



## Plan du cours

- ▶ **Introduction générale** : définitions et champs d'étude
- ▶ **Leçon 1** : Les fondements de la Bioclimatologie : les éléments du climat, les échelles, les relations climat-végétation.
- ▶ **Leçon 2** : Les Indices bioclimatiques : application aux milieux méditerranéens.
- ▶ **Leçon 3** : Bioclimat et Topoclimat
- ▶ **Conclusion générale**

## Introduction générale

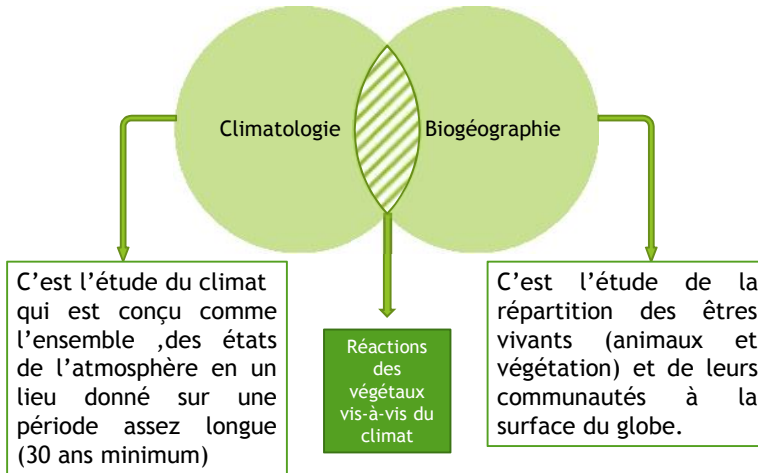
- ▶ Les fondements de la bioclimatologie ont été formalisés par Wladimir Köppen au début de 20<sup>ème</sup> siècle.
- ▶ Le bioclimat est l'ensemble des facteurs climatiques conditionnant les organismes vivants ou leurs communautés.
- ▶ Elle s'intéresse aux effets du climat sur la croissance et le développement de l'ensemble des êtres vivants et en particulier la végétation.

3

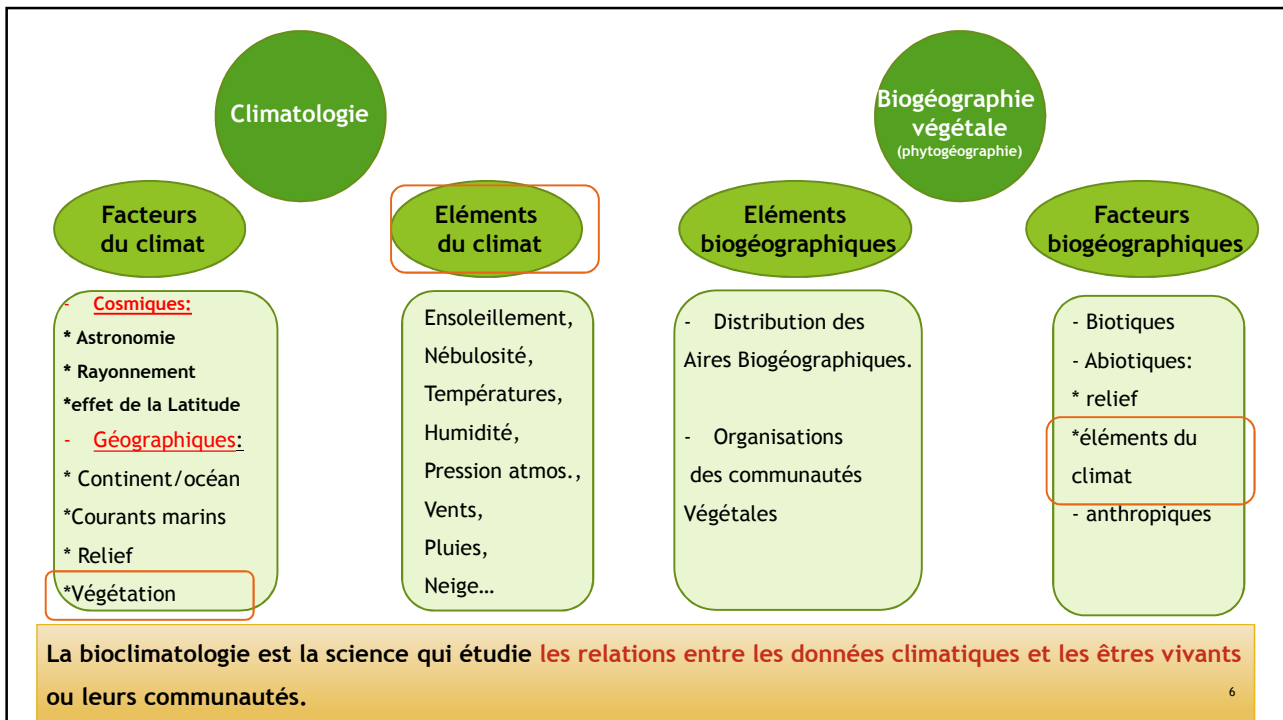
- ▶ Le champ d'étude de la Bioclimatologie regroupe de nombreuses disciplines scientifiques
- ▶ La Bioclimatologie est souvent divisée en **humaine**, **végétale** (agricole et forestière), et bioclimatologie **animale**. Autres subdivisions comprennent l'aérobiologie (le comportement du matériau vivant aéroportée), la phénologie, bioclimatologie urbaine, bioclimatologie des montagnes, bioclimatologie électromagnétique, les rythmes bioclimatologiques...

4

## La Bioclimatologie



5



6

## Bibliographie sommaire

- ▶ Bousnina A. (1986)- La variabilité des pluies en Tunisie.
- ▶ Bousnina A. (2001)- Variations et variabilité des températures en Tunisie 1901 - 1985 (Tome 1 et 2).
- ▶ Chamayou H. (1994)- Élément de Bioclimatologie.
- ▶ Dalage A. et al. (2000)- Dictionnaire de la biogéographie végétale
- ▶ Emberger L. (1969)- Climatologie et bioclimatologie de la Tunisie septentrionale (+cartes).
- ▶ Parcveau S. & Huber L. (2007)- Bioclimatologie, concepts et applications.
- ▶ Tassin C. (2012)- Paysages végétaux du domaine méditerranéen.

7

## Leçon 1

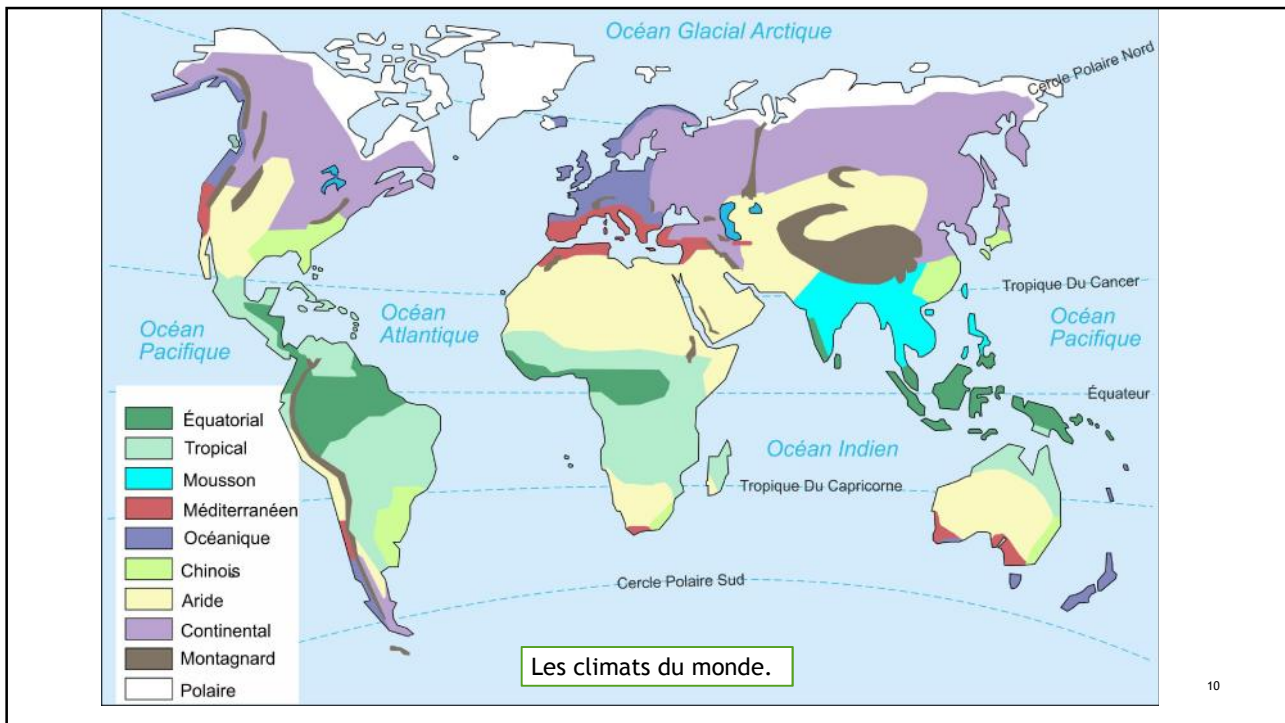
**Les fondements de la Bioclimatologie : les éléments du climat, les échelles, les relations climat-végétation**

8

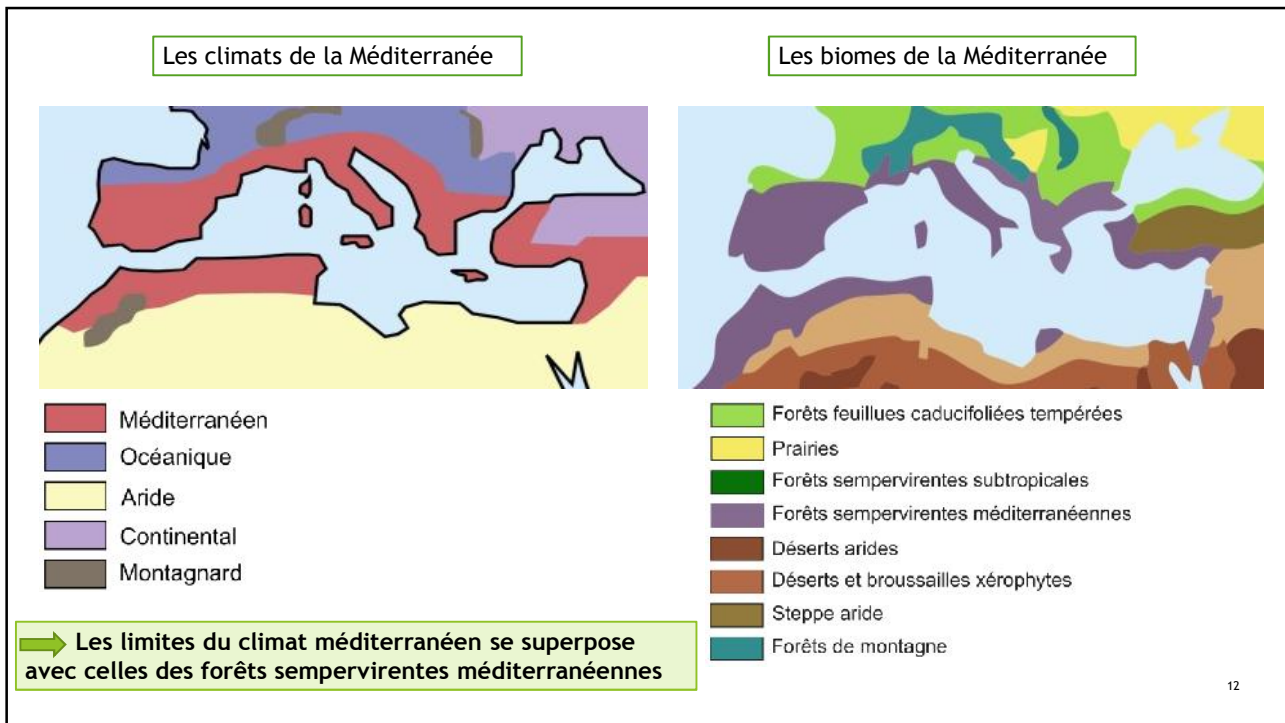
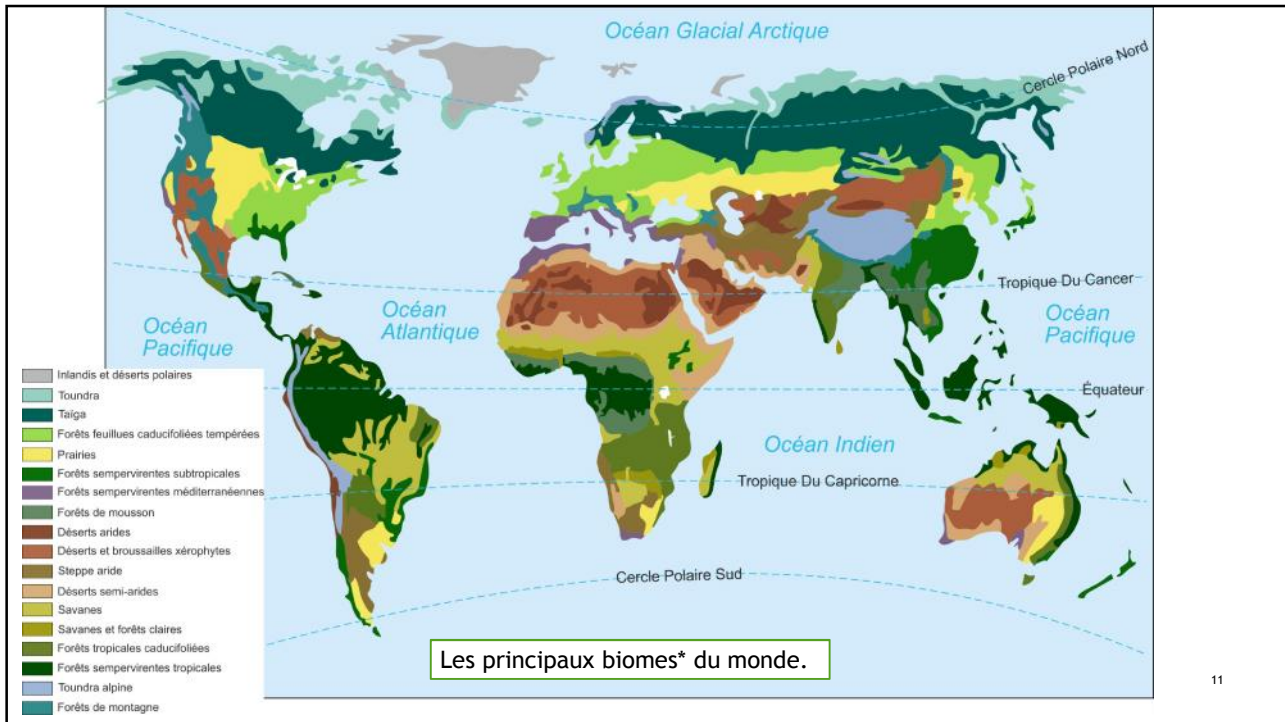
## Introduction

- La végétation naturelle est le reflet des conditions climatiques auxquelles elle doit s'adapter. Les limites des climats du monde se superposent avec les limites des biomes sur la Terre.
- **Les Biomes:** Ensemble de milieux semblables à l'échelle de la planète. C'est une entité écologique dominée par un type de formation végétale qui correspond à une aire bioclimatique (ex: savane, forêts tempérée, désert chaud, toundra...) (Dalage A. et al. 2000, Dictionnaire de la biogéographie végétale)

9







- ▶ Quels sont les éléments du climat qui influencent la vie végétale?
- ▶ Comment les relations climat-végétation s'établissent-elles?

13

## I- Les éléments du climat

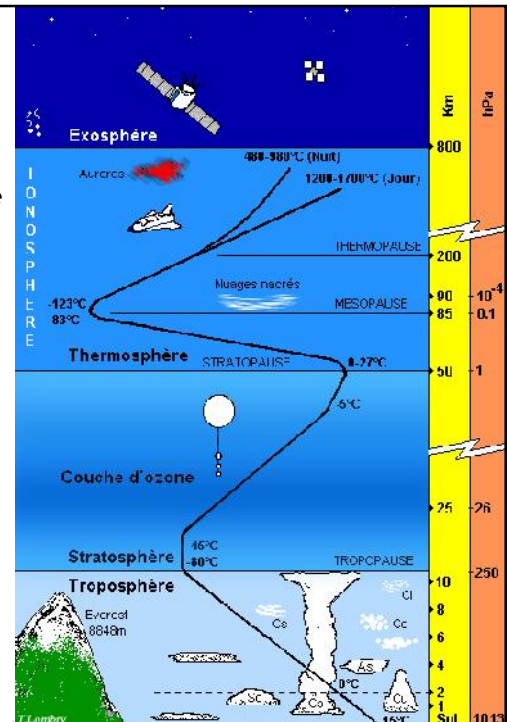
Les éléments à traiter dans ce chapitre sont:

- ▶ L'atmosphère: le cadre du climat
- ▶ Le bilan énergétique et transfert d'énergie
- ▶ La température
- ▶ L'eau dans l'atmosphère

14

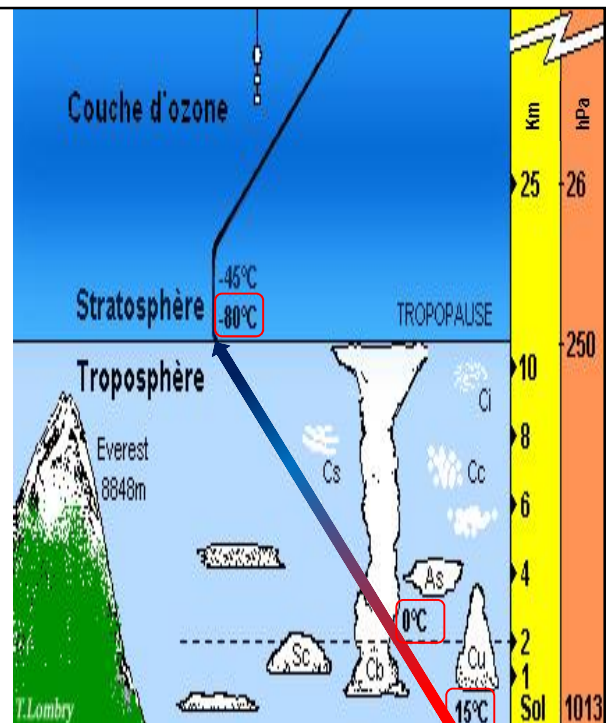
# 1- L'atmosphère

- ▶ L'atmosphère est une enveloppe gazeuse qui entoure le globe terrestre.
- ▶ Par son poids, elle exerce une pression sur la surface de la Terre.
- ▶ L'atmosphère est épaisse d'environ 800 km.
- ▶ La moitié de sa masse se trouve dans les 5 premiers kilomètres.
- ▶ L'atmosphère est composée par des couches qui sont organisées verticalement.



## a- Les caractéristiques thermiques de la troposphère

- ▶ La troposphère est la couche de l'atmosphère terrestre située jusqu'à une altitude d'environ 10 km de la surface du globe kilomètres.
- ▶ Cette couche atmosphérique représente environ 80 % de la masse totale de l'atmosphère.
- ▶ On y trouve la plupart des phénomènes météorologiques.
- ▶ C'est dans cette couche que le cycle de l'eau peut se développer, on y trouve une masse importante de vapeur d'eau (H<sub>2</sub>O).



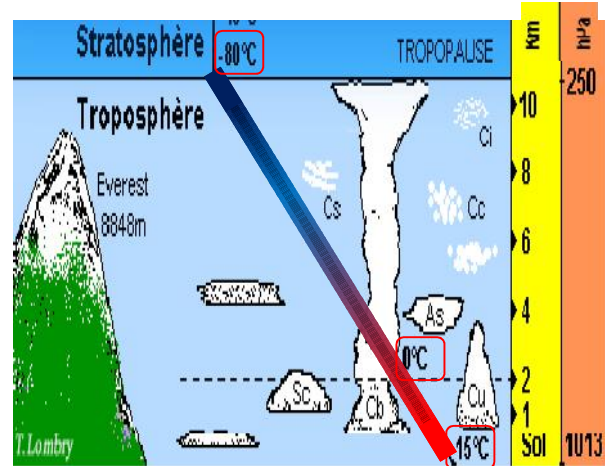


► Variation verticale de la température

- La troposphère se caractérise par une **décroissance de la température avec l'altitude** → ce qu'on appelle **gradient thermique vertical**
- La décroissance de la température peut y être considérée comme résultant d'une **croissance adiabatique de la pression**.

Il est à rappeler que :

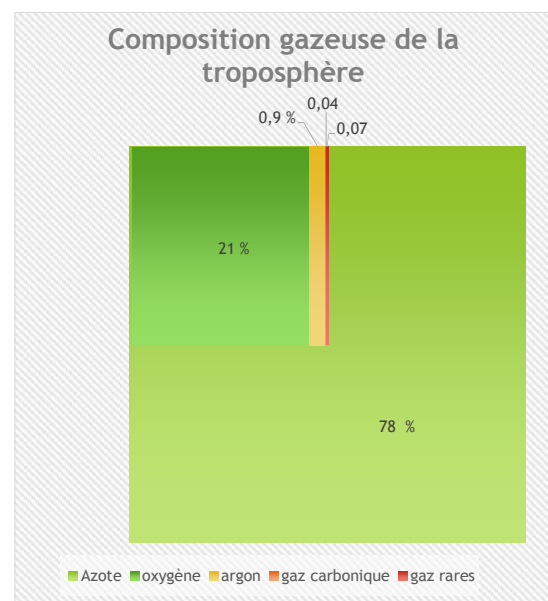
- le gradient adiabatique **de l'air sec** est de l'ordre de **1°C par 100 m d'altitude**,
- le gradient adiabatique **de l'air humide** est de l'ordre de **0,5°C par 100 m d'altitude**.



17

**b- La composition chimique**

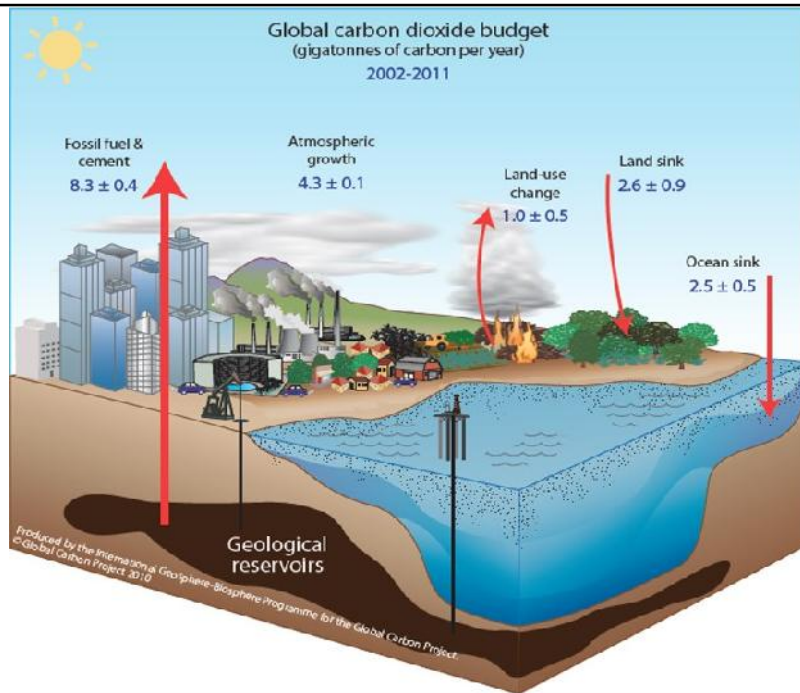
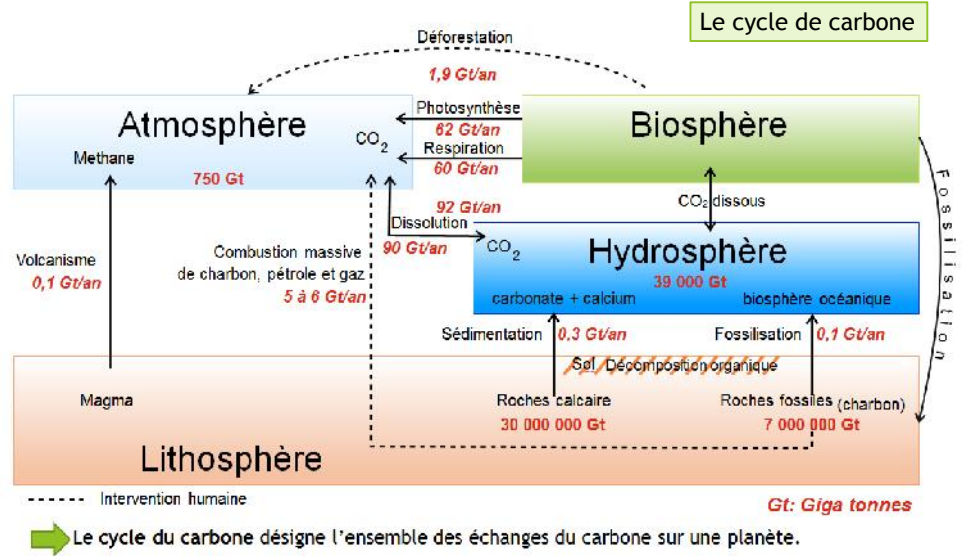
- Dans la troposphère, la composition de l'air est la suivante :
- Azote (N<sub>2</sub>) 78% ;
- Oxygène (O<sub>2</sub>) 21% ;
- Argon (Ar) 0,9% ;
- Gaz carbonique (CO<sub>2</sub>) 0,04% ;
- Gaz rares 0,07%.



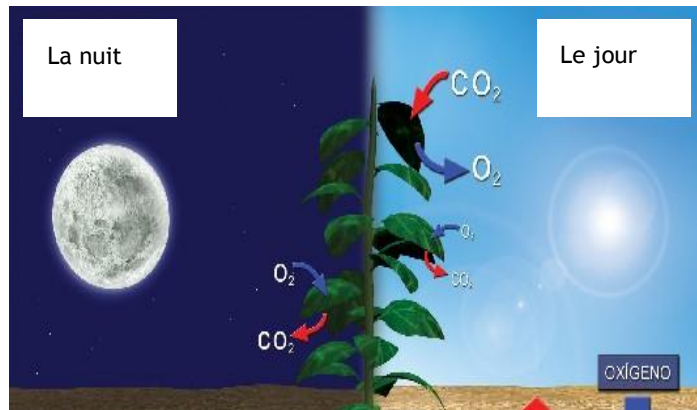
18

**C- le cycle du carbone**

Le cycle du carbone désigne l'ensemble des échanges du carbone, considéré comme élément chimique, sur une planète.

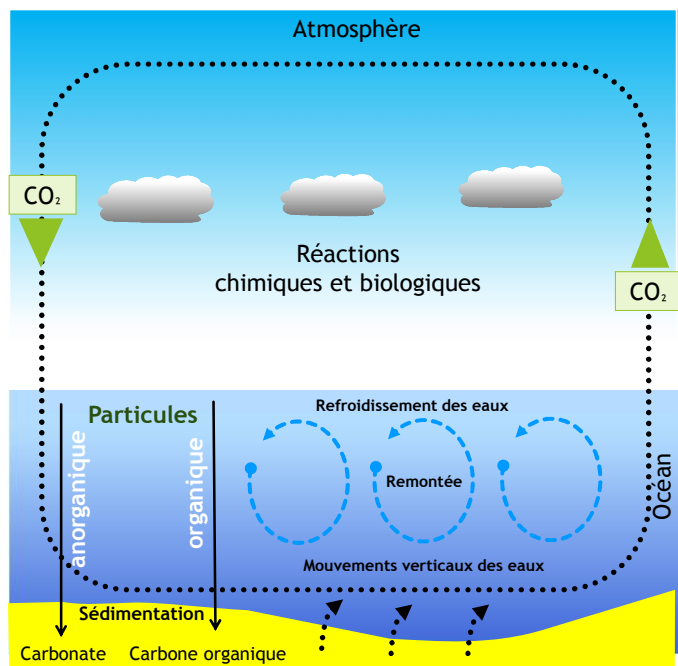


- ▶ les processus biologiques intervenant dans le cycle du carbone (assimilation chlorophyllienne, respiration, fermentation).
- ▶ Sur un lieu donné, La teneur en  $\text{CO}_2$  est variable au cours d'une journée.
- ▶ Le maximum de la teneur en  $\text{CO}_2$  se fait la nuit suite à l'interruption de l'assimilation chlorophyllienne.
- ▶ Le jour, et précisément l'après-midi, la teneur en  $\text{CO}_2$  est la plus faible.



21

- ▶ Les eaux océaniques détiennent des masses importantes en **particules organiques et anorganiques** (planctons, poissons, coraux...)
- ▶ Une fois la biomasse est devenue morte, **la décomposition** se déclenche et, avec les éléments anorganiques elle **se dépose aux fonds des océans devenus « carbonés »**
- ▶ La **sédimentation** se fait avec le temps.
- ▶ **Les échanges** de carbones ente le fond des océans et l'océan se réalise via les **mouvements verticaux** des eaux océaniques.



22

## Notion de puits de carbone

- ▶ Un puits de carbone est un réservoir, naturel ou artificiel, de carbone qui **absorbe le carbone de l'atmosphère et contribue à diminuer sa quantité dans l'atmosphère.**
- ▶ Les océans, les sols et la végétation sont les principaux puits de carbone.
- ▶ **Les océans** sont les principaux puits naturels de carbone. Ils absorberaient environ 50 % du carbone émis dans l'air (sous forme de carbone dissous ou minéral).
- ▶ Ce carbone est assimilé via le plancton, les coraux et les poissons, puis transformé en roche sédimentaire.
- ▶ Le piégeage du carbone ou **La séquestration du carbone** désigne les processus extrayant le carbone ou le CO<sub>2</sub> de l'atmosphère terrestre et le stockant dans un puits de carbone.

23

- ▶ les incendies des forêts, extraction des charbons fossiles, les volcans en activités, la pollution... injectent de grandes quantités importantes de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère.
- ▶ Même si l'effet de ces phénomènes restent localisés à l'échelle planétaire (quelques dizaines de km), leurs répétition dans le temps et dans l'espace peuvent avoir des conséquences graves sur le climat.



24

## 2-Le bilan énergétique et transfert d'énergie

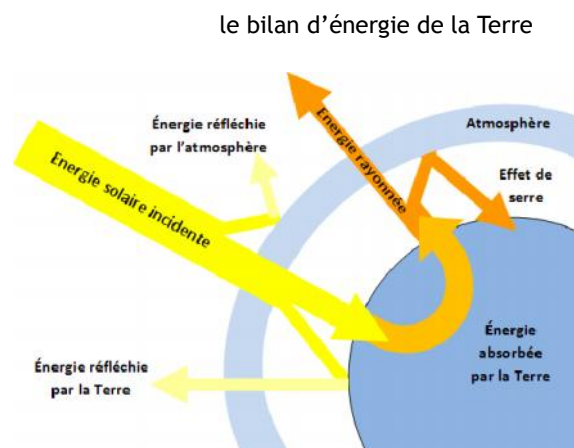
- ▶ Le soleil, est la principale source d'énergie pour la Terre
- ▶ Avant d'arriver au sol, le rayonnement solaire traverse l'atmosphère.
- ▶ Au cours de cette traversée, il subit des phénomènes de diffusion et d'absorption et de réflexion.
- ▶ L'intensité lumineuse reçue au sol varie avec l'état de l'atmosphère (ciel nuageux, ciel dégagé)
- ▶ D'autre part, l'éclairement est en fonction de la hauteur du soleil au-dessus de l'horizon qui est variable à son tour selon la latitude.

25

### a- le bilan d'énergie

La Terre reçoit le rayonnement lumineux ou radiation solaire et renvoie dans l'espace une partie de cette énergie soit sous forme de rayonnement lumineux (par réflexion), soit par chaleur latente (infra-rouge).

À l'échelle du globe, les pertes et les gains de chaque niveau (sol, atmosphère, espace) montrent que le bilan annuel est **équilibré**



26

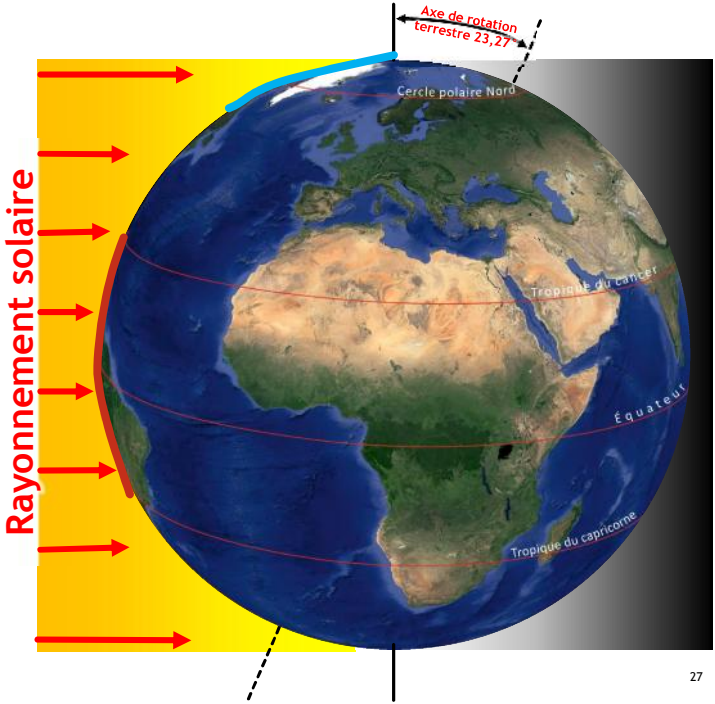


La quantité d'énergie solaire reçue est variable **selon la latitude**.

Les régions **intertropicales** reçoivent les quantités les plus élevées → leur bilan énergétique est **positif** (suite surtout à l'importance de l'angle solaire)

Par contre les régions **polaires** reçoivent les quantités les plus faibles → leur bilan énergétique est **négatif**

Le bilan d'une région est variable aussi selon **les saisons**:  
 été → bilan positif;  
 hiver → bilan négatif



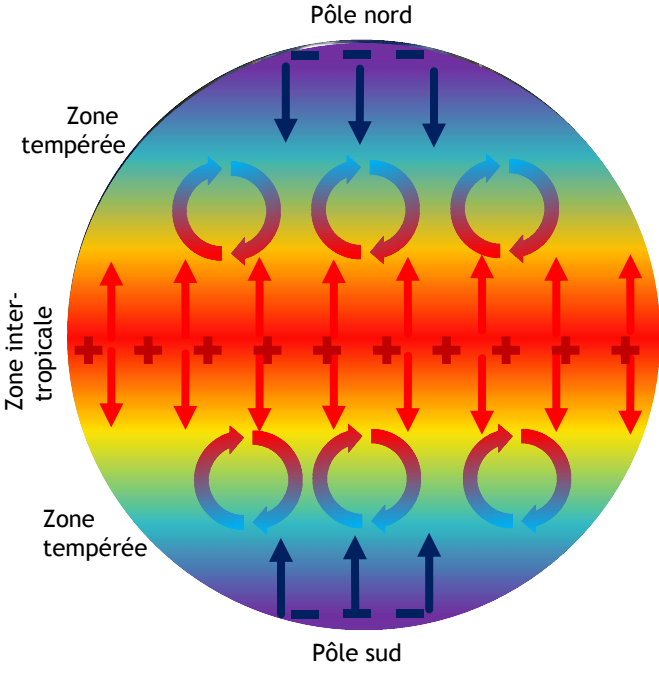
27

## b- Transfert de l'énergie

À l'échelle de l'Hémisphère, le bilan s'équilibre par **des transferts méridiens d'énergie**.

À l'équateur, le bilan radiatif étant positif, l'air chaud plus léger que l'air froid, s'élève en altitude et commence à s'écouler vers le Nord et vers le Sud.

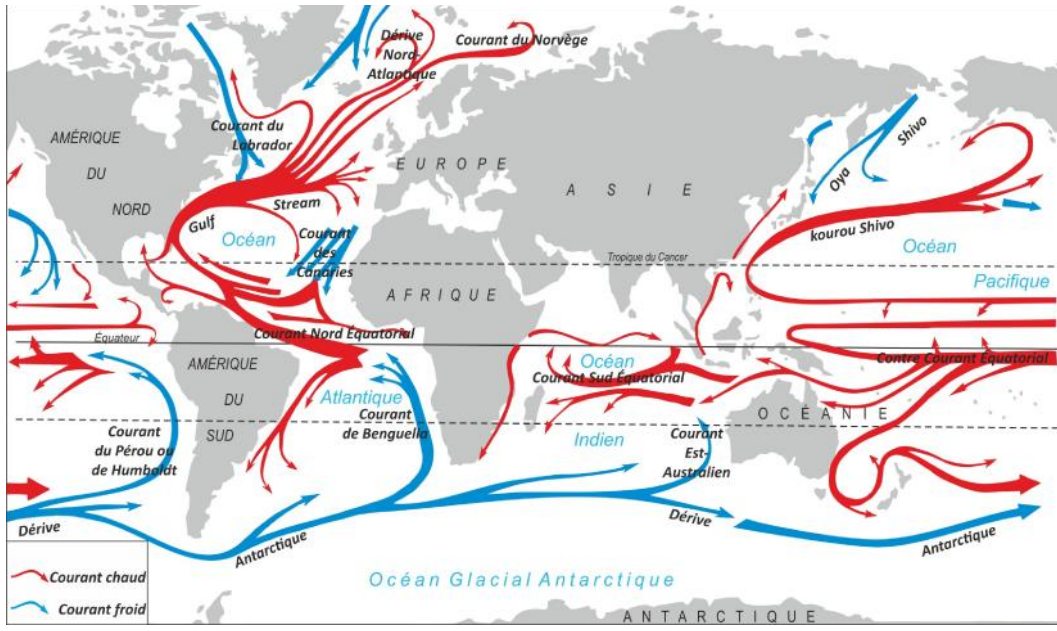
Les zones polaires connaissent un déficit radiatif, les températures sont toujours négatives



28



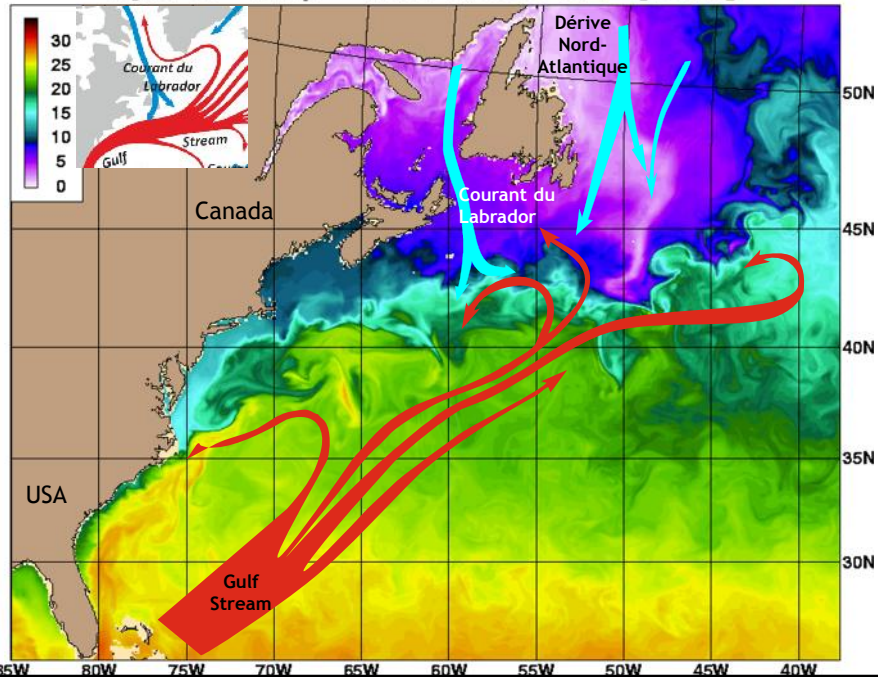
Mode de transfert marin: Les courants océaniques



29

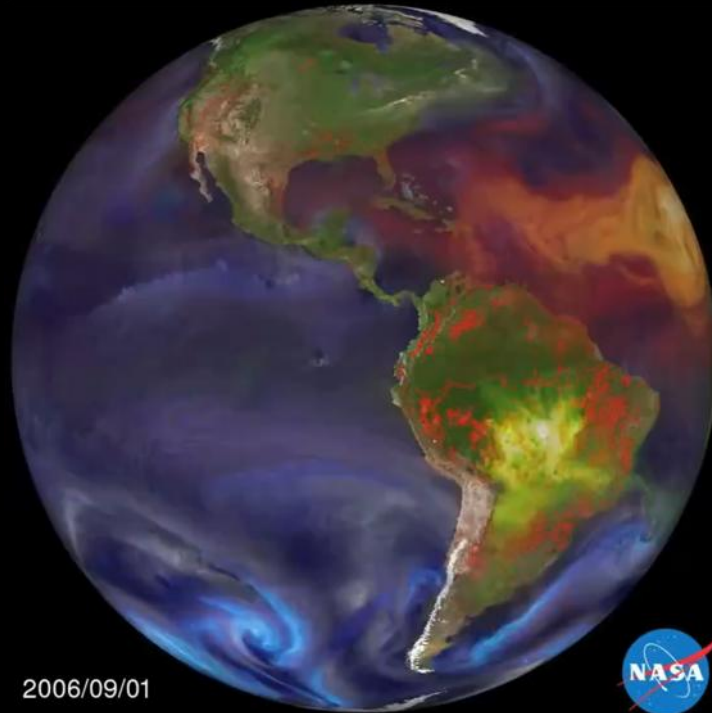
layer=01 temp Nov 24, 2009 00Z [90.8H]

Le conflit des masses d'eau froide du courant du Labrador, qui descendent le long du Canada (Québec) et rencontrent les eaux chaudes qui montent vers le Nord Est, transportées par le Gulf-Stream.



30

Ainsi, les vents et les courants océaniques transportent la chaleur des zones tropicales vers les zones tempérées et répartissent l'énergie solaire vers toute la Terre.



2006/09/01



31

### 3- La température

#### a- Définition

- ▶ Ensemble des conditions atmosphériques, variables, traduites subjectivement en **sensations relatives de chaud ou de froid**. ([www.larousse.fr](http://www.larousse.fr))
- ▶ C'est l'état énergétique de l'air considéré comme l'élément le plus sensible au rayonnement solaire
- ▶ La vitesse de mouvement des molécules d'un corps traduit l'énergie cinétique de ce corps

32

VITESSE DES MOUVEMENTS DE MOLÉCULE	MOLÉCULE	TEMPÉRATURE
FAIBLE	●	BASSE
MOYENNE	●	MOYENNE
FORTE	●	HAUTE

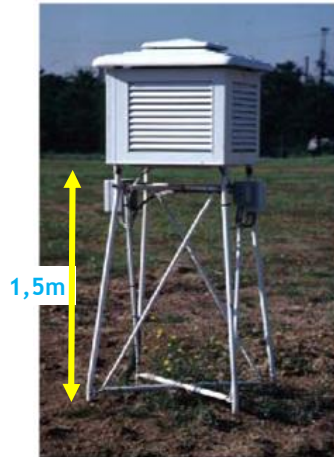
33

La température de l'air résulte de nombreux facteurs comme:

- ▶ le rayonnement solaire incident,
- ▶ le rayonnement émis par le sol ou le substrat ,
- ▶ la pression atmosphérique,
- ▶ la quantité d'énergie consommée pour l'évapotranspiration,
- ▶ etc.

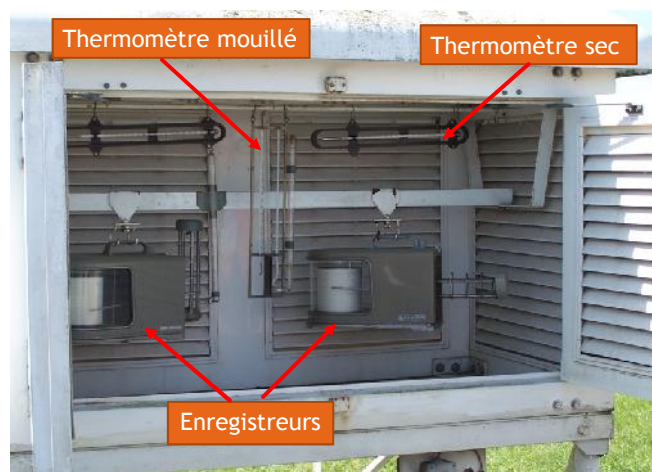
## b- les mesures de la température

- ▶ On mesure la température avec des thermomètres placés sous un abri météorologique
- ▶ On place l'abri à 1,5m du sol pour limiter l'effet de la turbulence des températures près du sol



35

À l'intérieur d'un abri météorologique



36



Station météorologique automatique



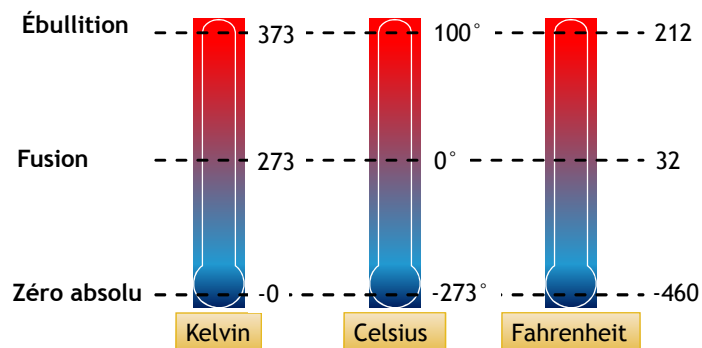
« abri météorologique ....!!! »



Mejen essefi, kroumirie



- ▶ Plusieurs unités de mesure sont employées notamment le degré Celsius
- ▶  $0^{\circ}\text{C}$  correspond à la température de l'eau en état de fusion (glace fondante)
- ▶  $100^{\circ}\text{C}$  correspond à la température de l'eau en état de l'ébullition
- ▶ Il existe 3 types de mesures:



(sous conditions de pression standard 1013 mb)



Il est à rappeler que :

- ▶ -le gradient adiabatique de l'air sec est de l'ordre de  $1^{\circ}\text{C}$  par  $100\text{ m}$  d'altitude,
- ▶ -le gradient adiabatique de l'air humide est de l'ordre de  $0.5^{\circ}\text{C}$  par  $100\text{ m}$  d'altitude.
- ▶ On peut corriger les effets d'altitude en ramenant les températures au niveau de la mer, c'est-à-dire en ajoutant à la température réelle un gradient adiabatique

41

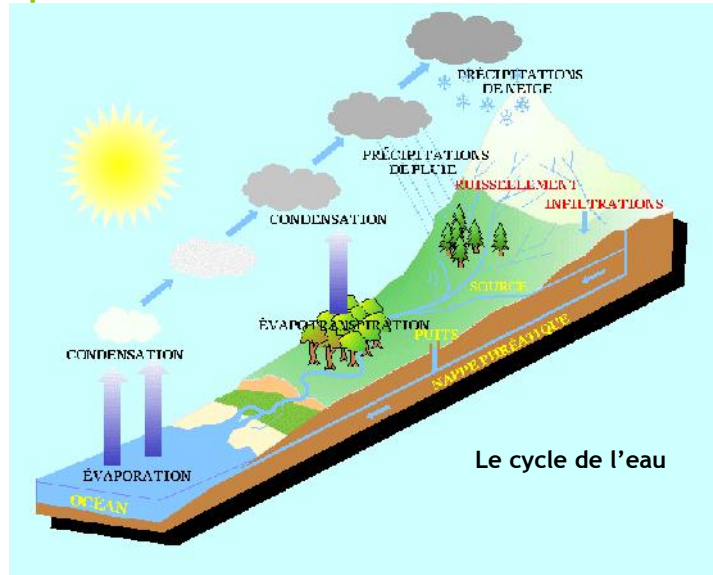
### C- quelques paramètres thermo-climatiques

Thermo - climat	Paramètre
T	Température moyenne mensuelle ( $^{\circ}\text{C}$ )
m	Température moyenne des minima du mois le plus froid ( $^{\circ}\text{C}$ )
M	Température moyenne des maxima du mois le plus chaud ( $^{\circ}\text{C}$ )
M'	Température moyenne des maxima du mois le plus froid ( $^{\circ}\text{C}$ )
T min	Température moyenne du mois le plus frais ( $^{\circ}\text{C}$ )
T max	Température moyenne du mois le plus chaud ( $^{\circ}\text{C}$ )
T <10 $^{\circ}\text{C}$	Nombre de mois dont la température moyenne est inférieure à $10^{\circ}\text{C}$
T <7 $^{\circ}\text{C}$	Nombre de mois dont la température moyenne est inférieure à $7^{\circ}\text{C}$
NJG	Nombre moyen annuel de jour de gelées
A	Amplitude annuelle moyenne (T max - T min)
A max	Amplitude annuelle maximale ou extrême (M- m)

42

## 4- L'eau dans l'atmosphère

- ▶ L'eau existe sous trois états physiques : liquide, solide et vapeur.
- ▶ Le cycle de l'eau traduit bien les transformations de l'état physique de l'eau.



43

### a- L'évaporation

- ▶ L'évaporation est le passage de l'eau de l'état liquide à l'état gazeux.
- ▶ L'évaporation est plus intense quand les températures sont élevées et quand l'air est très sec. La vitesse du vent est également importante.
- ▶ La majeure partie de l'évaporation est provoquée par les plantes, qui extraient l'humidité du sol et la rejettent par leurs feuilles dans l'atmosphère: c'est l'évapotranspiration

44

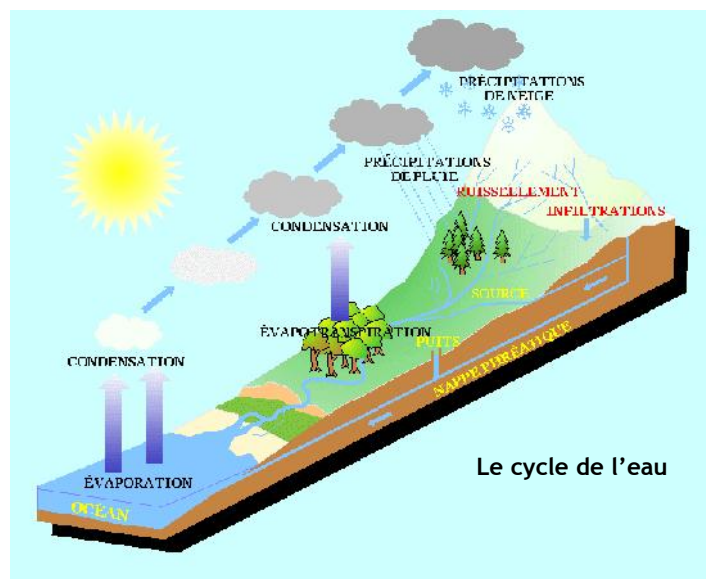
évapotranspiration des arbres dans une forêt équatoriale



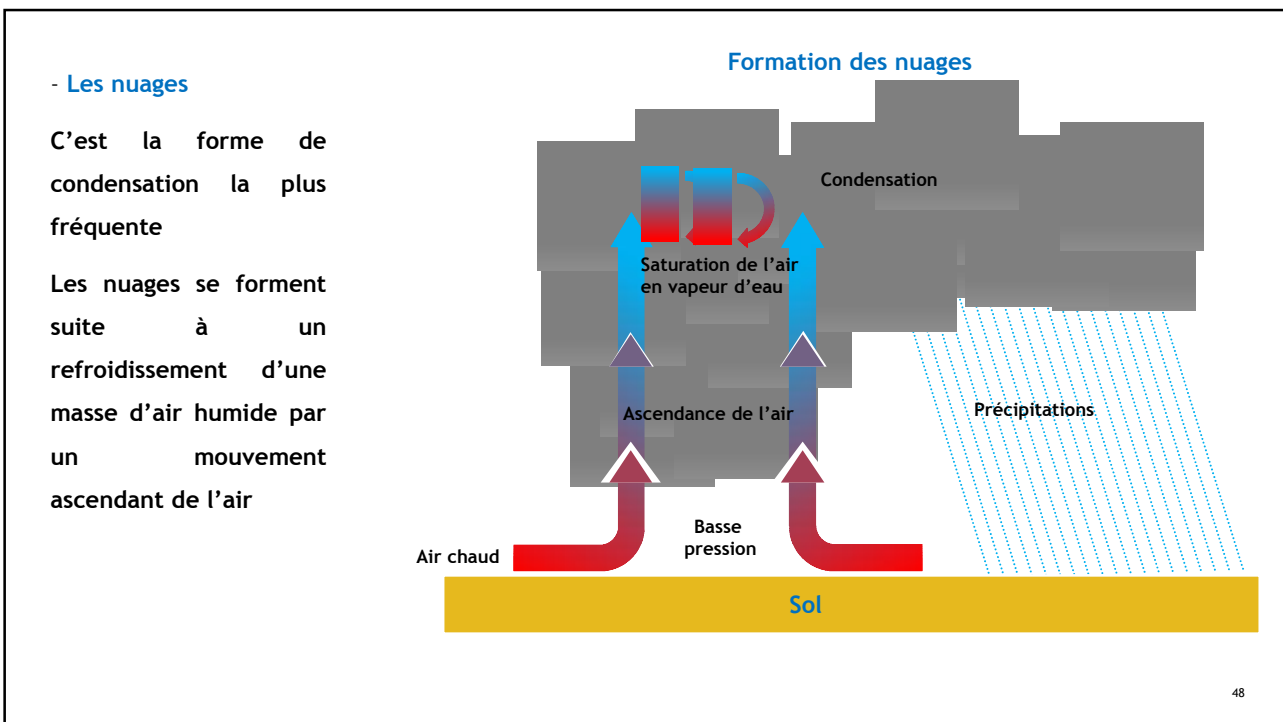
45

## b- La condensation

- ▶ Au sein de l'atmosphère, l'eau est souvent en état de vapeur.
- ▶ Son retour dans le sol nécessite une condensation de la vapeur, puis une précipitation des gouttes d'eau
- ▶ La condensation explique la formation de brouillard, de nuage ou de la rosée.



46



- La rosée:

La rosée est la condensation de l'eau contenue dans une masse d'air refroidi au contact du sol ou des végétaux qui se refroidissent par rayonnement nocturne

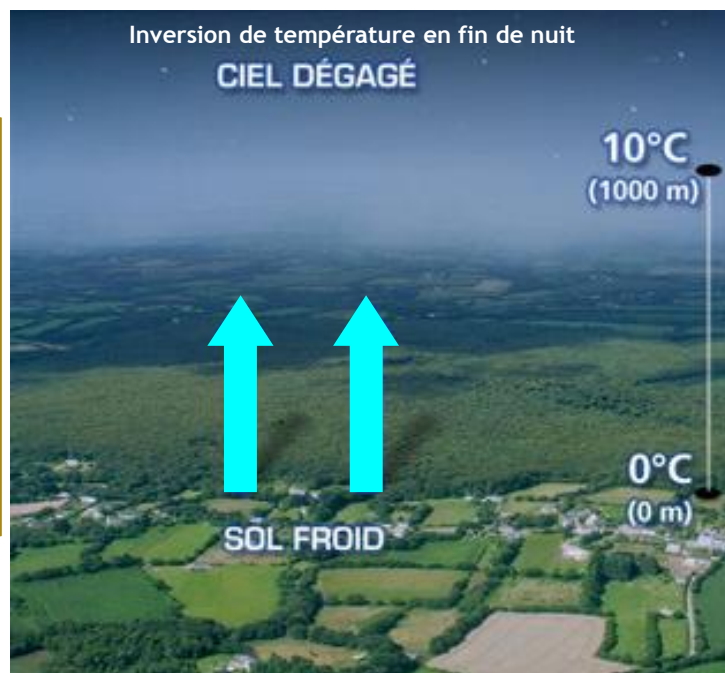


49

Le rayonnement nocturne

Par une nuit froide et claire, le sol se refroidit et cède sa chaleur par rayonnement à l'atmosphère.

Ce rayonnement est invisible à l'œil nu, car il s'agit d'un rayonnement infra-rouge (basse fréquence).



50

## C- quelques paramètres ombro-climatiques

Ombro - climat	Paramètre
P	Module pluviométrique annuel (en mm)
NJP	Nombre de jours moyen annuel de pluie
P e	Module pluviométrique estival(juin-juillet-août) (en mm et en % du total annuel)
P max	Module pluviométrique moyen le plus élevé
P min	Module pluviométrique moyen le plus faible
P > 100	Nombre de mois humide (pluviosité > 100 mm)
P < 30	Nombre de mois sec (pluviosité < 30 mm)

51

## II- Les relations climat-végétation

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

52



### a- Relation lumière-végétation

La lumière fournit aux plantes **l'énergie** nécessaire pour leur cycle de développement et leur nutrition.

Les besoins en lumière varient avec les espèces, le cycle végétal et l'âge de la plante.

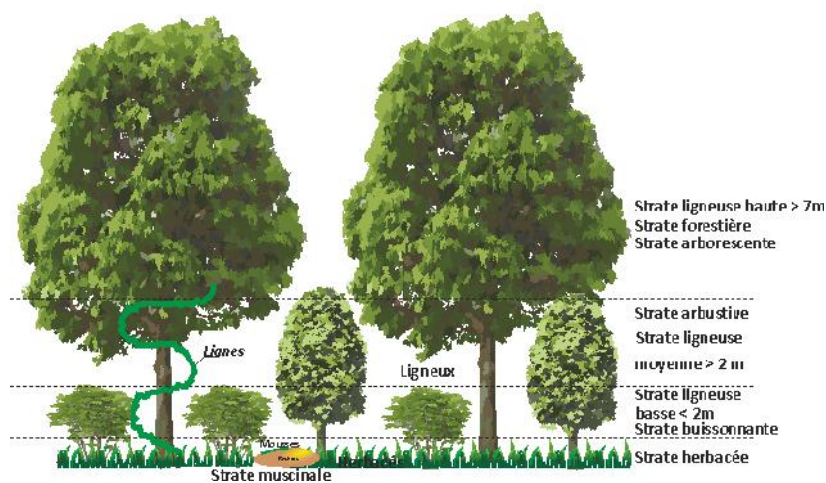
- On distingue 2 grandes catégories d'espèces :

- ▶ **Les espèces d'ombre** : appelées **les sciaphytes** (espèces sciaphiles). Ces espèces vivent dans un milieu **peu éclairé**. Ex: le sapin et le hêtre.
- ▶ **Les espèces de lumière** : appelées **les héliophytes** (espèces héliophiles). Ces espèces ne tolèrent pas l'ombre. Ex: les chênes et les pins.

53

**La lumière détermine la flore du sous-bois**: En effet, la densité de la strate arborescente conditionne la strate arbustive. **Les clairières** délaissées offrent des conditions favorables pour le développement des espèces herbacées et arbustives.

Structure verticale d'une forêt évoluée



54



### **l'assimilation chlorophyllienne:**

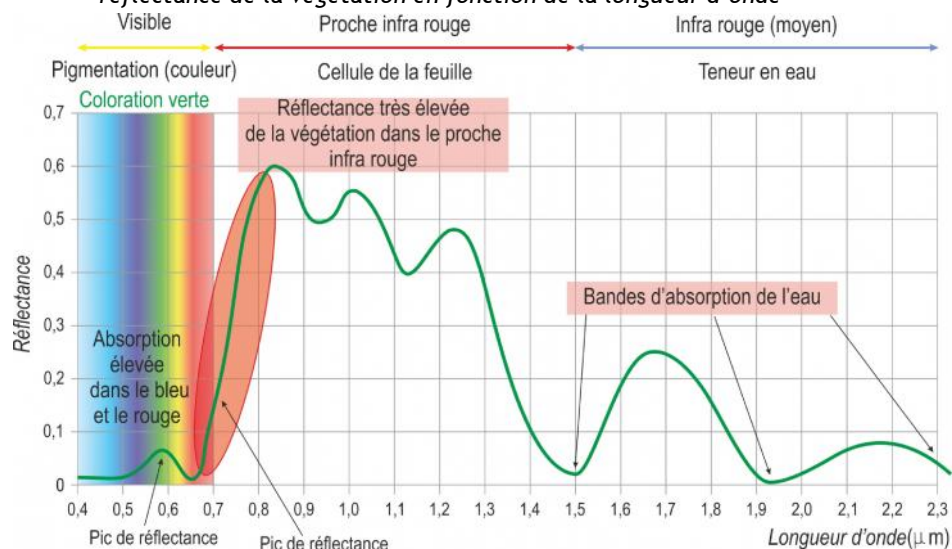
- ▶ C'est la photosynthèse qui est responsable de la couleur verte des plantes, perçue par l'œil humain et qui correspond aussi à la couleur que l'œil voit le mieux.
- ▶ Au cours du jour, les feuilles des végétaux contiennent de la chlorophylle. Celle-ci absorbe une partie de l'énergie lumineuse du soleil pour transformer eau et dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ) en sucre (glucose) dont les plantes se nourrissent
- ▶ L'oxygène sera relâché dans l'atmosphère.

### La végétation vue par les satellites:

- ▶ La feuille **absorbe** pratiquement **toutes les longueurs d'onde du spectre visible**, **sauf le vert** un peu moins absorbé (10% à 50% du vert est réfléchi) et c'est pour cette raison que les feuilles nous apparaissent vertes.
- ▶ Les ondes infrarouges à courte longueur d'onde entre 1,4  $\mu\text{m}$  et 3  $\mu\text{m}$  (SWIR) déterminent la teneur en eau de la végétation. **Plus la teneur en eau est forte, plus la réflectance de la végétation diminue.**
- ▶ Le **red-edge** correspond à un changement rapide de réflectance de la chlorophylle, (pic de réflectance de la chlorophylle, dans le proche infrarouge). Ceci permet aux plantes d'éviter les problèmes de surchauffe durant la photosynthèse.
- ▶ Cette plage de longueur d'onde est très utilisée en observation de la Terre pour détecter un état de stress hydrique de la végétation.

57

### Synthèse chlorophyllienne et stress hydrique : variation de la réflectance de la végétation en fonction de la longueur d'onde



d'après Mark R. Elowitz sur l'imagerie hyperspectrale

Ce profil théorique change selon l'âge de la plante et les attaques parasitaire (nécrose)

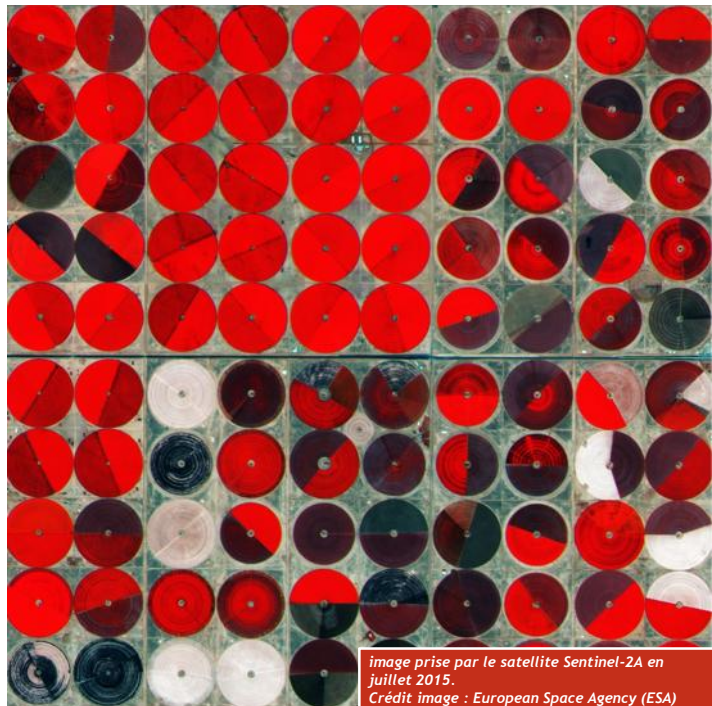
58



- ▶ Des parcelles irriguées par pivot central en Arabie Saoudite
- ▶ Composition colorée avec la bande proche infrarouge

Rouge vif activité chlorophyllienne intense

Noire: forte concentration en eau



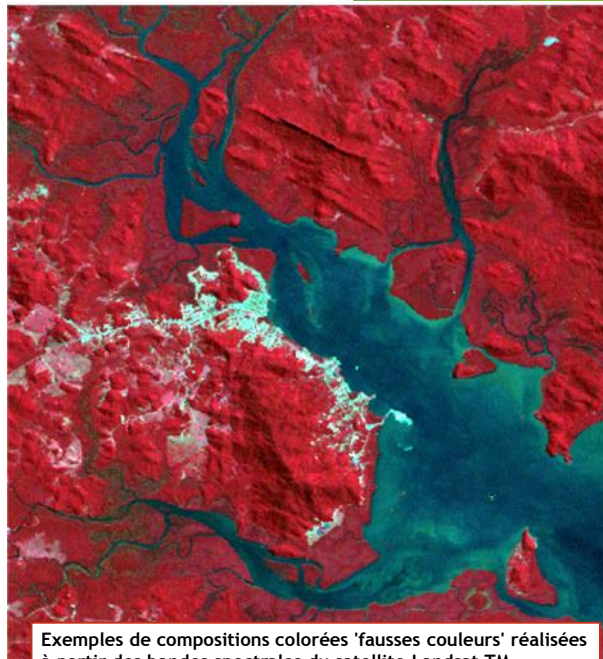
59

image prise par le satellite Sentinel-2A en juillet 2015.  
Crédit image : European Space Agency (ESA)

Signification des fausses couleurs:

- ▶ Bleu foncé: eau profonde ou peu turbide
- ▶ Bleu cyan: profondeur faible ou forte turbidité
- ▶ Rouge vif: forêt
- ▶ Rouge rosé: sols nus ou cultures
- ▶ Blanc: bâtis

Bonne distinction de chaque type de surface



60

Exemples de compositions colorées 'fausses couleurs' réalisées à partir des bandes spectrales du satellite Landsat TM (Combinaison des bandes 4-3-2)

### *b- La température*

- ▶ La température joue un rôle important dans la croissance des végétaux.
- ▶ Les végétaux sont sensibles aux fluctuations des températures et possèdent des seuils de tolérance thermique.
- ▶ Pour chaque espèce et chaque fonction, il existe **un minimum, un optimum et un maximum thermique**.
- ▶ Pour la grande majorité des espèces, les fonctions vitales sont bloquées en deçà de 0°C et au-delà de 50°C.
- ▶ Les différentes essences réagissent de manières différentes aux extrêmes thermiques :

61

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



62

**Oasis**

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

- ▶ La résistance au froid varie beaucoup selon les espèces.
- ▶ **La vernalisation** est le mécanisme hormonal qui donne le signal de la floraison après la saison froide.
- ▶ La vernalisation de l'olivier est de 13°C
- ▶ Les résineux sont mieux adaptés contre le froid: le mélèze peut supporter des températures de -60°C; le pin d'alep -10°C
- ▶ Le chêne zen supporte des minima absolus de -25°C; Le chêne vert -14°C; l'Eucalyptus -5°C, le chêne liège -9°C (1 à 2 jours seulement); l'alfa -15°C

63



**Chutes de neige sur la forêt de pin d'alep (le Haut Tell)**

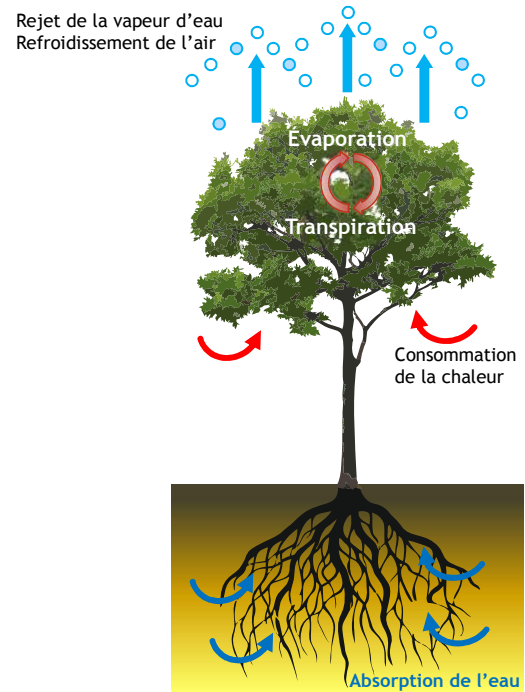
Cliché: Hamza AYARI, décembre 2014

64



### c- L'eau

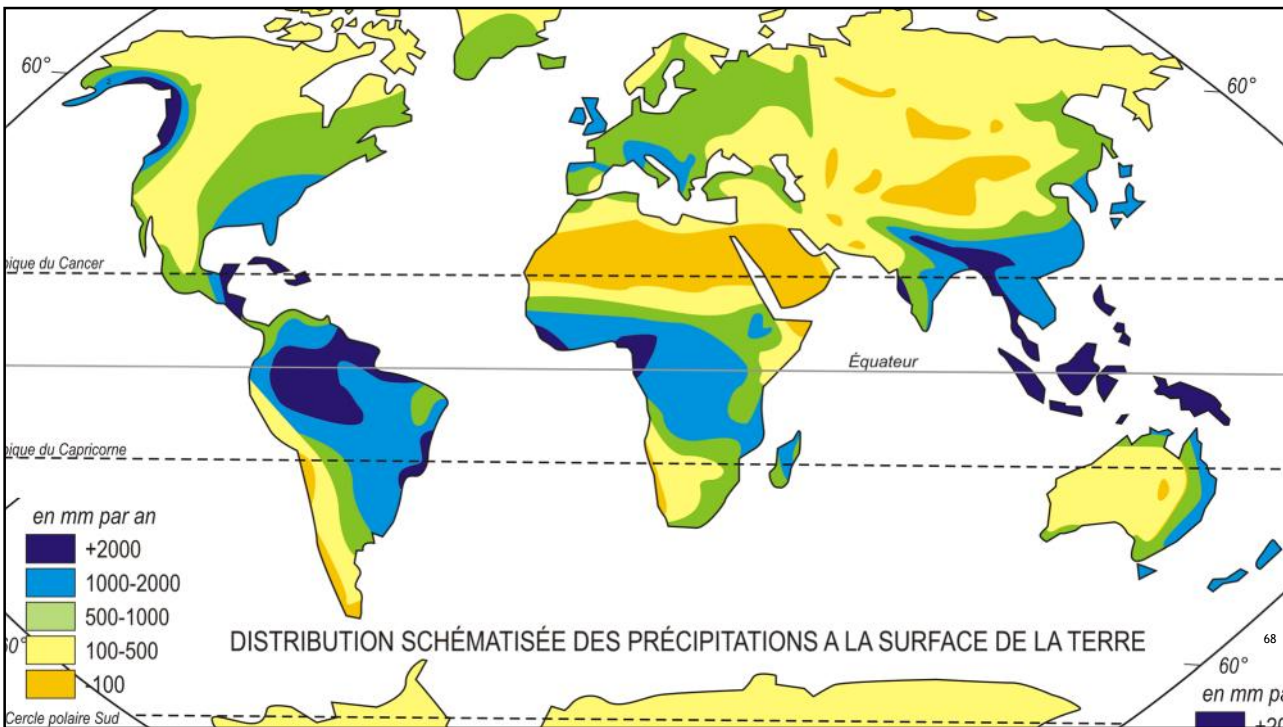
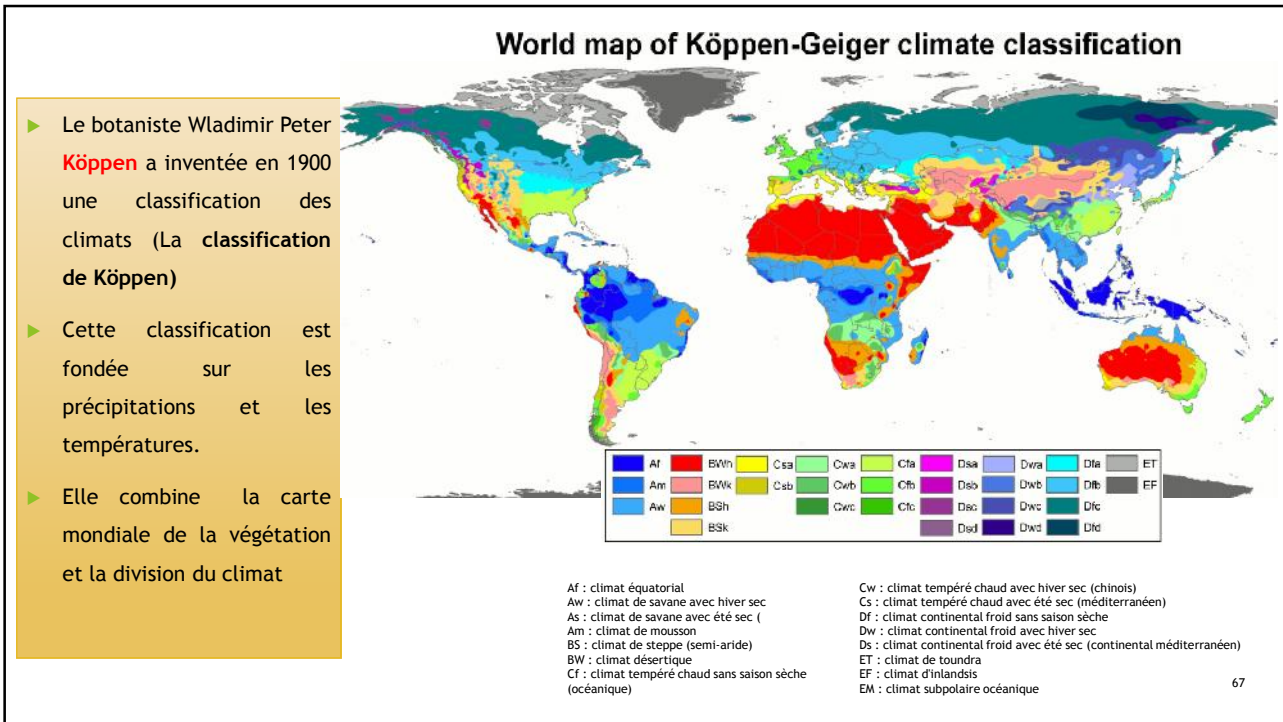
- L'eau est indispensable à la vie des végétaux
- Un arbre a besoin d'une certaine quantité d'eau pour vivre. Pour cela, il s'établit un équilibre permanent entre l'absorption et la transpiration.

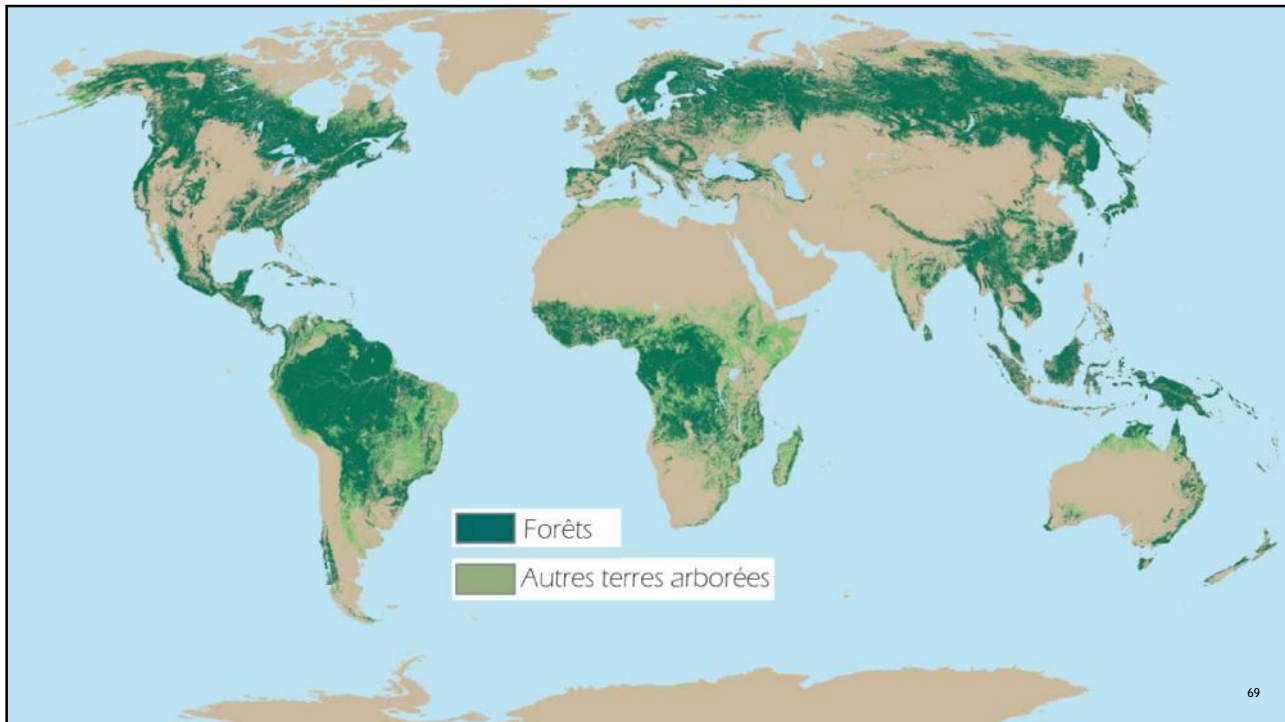


65

- La pluie représente le principal facteur d'approvisionnement en eau du sol. Sa quantité totale ainsi que sa répartition saisonnière déterminent la physiologie d'un couvert végétal.
- La relation entre la pluviosité et la répartition géographique des végétaux est évidente. Dans les régions bien arrosées, la végétation est abondante mais elle est absente dans les régions désertiques. (La classification de Köppen)

66





Le facteur « eau » détermine la physionomie de la végétation. Selon les exigences en eau, on peut citer trois cas d'adaptation :

#### Les plantes hygrophiles

Très exigeantes en eau et vivent sur un sol saturé en eau

La forêt équatoriale, la mangrove

#### Les plantes xérophiles

Les besoins en eau sont insuffisants. La plante doit réduire sa transpiration ou augmenter ses facultés d'absorption

Plantes succulentes: le cactus, les agaves, certaines espèces de la région méditerranéenne

#### Les plantes mésophiles

Les besoins en eau sont suffisants selon les saisons (périodes pluvieuses et périodes sèches)

Forêts tempérées, les forêts des conifères





Plantes hygrophiles

*Amazonie (Forêt équatoriale)*

71



Plantes xérophiles

72



- ▶ **Le chêne zen** est exigeant sur la quantité des précipitations : entre 800mm/an (quelques stations au Mogod) et plus de 1500 mm/an (jbel el Ghorra, Tunisie)
  - ▶ **Le chêne liège** apparaît dès 700mm/an (aux Mogods) et jusqu'à 1800mm/an (jbel Ghorra, en mélange avec le chêne zen)
  - ▶ **Le chêne vert**, espèce continentale en Afrique du Nord, apparaît entre 400 et 1000mm/an
  - ▶ **Le Pin d'alep** se trouve entre les isohyètes 200mm jusqu'à 1000 mm en Afrique du Nord
  - ▶ **L'alfa** se trouve dans les régions recevant moins de 600mm/an dans les régions arides
- 74



#### d- Le vent

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

Le vent agit sur les ambiances climatiques :

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

75







### III- Le microclimat forestier

- ▶ Un microclimat désigne l'ensemble des conditions climatiques d'un site de faible extension géographique, présentant des particularités qui diffèrent du climat ambiant.
- ▶ Ces spécificités locales sont dues en général aux caractéristiques topographiques, géologiques et hydrologiques locales.

79

- ▶ La forêt est un couvert végétal de grande hauteur plus ou moins dense et peut comporter une ou plusieurs strates suivant son développement.
- ▶ La voûte de la strate supérieure de la forêt (la canopée) joue un rôle important. Elle conditionne les conditions physico-chimiques des autres strates..

80



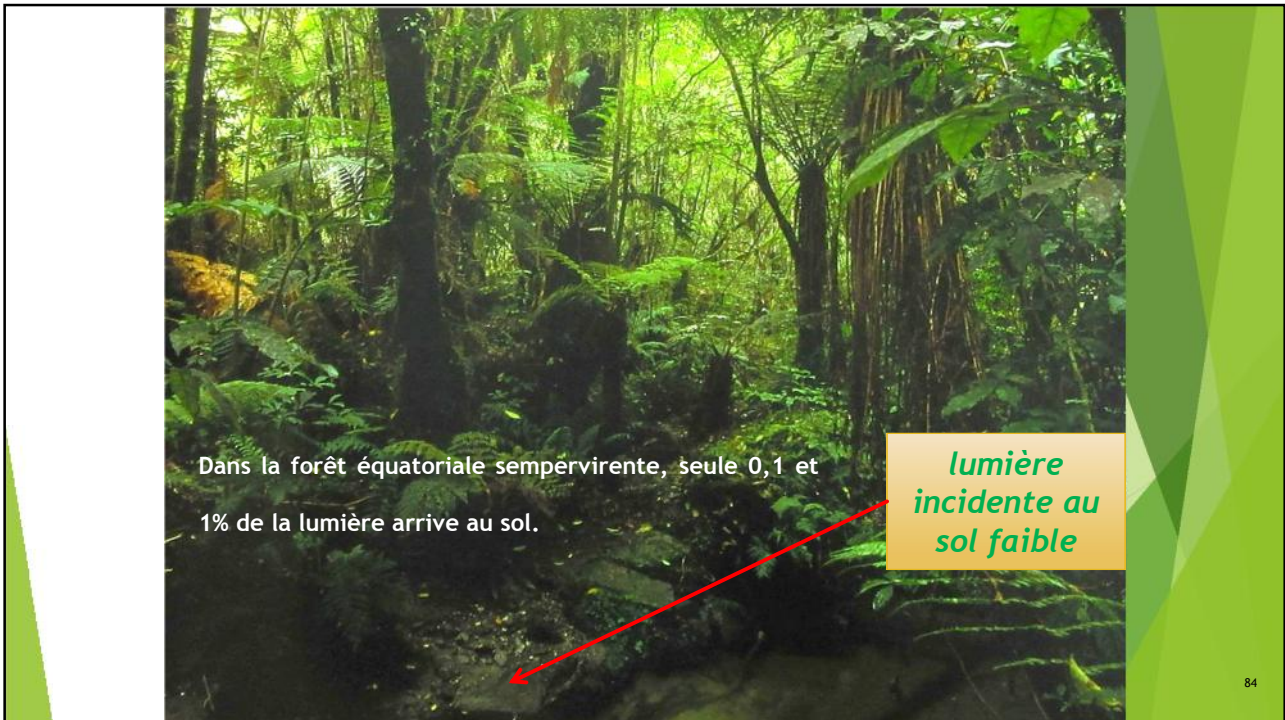
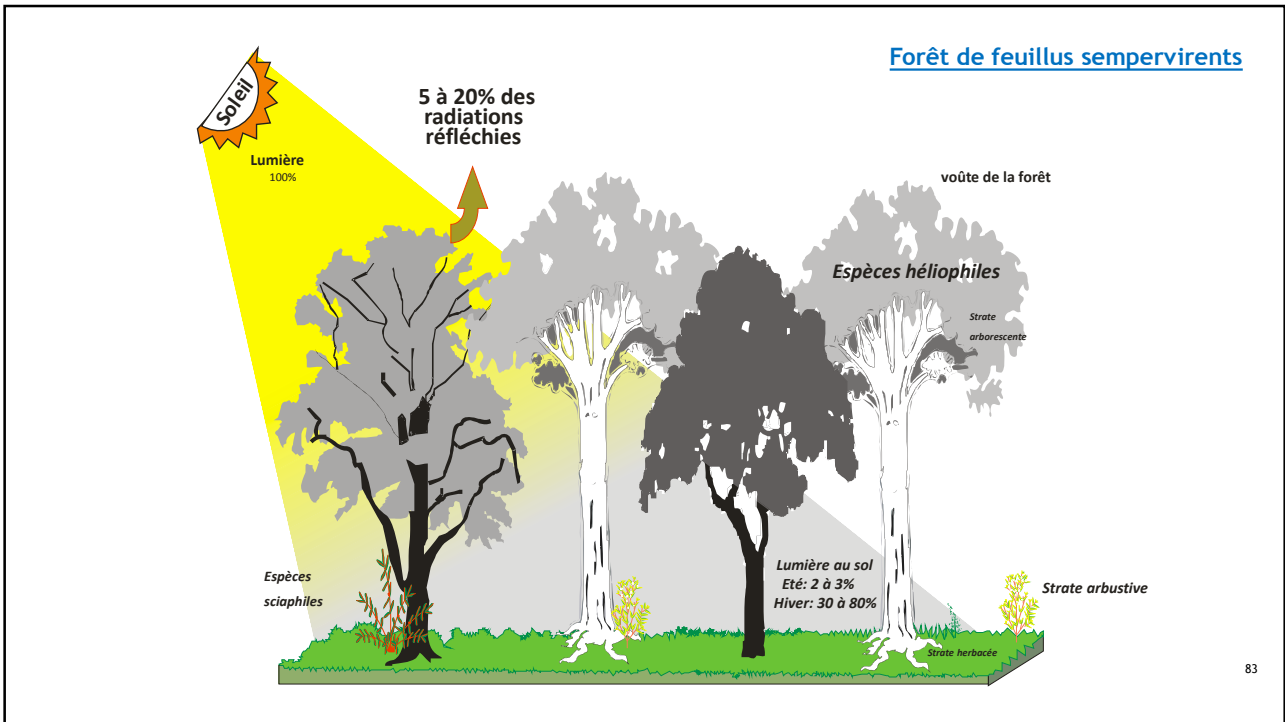
Cette voûte crée un **microclimat** différent du climat régional :

**a- L'intensité lumineuse :**

la pénétration de la lumière est assez difficile.

- ▶ Dans une forêt caducifoliée de feuillus, il arrive **80%** de la lumière incidente au sol de l'hiver, alors qu'en été seulement 2 à 3% de la lumière incidente arrive au sol. → Apparition des feuilles dès le printemps
- ▶ Dans un peuplement de résineux, les feuilles étant persistantes, la lumière est très affaiblie toute l'année. Il arrive moins de 5% de lumière au sol

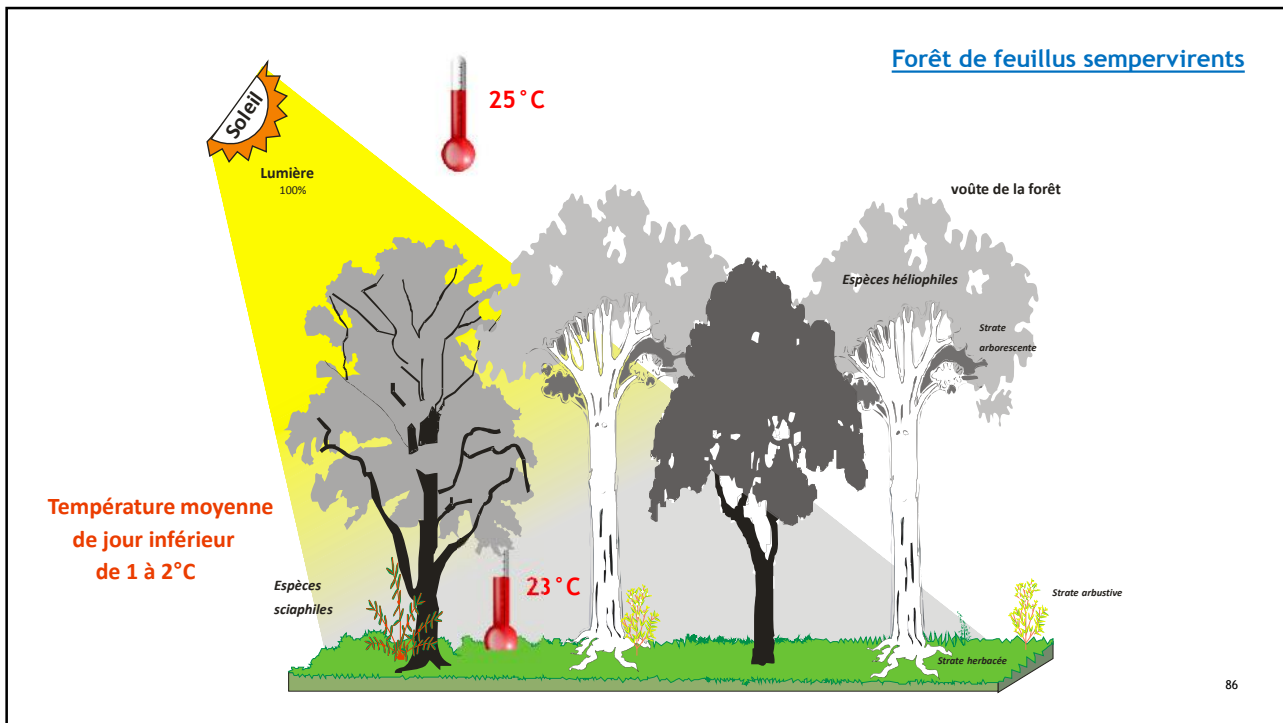




### b- La température :

- ▶ Pendant le jour, la température à l'intérieur de la forêt est inférieure de 1 à 2 °C que la température à l'extérieur. Par contre, au cours de la nuit, elle sensiblement plus élevée à l'intérieur de la forêt.
- ▶ La voûte des arbres enregistre le maximum de température dans la journée.
- ▶ La nuit, la température est la même à toutes les strates avec une valeur un peu plus élevée au niveau du sol

85

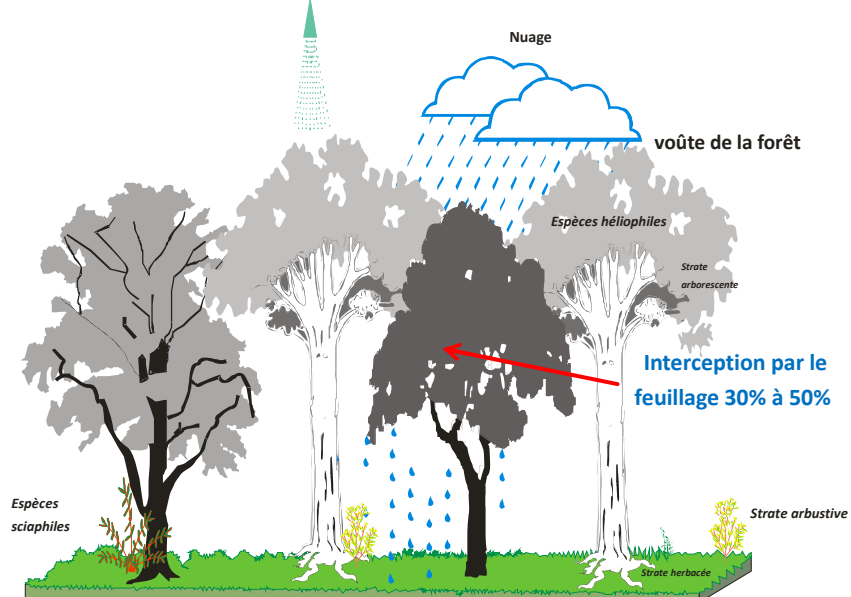


**c- Les précipitations:** la canopée intercepte une fraction des gouttes de pluie, une partie atteint le sol par écoulement le long des troncs d'arbre, ce qui limite le ruissellement superficiel.

87

### Forêt de feuillus sempervirents

Évapotranspiration: 20 à 50 m<sup>3</sup>/jour/ha → Augmentation des précipitations de 1 à 10%



88

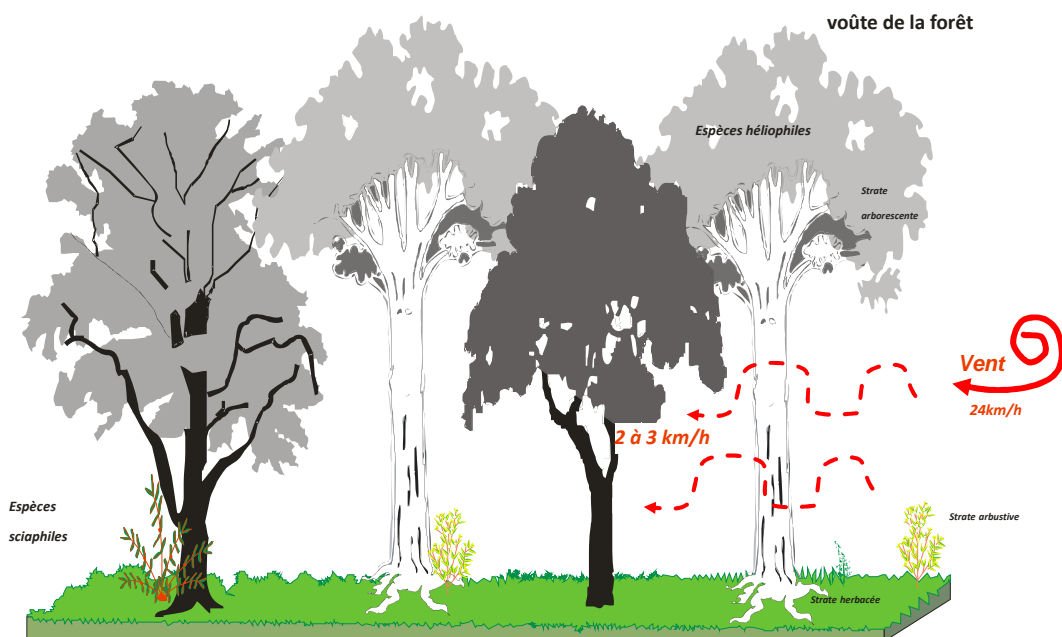


**d- L'humidité relative de l'air** : elle est d'autant plus élevée que la canopée est continue. Elle peut atteindre la valeur de **90%** dans la forêt équatoriale.

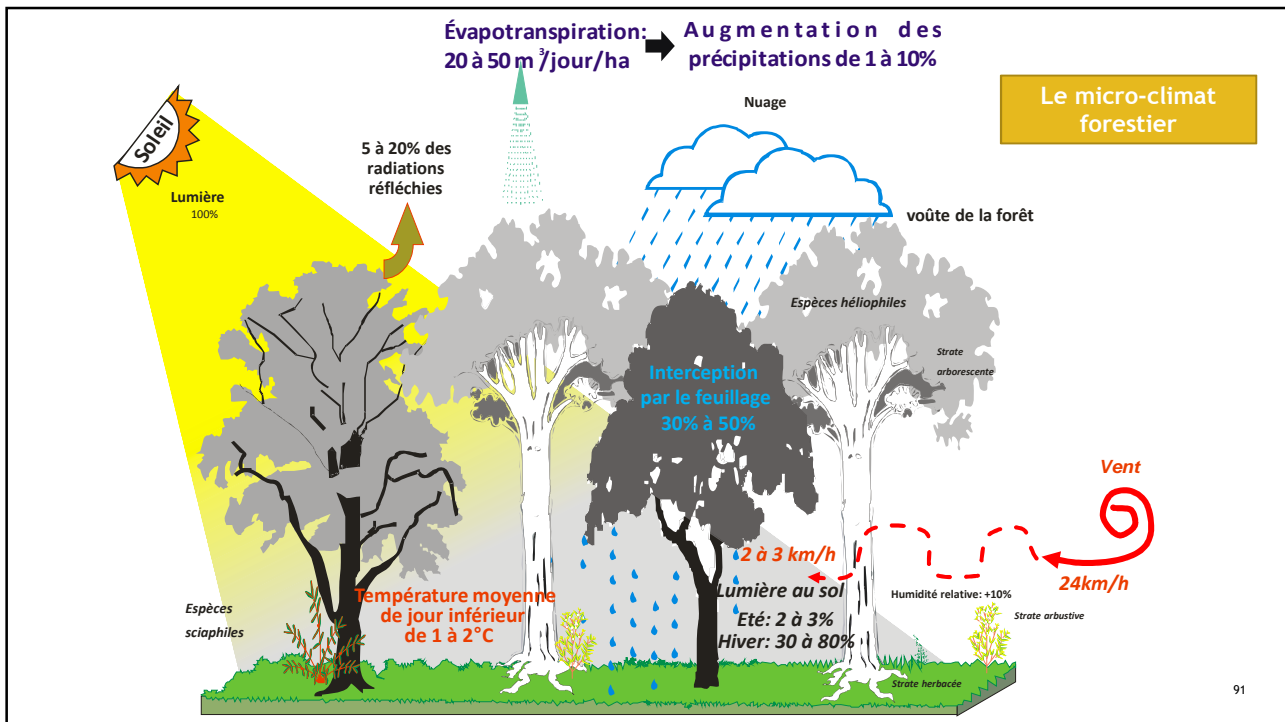
**e- Le vent** : la vitesse du vent est fortement ralentie dans la traversée de la forêt

89

### Forêt de feuillus sempervirents



90



## Conclusion

Les éléments du climat ont été étudiés dans une optique écologique. Cependant, on peut quantifier ces éléments pour les adapter à l'étude bioclimatique végétale. La combinaison de plusieurs éléments climatiques permet de déterminer des indices bioclimatiques.