode.
- En d'autres termes, la photopériode est le rapport entre la durée du jour et la durée de la nuit.

- Photopériode courte = prédominance de la scotophase.
- Photopériode longue = prédominance de la photophase.



La photopériode croît de l'Equateur vers les Pôles

- **A l'Equateur :**

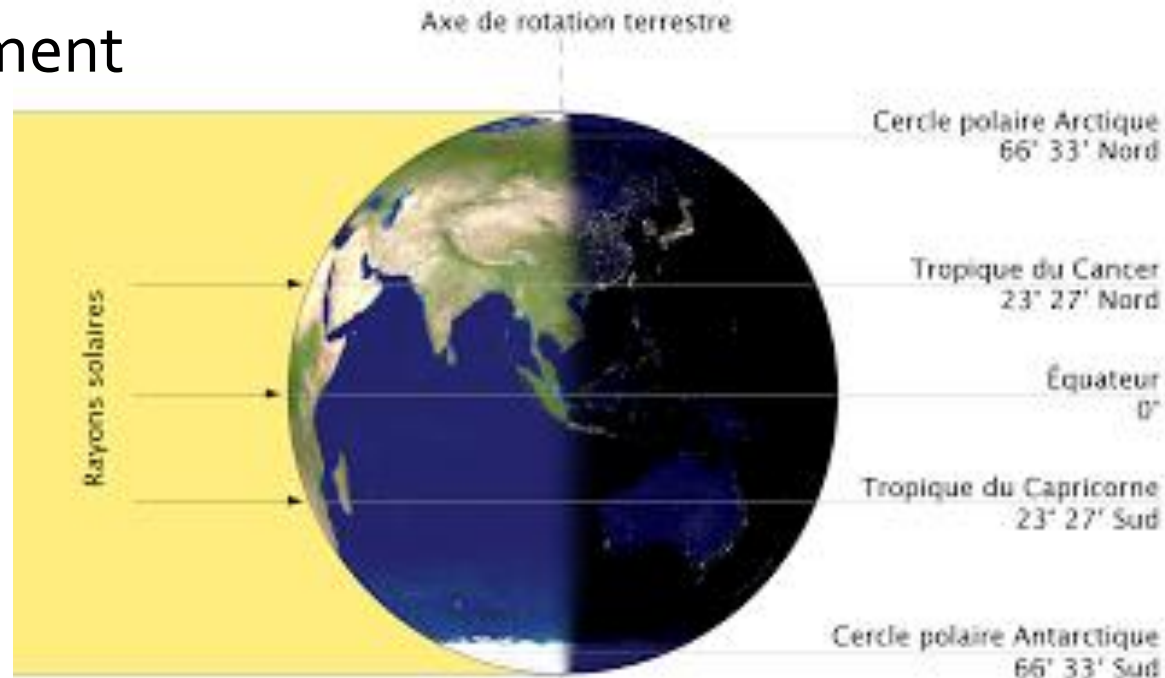
les jours sont rigoureusement égaux aux nuits, pendant toute l'année.

- **Au Tropiques:**

l'inégalité reste faible (sans influence).

- **Aux très hautes latitudes:**

au-delà du cercle polaire, nuits et jours dépassent les 24h.



5.1. Action sur les végétaux



Les végétaux peuvent être divisés en trois catégories :

- **Les végétaux de jours courts (nyctipériodiques):**

Ne fleuriront que si la photopériode au moment de l'éclosion des bourgeons est inférieure ou égale à 12h d'éclairement.

Ex.: Canne à sucre, Soja.



■ Les végétaux de jours longs (héméropériodiques):

Ont besoin pour fleurir
d'au moins 12h d'éclairement.

Ex.: Betterave, Epinard



- **Les indifférents (photoapériodiques) :**

La durée d'éclairement ne joue aucun rôle dans la floraison.

Ex. : Espèces tropicales.



5.2. Action sur les animaux

5.2.1. Rythmes journaliers (circadiens/nycthéméraux) (24h):



Correspond à une périodicité de 24 h.
(Alternance jours/nuits– activité/repos)
Entretenus par l' horloge biologique
(mécanisme interne mal connu, dont le réglage est
conditionné par l'éclairement et la température).



- **En milieu terrestre** : Contrôle l'activité journalière, l'alimentation, le repos nocturne (ou diurne).
- **En milieu aquatique** : Contrôle les migrations verticales du zooplancton.

5.2.2. Rythmes saisonniers :

Conditionnent la diapause, les migrations, la reproduction, le développement testiculaire, le plumage nuptial chez certaines espèces d'oiseaux...



4. Phénomènes radiatifs

1. Atmosphère

1.1. Définition

- L'atmosphère constitue l'enveloppe de gaz et particules qui entoure notre planète sous l'action de la force de gravitation.
- On peut considérer que notre atmosphère s'étend sur 500 km. Au delà de 500km, on rentre dans l'exosphère.
- La Terre n'est pas la seule planète à posséder une atmosphère, mais c'est la seule dont l'atmosphère possède de l'eau sous ses 3 états.

1.2. Composition

- L'atmosphère est un mélange de gaz dont la vapeur d'eau est en quantité très variable.
- Si l'on fait abstraction de l'eau, l'atmosphère sèche est composée de gaz majeurs et de gaz mineurs.

Gaz majeurs	% volumique	Gaz mineurs	% volumique
-N ₂ (Diazote)	78,084 %	-CO ₂	0,0392 %
-O ₂ (Dioxygène)	20,946 %		
-Ar (Argon)	0,934 %		
		-O ₃ (Ozone)	1,0 x 10 ⁻⁶ %

1.3. Structure verticale de l'atmosphère

- L'atmosphère présente une structure en couches qui est en grande partie fonction de la température et de la source d'énergie.
- Dans les couches hautes, l'atmosphère est chauffée par le rayonnement solaire, alors que dans les basses couches, c'est plutôt le rayonnement terrestre qui chauffe.

Ionosphère



Exosphère

≈ 500 km

Thermosphère

Mésopause

≈ 80 km

Mésosphère

Stratopause

≈ 50 km

Stratosphère

Tropopause

≈ 15 km

Troposphère

De 0 à 18km : La troposphère.

- L'épaisseur de la troposphère varie de 8-9 km aux pôles jusqu'à 15-16 km au niveau de l'équateur.
- C'est dans cette troposphère qu'est concentrée 90% de la masse de l'atmosphère et la quasi-totalité de l'eau (Siège des phénomènes météorologiques).
- Le gradient vertical de température est négatif (la température diminue verticalement d'environ 6°C/km, favorisant ainsi le développement d'instabilités).
- La limite supérieure est la **tropopause**.

Jusqu'à 50 km : La stratosphère.

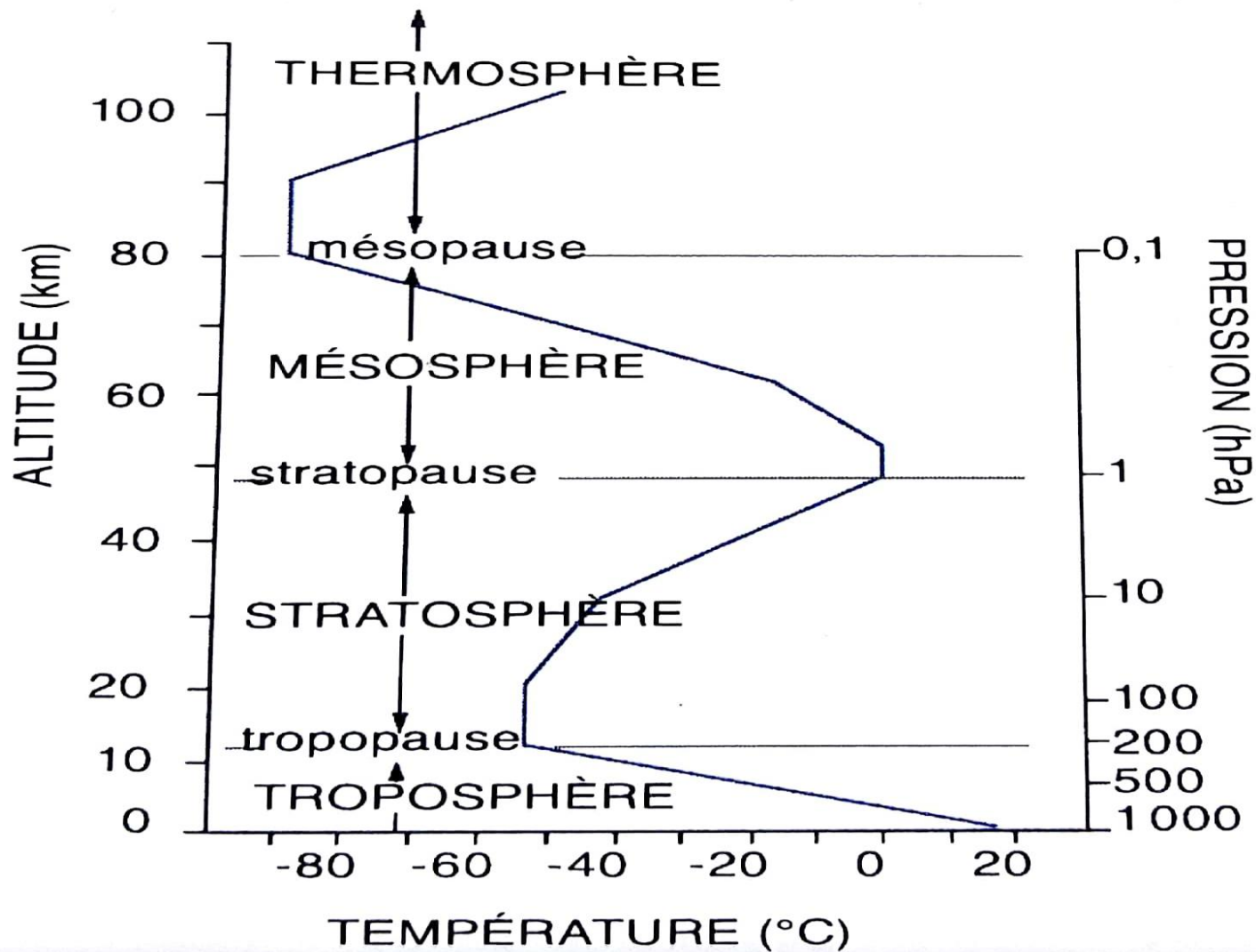
- L'air représente 20 % de la masse totale.
- Cette partie plus stable de l'atmosphère est le lieu de processus radiatifs, chimiques et dynamiques.
- La température augmente jusqu'à 0°C à cause de l'absorption des UV par la couche d'ozone.
- On y observe des vents très violents appelés «Jet-stream» (jusqu'à 350 km/h).
- La limite supérieure est **la stratopause**.

De 50 à 80km : La mésosphère.

- La T° diminue de nouveau lorsque l'on atteint la **mésosphère** (50-80km), puis croit dans la **thermosphère** au-dessus de 80km.
- La mésosphère et la thermosphère sont le domaine des traînées d'étoiles filantes et des aurores boréales.

- Au delà de 80km, la température ré-augmente. On se situe dans la thermosphère ou ionosphère.
- A 200km, la température atteint 580°C mais les molécules deviennent rares.

Répartition verticale moyenne de la température et de la pression dans l'atmosphère terrestre.



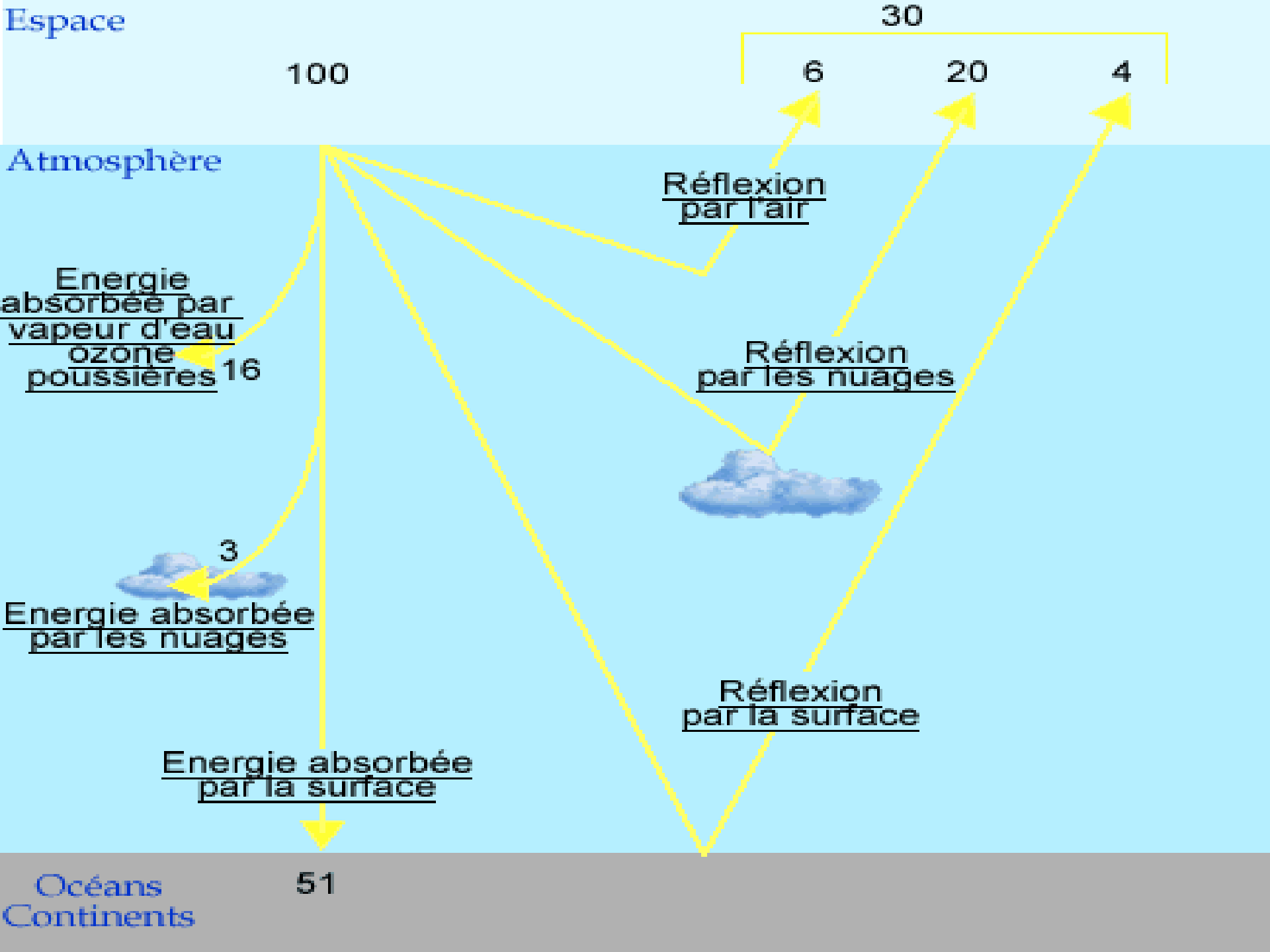
1.4. Bilan et phénomènes radiatifs

1.4.1. Bilan radiatif

- La source d'énergie qui détermine le climat de la planète est le soleil qui se situe à 150 millions de km de la Terre.
- L'énergie solaire disponible par unité de surface sur terre est de **1386 W/m² : c'est la constante solaire S_0 .**
- Cette énergie globale qui arrive sur Terre est ensuite en permanence redistribuée sur toute sa surface par la rotation de la Terre sur elle-même et est véhiculée par l'océan et l'atmosphère.
- La quantité d'énergie disponible en moyenne sur le globe par unité de surface est égale seulement au quart de la constante solaire, soit **$S_0/4 = 342 \text{ W/m}^2$.**

- A sa traversée dans l'atmosphère, ce rayonnement est pour partie réfléchi ou diffusé par les nuages, les particules en suspension (aérosols) et les gaz atmosphériques (ex.: vapeur d'eau).
- Une autre part de ce rayonnement est absorbée par ces gaz et les aérosols.
- La part du rayonnement non réfléchi est absorbée à la surface de la Terre.

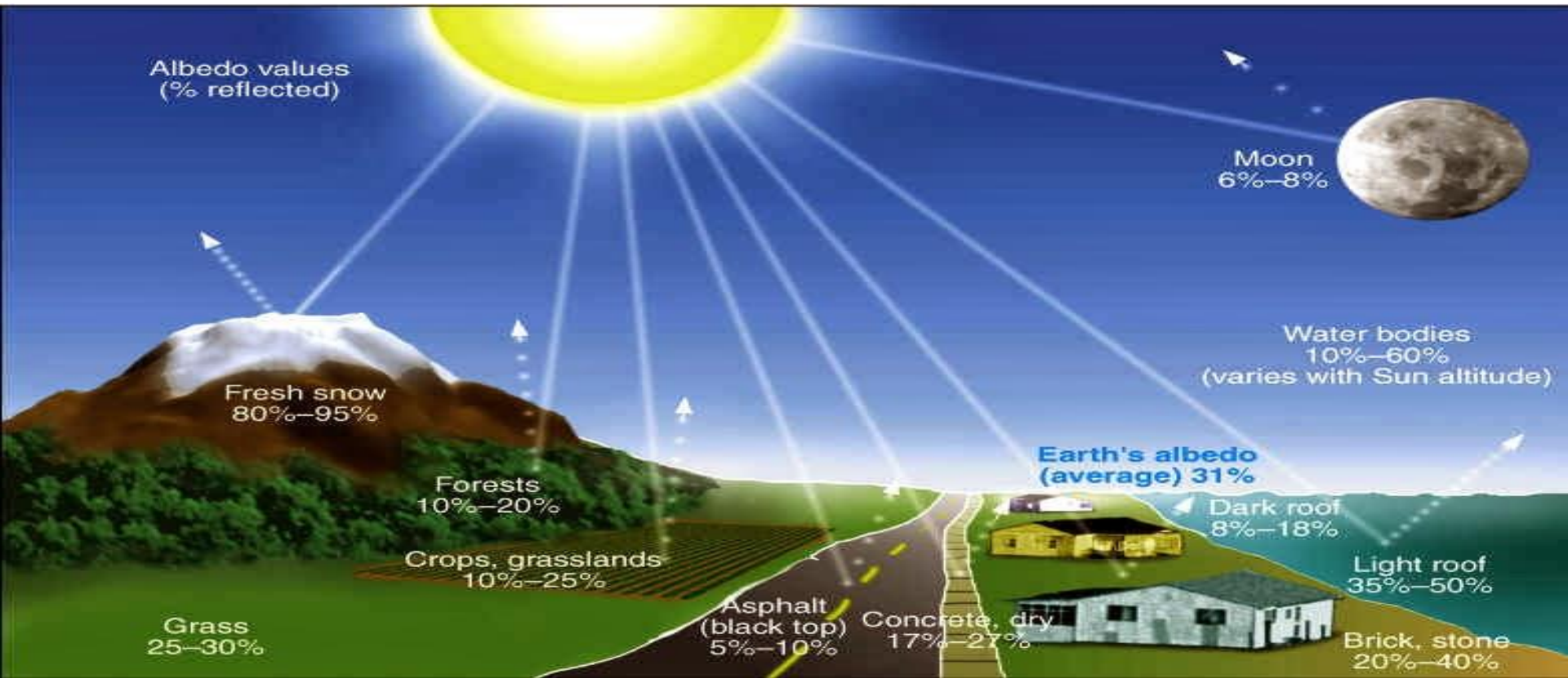
- Le rayonnement infra-rouge émis est pour partie absorbé puis réémis par les gaz à effet de serre et les nuages. C'est la part réémise vers la surface qui est à l'origine du réchauffement attribué à l'effet de serre.
- A l'équilibre, la part transmise vers l'espace doit exactement compenser le rayonnement solaire net au sommet de l'atmosphère, bilan entre le rayonnement incident et le rayonnement réfléchi.



1.4.2. Phénomènes radiatifs

1.4.2.1. Albédo

Quantité de rayonnement solaire réfléchi par la surface terrestre est appelée **albédo** ou **facteur de réflexion**.



- Exprimé en pourcentage.
- Plus le rayonnement absorbé par la surface est important et moins il est réfléchi, plus la surface chauffe.
- Objets noirs : valeur albédo faible. Absorbent donc une grosse partie des rayons du soleil et se réchauffent fortement.
- Objets blancs : valeur albédo élevée. Réfléchissent donc les rayons du soleil beaucoup plus fortement, de sorte qu'ils se réchauffent moins rapidement.

- Étant donné que les grandes surfaces du globe réfléchissent la lumière (eau, calottes glaciaires, nuage), la Terre a un albédo relativement important de 30 à 35%. À titre de comparaison, la lune a un albédo de 7%.
L'intervention de l'homme
Ex.: La déforestation modifie l'albédo de la planète.

Albédo en chiffres :

- Neige fraîche ou glace : 80-95%
- Neige fondante : 40-70%
- Nuages : 40-90%
- Sable du désert : 30-50%
- Terre : 5-30%
- Toundra : 15-35%
- Prairies : 25-30%
- Forêts : 10-20%
- Eau : 10-60%

1.4.2.2. Effet de serre

- Vapeur d'eau
- Dioxyde de carbone
- Méthane
- Protoxyde d'azote

Absorbent une partie des radiations

thermiques qui quittent la surface

Fonctionne de « couvercle » vis-à-vis de ces radiations

Généralant la différence de 20 à 30°C entre la température moyenne réelle de la surface terrestre qui avoisine les 15°C et la température que l'on observerait en l'absence de gaz à effet de serre.

Effet « couvercle » = Effet de serre naturel

- Renforcement de l'effet de serre
(Incriminé dans le réchauffement global)



- Causé par les gaz présents dans l'atmosphère à cause des activités humaines :
agriculture intensive, exploitation minière, déforestation,
combustion des combustibles fossiles tels que le charbon,
le pétrole, le gaz)



- Conséquences catastrophiques sur la vie sur Terre :
Fonte des calottes glaciaires, augmentation du niveau des
mers provoquant des inondations, tempêtes, sécheresse...

CHAPITRE II

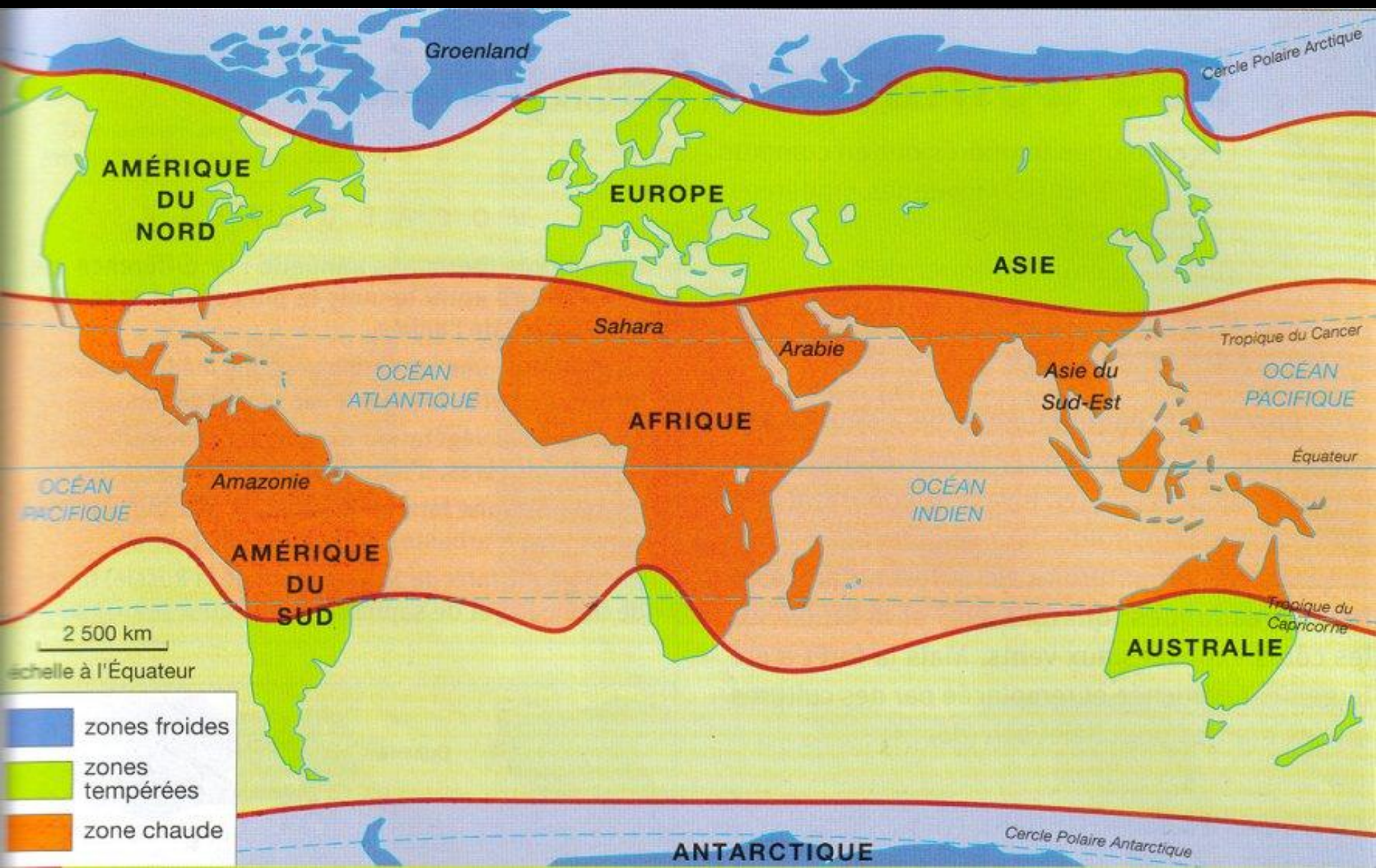
Les grandes divisions climatiques

1. Les climats tempérés

Une région soumise à un **climat tempéré** = région tempérée

Partie de la surface terrestre où les températures ne sont pas extrêmes, c'est-à-dire ni torrides, ni glaciales.

(Latitudes moyennes : entre le 30° et le 60° parallèle).



Les zones tempérées présentent 3 grands ensembles climatiques:

■ Climat tempéré océanique:

- Façades occidentales des continents
- Températures modérément froides/chaudes en hivers/été.
- Moyenne annuelle : 11°C
- Amplitude thermique annuelle : 8°C
- Pluies réparties sur toute l'année
- Présente des nuances régionales dû à la latitude

■ Climat tempéré continental:

-Intérieur des continents

-Climat rude : hivers rigoureux avec des températures inférieures à 0°C (Moscou -10°C).
Étés chauds et pluvieux (Varsovie 19°C).
Températures vont parfois à -40°C en hiver et 40°C en été avec une amplitude moyenne annuelle très marquée (environ 50°C)

■ Climat méditerranéen:

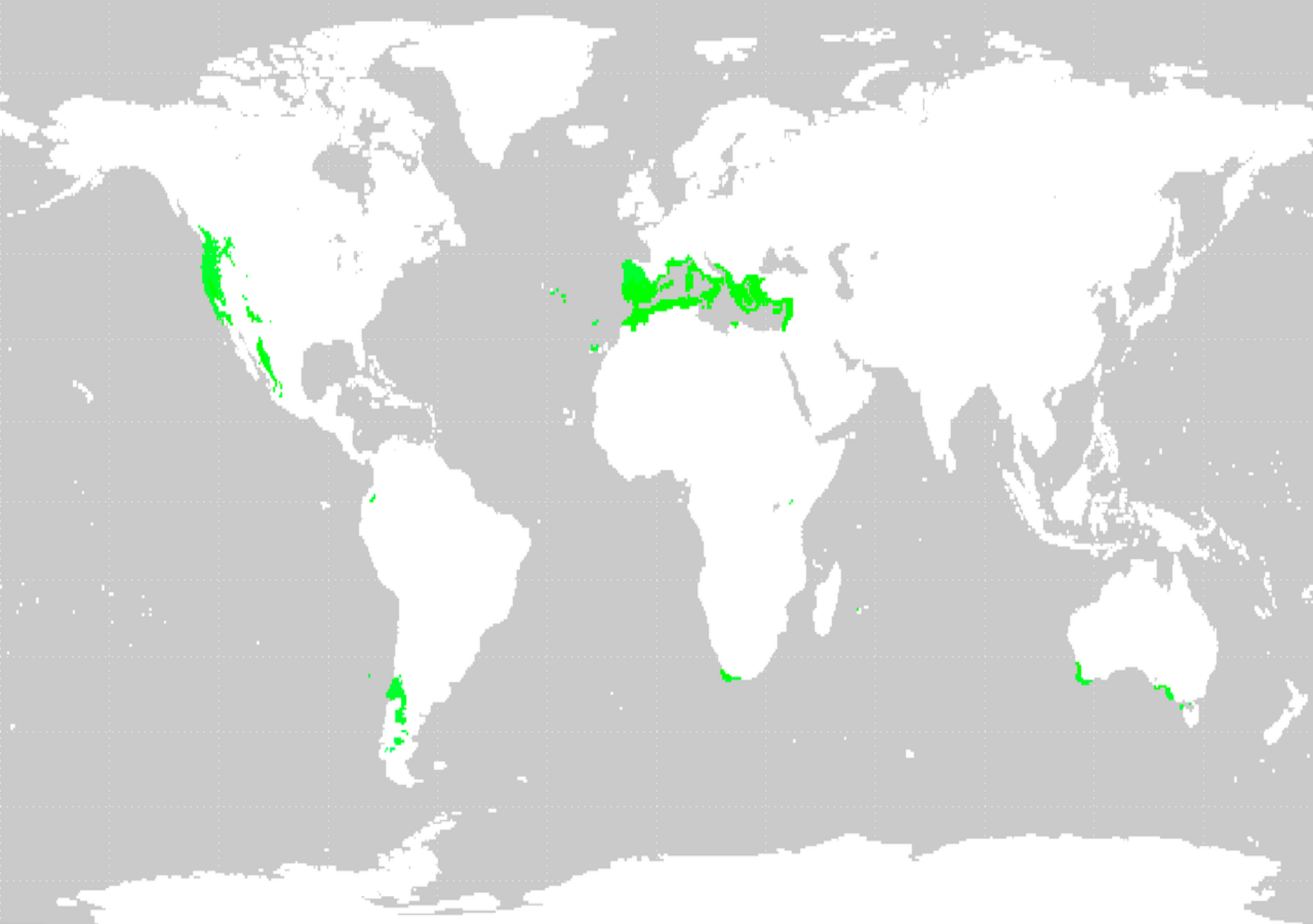
-Étés chauds et secs (20°C), hivers doux, humides et pluvieux (9°C).

-Pluies brutales tombant en un petit nombre de jours (Climat tempéré chaud ou subtropical).

Ex.: Alger, Marseille, Californie.

2. Domaine méditerranéen

- Le terme de « méditerranéen » s'explique par sa présence caractéristique autour de la mer Méditerranée, mais d'autres régions du monde possèdent les mêmes conditions climatiques. Il s'agit des façades Ouest des continents, entre 30° et 40° de latitude (Californie, centre du Chili, région du Cap en Afrique du Sud, Sud et Ouest de l'Australie).



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

- Bien souvent, la limite de la culture de l'olivier correspond à la zone d'extension de ce climat. Cet arbre est endommagé par le gel si la température descend au-dessous de $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ en période de repos végétatif hivernal et supporte plusieurs mois de sécheresse.



2.1. Caractéristiques

- Précipitations rares/inexistantes en été.
- Hiver bien arrosé.
- Maxima de précipitations en automne/printemps.
- Cumuls annuels moyens (300-1 000 mm)
- Faible fréquence (moins de 100 jours/an).
- Orages violents (Masses d'air instable dues aux températures élevées).
- Neige très rare sur le littoral (Hivers doux) et abondante dans l'arrière-pays montagneux (climat refroidi par l'altitude).

- Les températures moyennes annuelles plus chaudes que dans la zone tempérée.
- Température très variable en été.
- Façades océaniques: étés tempérés par la fraîcheur de l'océan près des côtes.
- Autour de la Méditerranée et dans l'intérieur des terres : étés très chauds ; températures maximales dépassent très souvent les 30°C.

2.2. Variations spatiales

- Le climat régnant sur le pourtour de la Méditerranée, déterminé essentiellement par la latitude, est fortement influencé par le relief montagneux : là où celui-ci disparaît comme en Libye et dans le Sinaï, le climat subdésertique se fait sentir jusqu'à la mer.

- En Syrie, on passe du climat désertique au climat méditerranéen. La proximité des deux climats extrêmes entraîne une graduation du climat méditerranéen, subdivisé en : **subméditerranéen, mésoméditerranéen, thermoméditerranéen et xéroméditerranéen.**

2.2. Le climat méditerranéen

a. Selon Köppen

Au sens de **Köppen** , le climat est dit méditerranéen si la sécheresse est estivale:

1. Précipitations inférieures à 40 mm pendant le mois le plus sec
et

Précipitations durant le mois le plus sec en été
inférieures au tiers ($1/3$) du mois hivernal le plus arrosé.

+

2. Température du mois le plus froid comprise entre -3 °C et 18 °C.

b. Selon Emberger

- **Louis Emberger** considère qu'il y a de nombreuses sous-variétés du climat méditerranéen basée sur **le quotient pluviométrique**.

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

M: Moyenne des maxima (T max journalière) du mois le plus chaud

m : Moyenne des minima (T min journalière) du moi le plus frais

P: Cumul pluviométrique annuel

c. Selon Gaussen

Henri Gaussen définit un mois sec comme un mois où :

$$P < 2 \times T$$

(P : quantité de précipitations en mm ; T : la température en °C).

Ce critère appelé **indice d'aridité de Gaussen** permet la localisation des lieux où une végétation méditerranéenne va se développer.

- Gausson appelle **climat xérothermique** (ou méditerranéen) : tout climat où tous les mois doivent avoir une moyenne positive et avec 1 à 8 mois estivaux secs. Au sens de Gausson:
 - Le climat est dit ***xérothermoméditerranéen*** : 7 à 8 mois secs.
 - Le climat est dit ***thermoméditerranéen*** : 5 à 6 mois secs.
 - Le climat est dit ***mésoméditerranéen*** : 3 à 4 mois secs.
 - Le climat est dit ***subméditerranéen*** : 1 ou 2 mois secs.
- On notera que la définition de Gausson est la préférable car elle est quantitative, elle utilise la notion d'aridité et borne clairement chacune des sous-régions.

• Diagramme ombrothermique

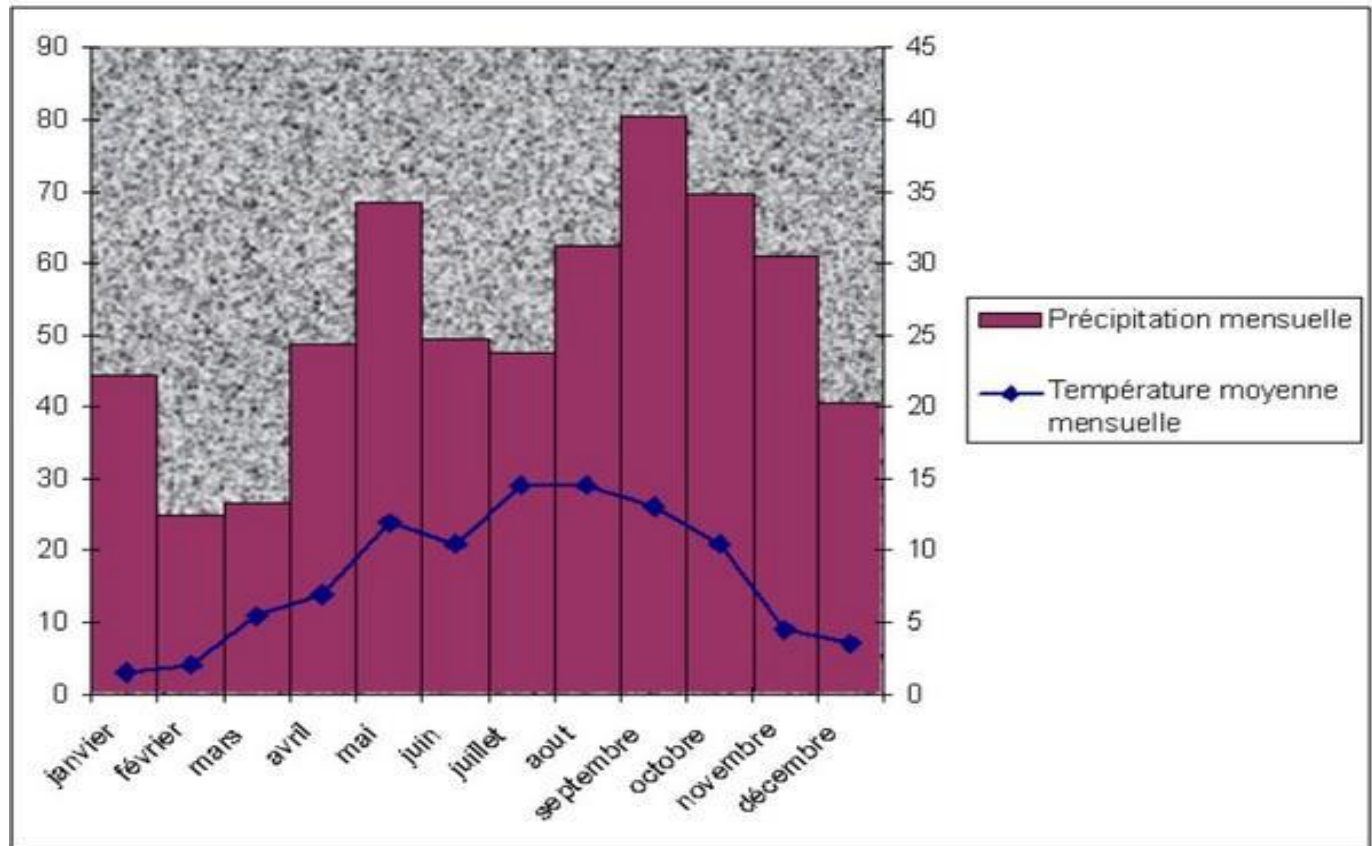
- Le diagramme ombrothermique est un outil graphique qui consiste à confronter deux paramètres majeurs du climat, à savoir la température et les précipitations.
- Le graphique se présente sous la forme d'une abscisse avec les 12 mois de l'année et une double ordonnée avec d'une part les précipitations totales du mois en mm et les températures moyennes du mois.
- L'échelle des ordonnées pour les précipitations correspond au double de la valeur des températures. $P = 2T$

Exemple...

- Si sur l'échelle on positionne la valeur 90 pour les précipitations en face la valeur de l'échelle de température sera de 45.
- Les précipitations sont représentées sous la forme d'un histogramme et les températures sous forme de courbe, permettant de définir le climat ainsi que les périodes de sécheresse.
 - Si la courbe de température est au dessus de l'histogramme = sécheresse.
 - Si la courbe de température est en dessous de l'histogramme = période hors sécheresse.

Exemple:

- Diagramme ombrothermique réalisé pour l'année 2002 d'une commune de Lozère (France)



2.3. La montagne méditerranéenne

- Le relief, souvent accidenté dans les pays méditerranéens, introduit des nuances supplémentaires. Les types climatiques y sont les mêmes qu'à basse altitude, mais les températures sont modifiées par l'altitude et la pluviométrie varie en fonction de l'exposition.
- La montagne méditerranéenne subit de violents orages dont les effets dévastateurs sont accentués par les pentes et par la faible couverture forestière (sols sensibles).

- En hiver, la neige est habituelle et le manteau neigeux peut durer plusieurs mois. En été, sur les adrets, il arrive que les journées soient aussi chaudes qu'en plaine, avec des nuits plus froides cependant. Les amplitudes thermiques quotidiennes sont donc très importantes et peuvent dépasser 20 °C.

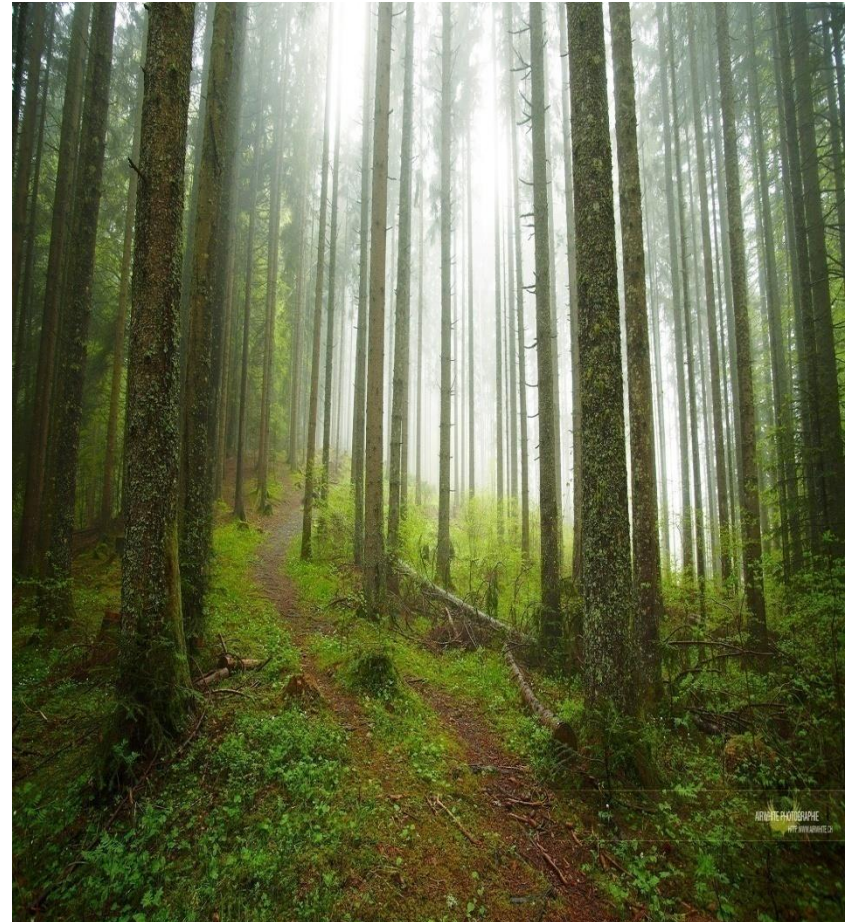
CHAPITRE III

Le climat local

3.1. Le climat forestier

Foret

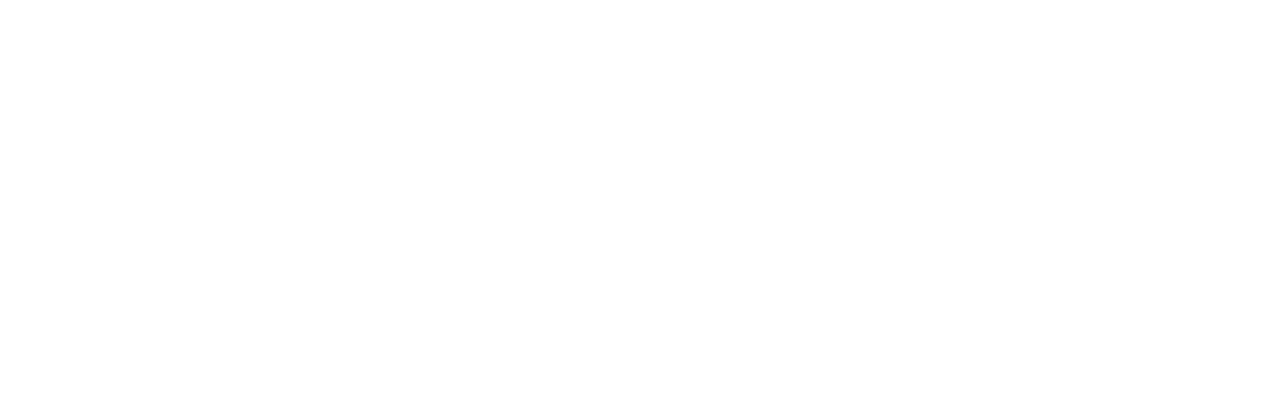
- Terre avec un couvert arboré supérieur à 10% et d'une superficie supérieure à 0,5 hectare (ha).
- Les arbres doivent être capables d'atteindre une hauteur minimum de 5 m à maturité.



- Le couvert forestier atténue les oscillations thermiques diurnes et annuelles.
- Il fait plus frais dans la journée, plus chaud la nuit en forêt que dans la clairière.
- En période chaude, le refroidissement diurne est plus marqué que le réchauffement nocturne et la T° moyenne est un peu plus basse en forêt.
- En période froide, le contraire se produit et la température moyenne est un peu plus élevée en forêt.

3.2. Le climat saharien

- Le **Sahara** (le grand désert ou la grande steppe) est un vaste désert chaud situé dans la partie nord du continent africain. Il s'étend sur 5 000 km d'Ouest en Est, de l'Océan Atlantique à la Mer Rouge, et couvre plus de 8,5 millions de km², ce qui en fait la plus grande étendue de terre aride d'un seul tenant dans le monde s'étendant sur le territoire de l'Algérie, la Tunisie, le Maroc, la Lybie, l'Égypte, le Sahara occidentale, le Mali, le Sénégal, la Mauritanie, le Niger, le Tchad, le Soudan.
- Le Sahara peut être même prolongé au-delà de la mer Rouge, les géographes parlent alors d'un grand désert saharo-arabique.



Climat du sahara

- Chaud, ensoleillé et aride.
- Températures diurnes très élevées, pouvant dépasser 50°C , et l'amplitude thermique entre le jour et la nuit est souvent supérieure à 35 ou 40°C .
- Précipitations très rares et irrégulières. La plupart des régions reçoivent en moyenne moins de 130 mm de pluie /an, et certaines régions restent plusieurs années sans pluie.
- Vents brûlants (le sirocco) ou plus frais (l'harmattan).

- **Tamanrasset** : les températures d'hiver sont voisines de celles du reste du Sahara alors que les maxima d'été sont inférieurs (35°). En hiver, malgré les nuits glaciales, les journées sont douces. Les gelées nocturnes sont fréquentes en hiver et il arrive même qu'il neige.
- **Tassili** : de novembre à février, la température s'élève à 20-30 °C dans la journée, mais les nuits sont fraîches (5 à 10 °C), sinon froides (-5°C). En octobre et en mars, il fait un peu plus chaud, jusqu'à 35°C le jour et 8-10° la nuit. Avril et mai sont plus chauds (25 à 40 °C la journée et 15 à 20°C la nuit).

Références bibliographiques

- **Delmas R. ; Chauzy S. ; Verstraete J.M. ; Ferré H. (2012)** : Atmosphère, océan et climat. Edition Belin. 287p.
- **Frontier S. ; Pichod-Viale D. ; Leprêtre A. ; Davoult D. ; Luczak C. (2008)** : Ecosystème : Structure, Fonctionnement, Evolution. 4^{ème} édition. Edition Dunod. 558p.
- **Houghton J. (2011)** : Le réchauffement climatique. Edition De Boeck Université. 495p.
- **Ramade F. (2009)** : Elément d'Ecologie : Ecologie fondamentale. 4^{ème} édition. Edition Dunod. 689p.
- **Raven R.H. ; Berg L.R. ; Hassenzahl D.M. (2009)** : Environnement. Edition De Boeck Université. 687p.
- **Ricklefs R.E. ; Miller G.L. (2005)** : Ecologie. Edition De Boeck Université. 821p.
- **Rio B. (2006)** : L'eau et la vie : Edition du Dauphin. 218p.