

Alain Clappier

Les nuages :



**expression des changements
imprévisibles de la nature**

Pourquoi les nuages sont-ils
visibles dans le ciel?

L'atmosphère



L'atmosphère est une fine couche de gaz entourant la terre

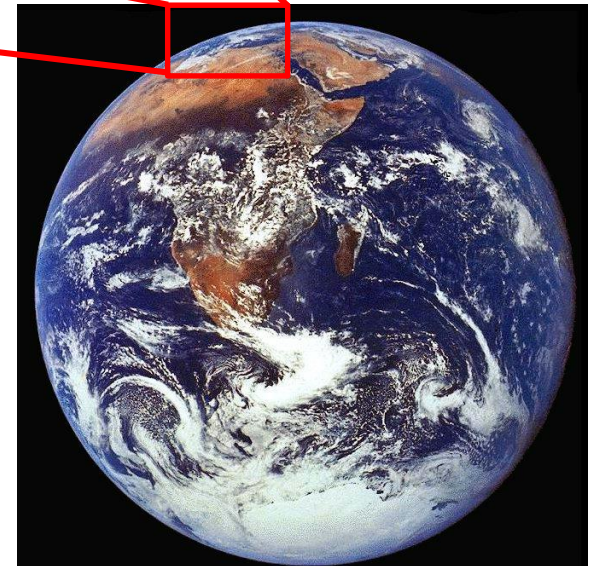
Épaisseur = 30 km

Diamètre de la terre = 12 720km

1 boule de 1m -> 2mm d'atmosphère

78% Azote - 21% Oxygène

- > Vapeur d'eau (0,05%)
- > Dioxyde de carbone (0.038%)
- > Méthane (0,000175%)
- > Ozone (0,00001%)
- >



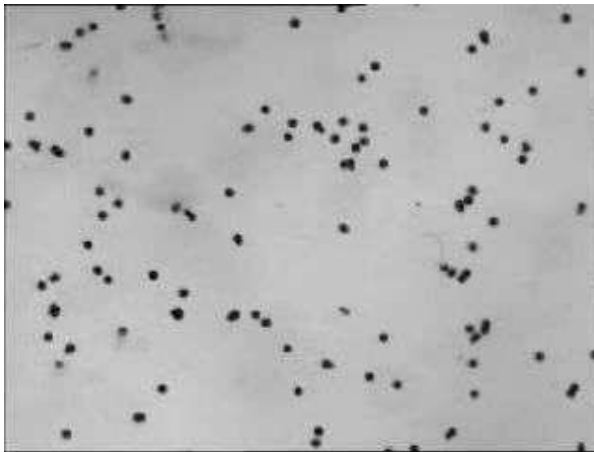
L'atmosphère

L'atmosphère, ce n'est pas seulement du gaz mais aussi

-> des gouttelettes et de gouttes d'eau liquide:

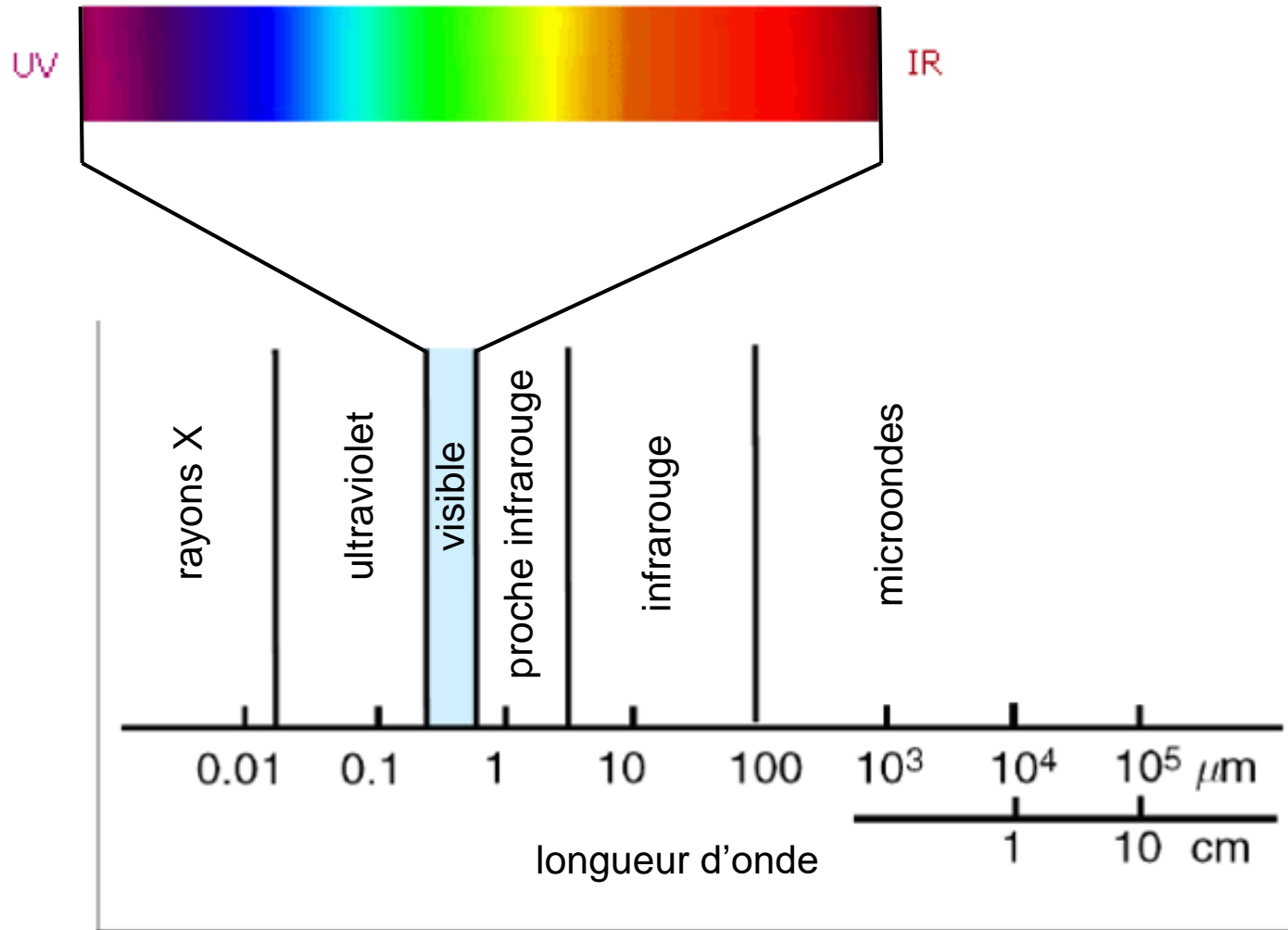


-> des particules solides:

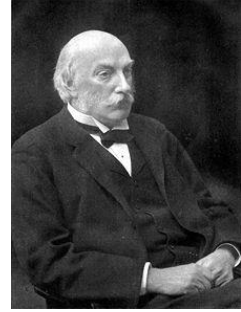


La lumière

La lumière est formée de différentes couleurs

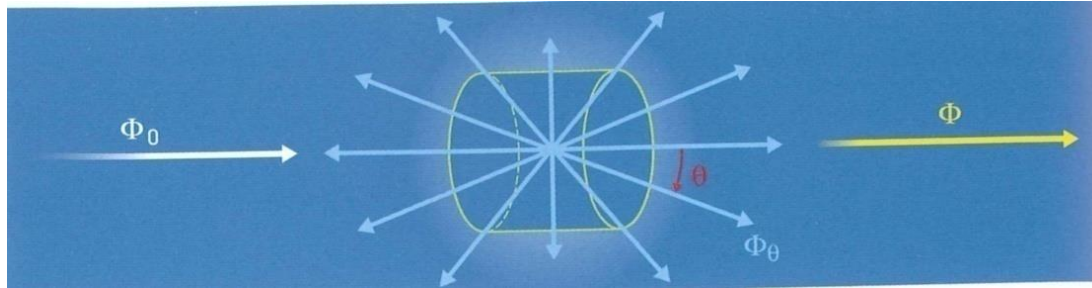


La diffusion Rayleigh

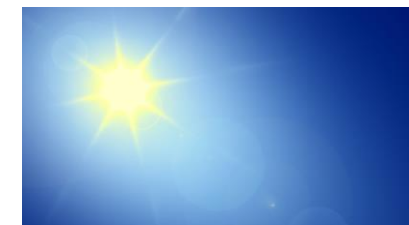
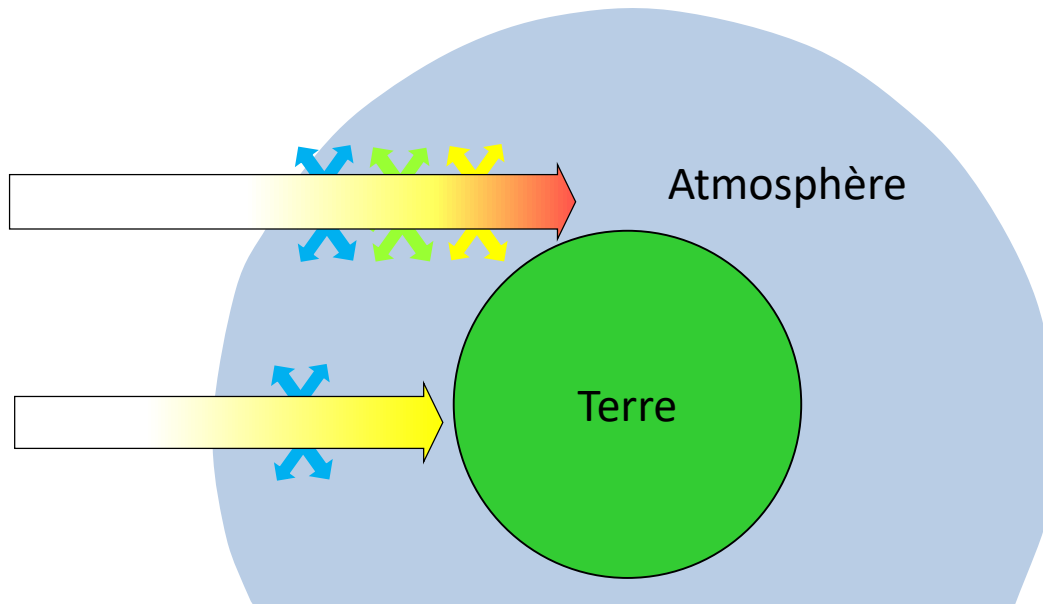


John Rayleigh
(1842-1919)
Angleterre

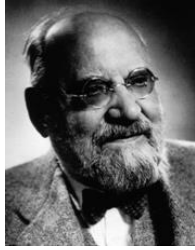
La lumière qui vient du soleil est diffusée par les **molécules d'oxygène et d'azote** (la lumière est déviée de sa trajectoire initiale et part dans tous les sens).



La diffusion Rayleigh affecte d'abord la lumière bleu, ce qui explique pourquoi le ciel nous apparait bleu et le soleil jaune.

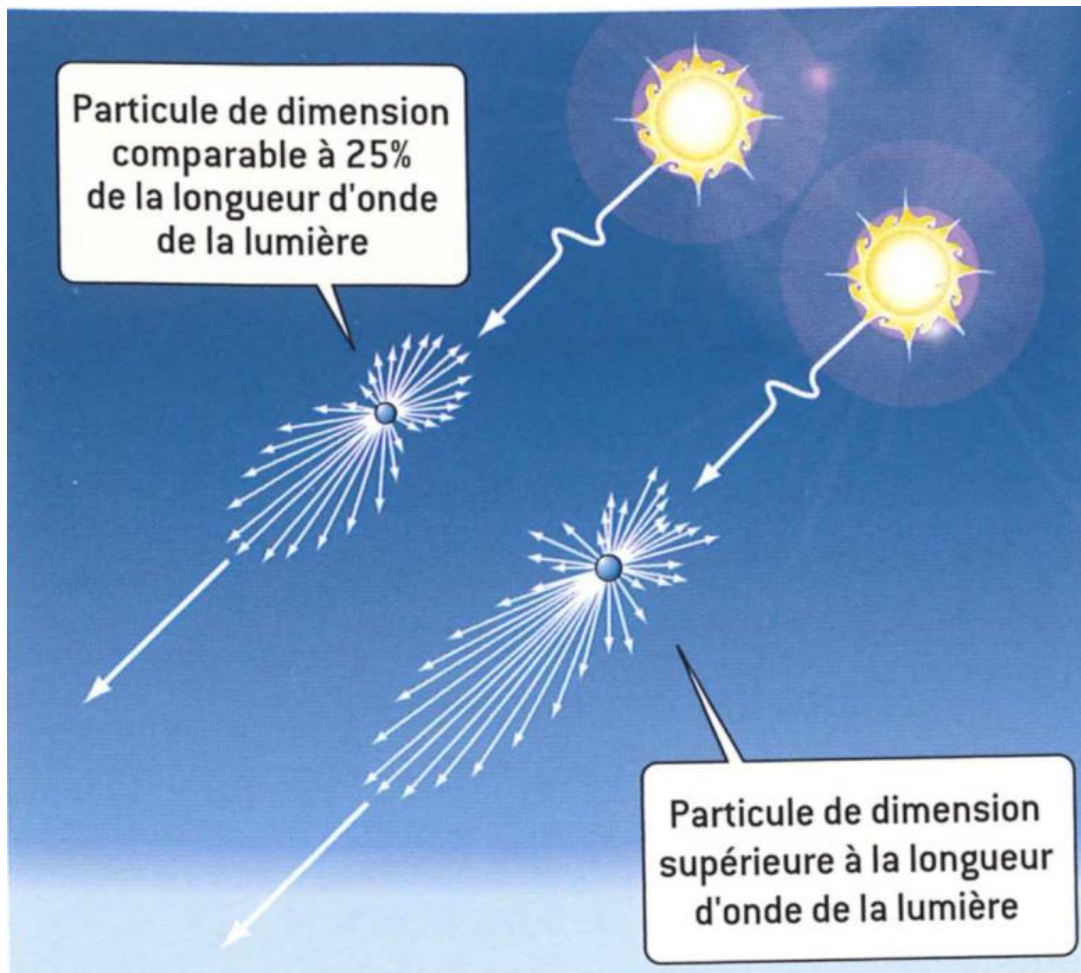


La diffusion Mie



Gustav Mie
(1859 - 1957)
Allemagne

Lorsque la lumière rencontre des particules solides, toutes les couleurs sont déviées par la diffusion Mie. Ceci explique pourquoi les nuages nous apparaissent blancs.



Absorption



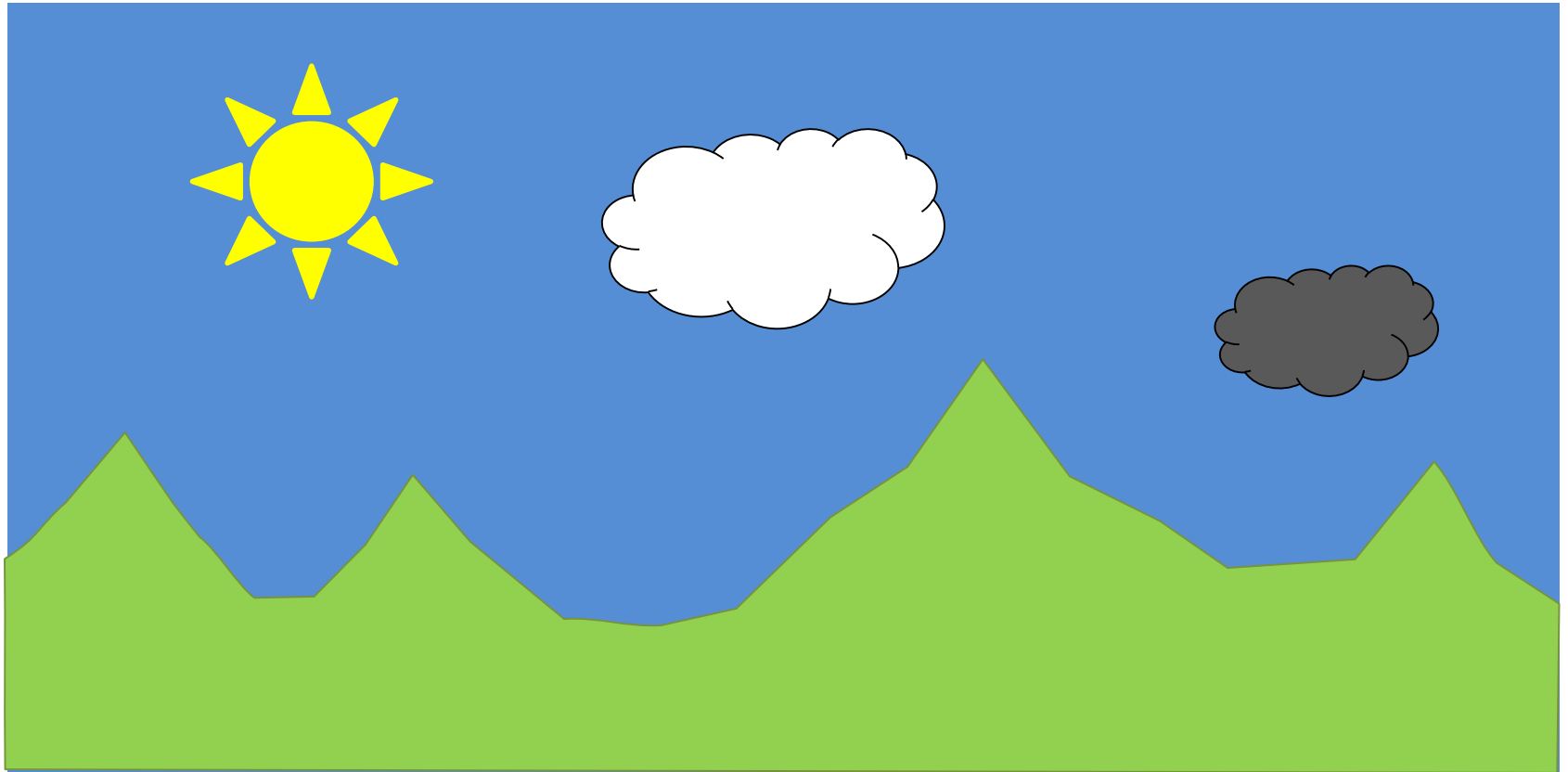
Johann Lambert
(1728 - 1777)
Suisse-Allemagne

Les particules solides, les gouttelettes et les gouttes d'eau liquides peuvent également absorber la lumière. Ceci explique que certains nuages nous apparaissent noirs lorsqu'ils sont très denses.



Soleil, ciel et nuages

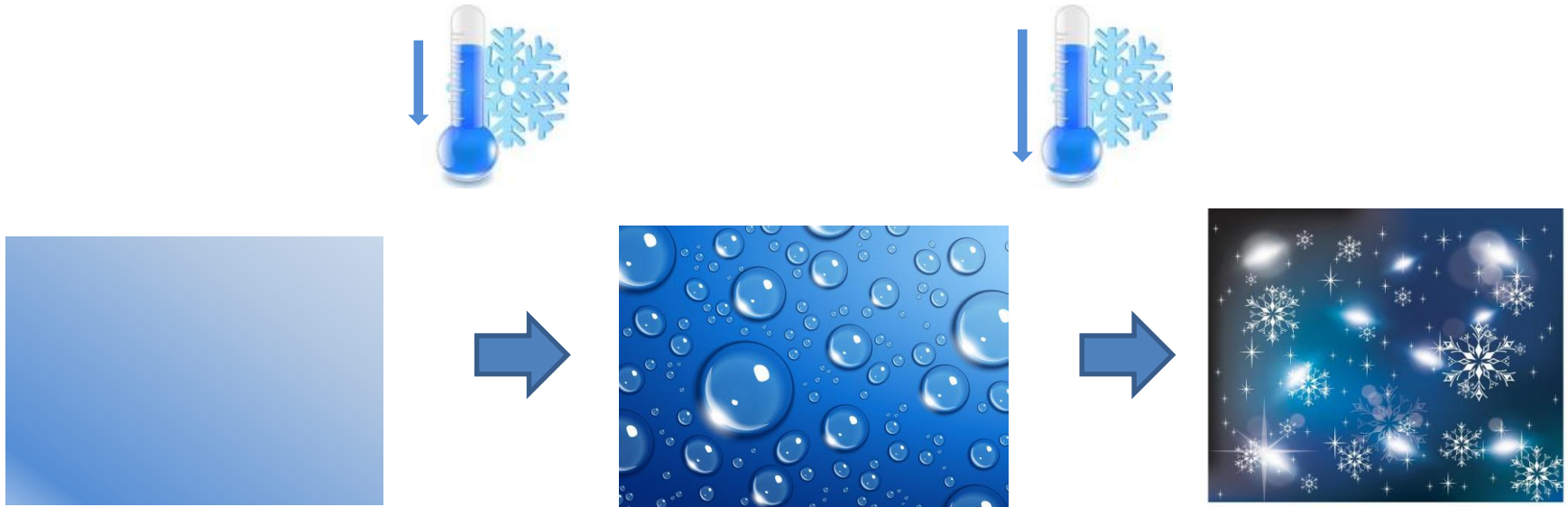
Le soleil nous apparait jaune dans un ciel bleu sur lequel se détachent des nuages blancs ou noirs.



Comment les nuages se
forment-ils?

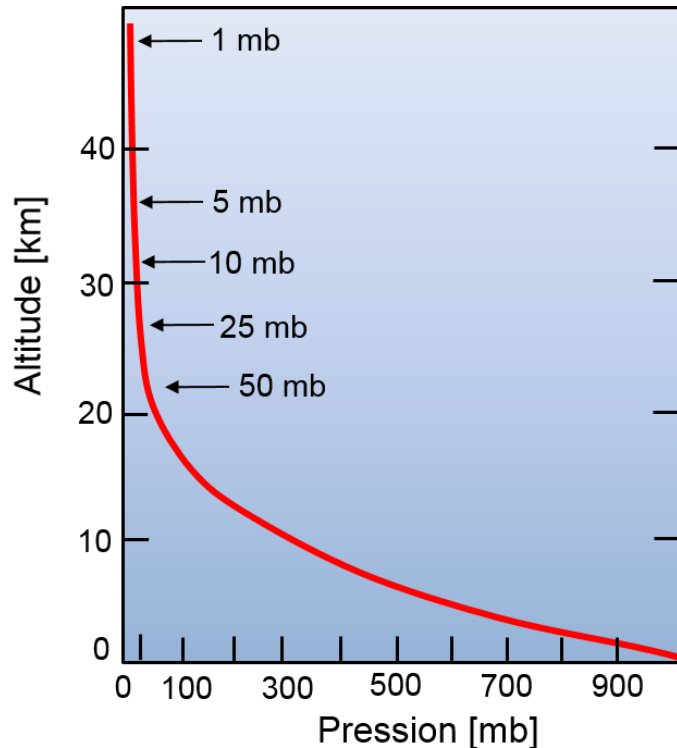
Condensation de la vapeur d'eau

Lorsque la température de l'air s'abaisse la vapeur d'eau se condense en gouttelettes d'eau liquide qui, si la température s'abaisse encore, se solidifient en cristaux de glace.

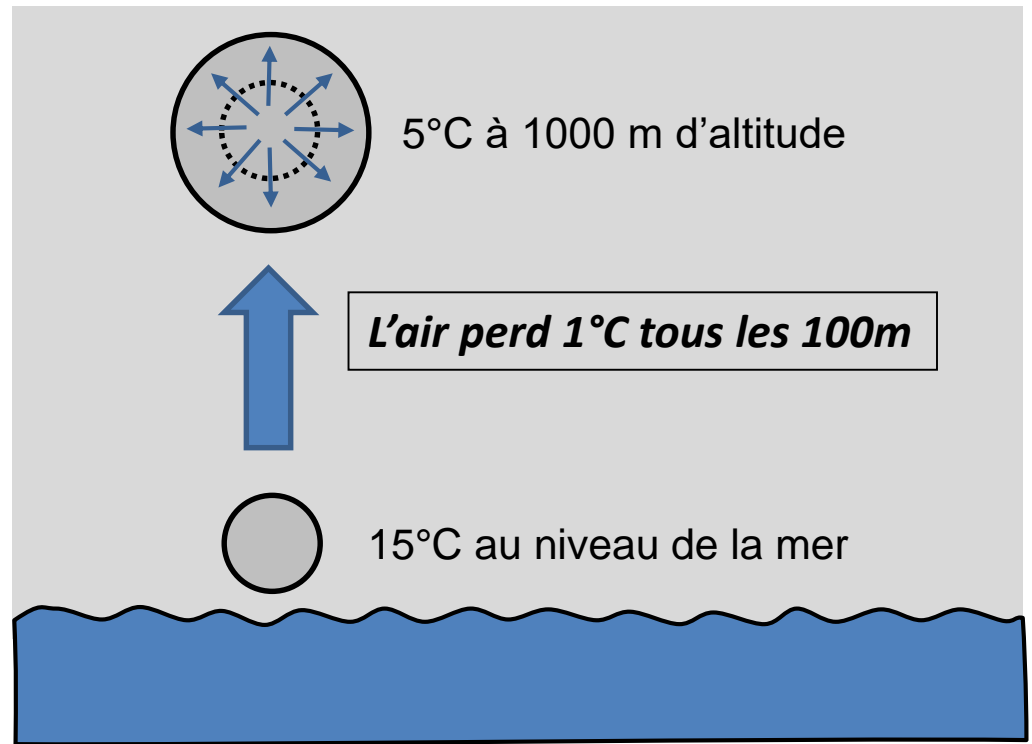


Changement de pression et de température

Dans l'atmosphère la pression de l'air avec l'altitude

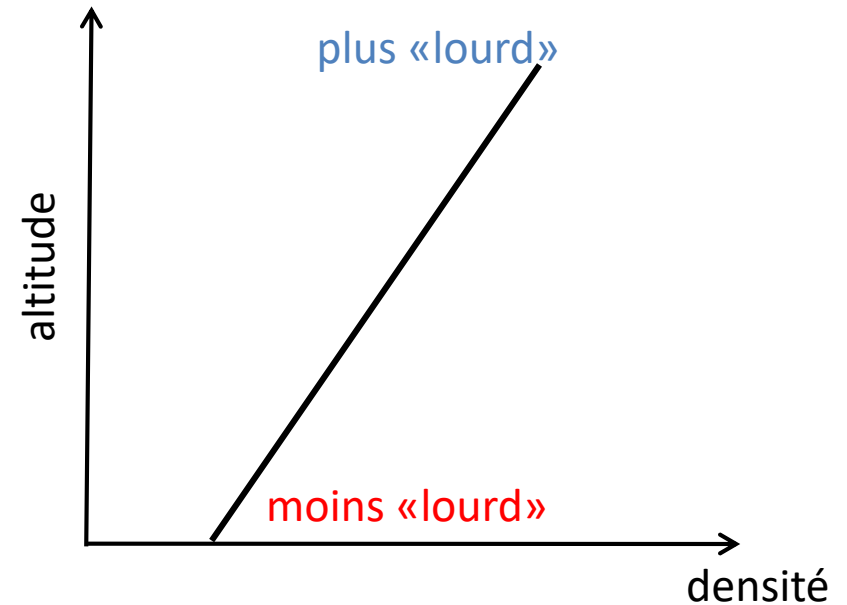
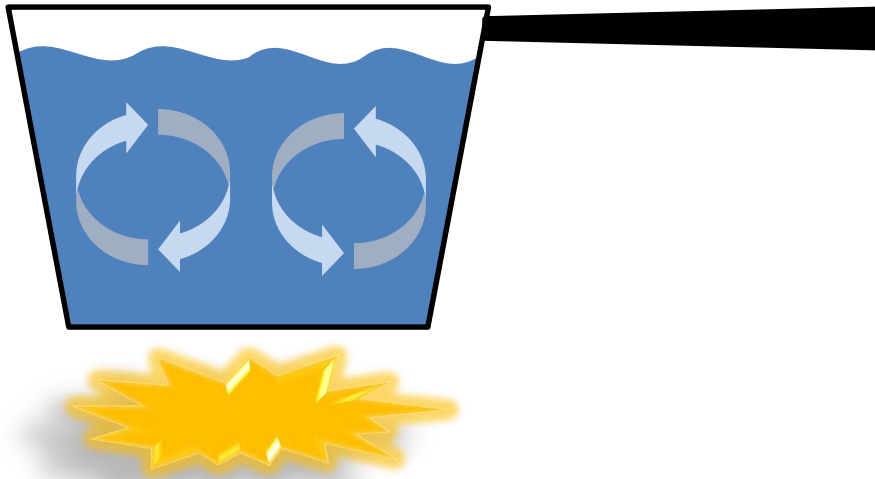


Lorsque de l'air monte, sa pression diminue, il se dilate et sa température s'abaisse.



Les nuages se forment lorsque de l'air s'élève.

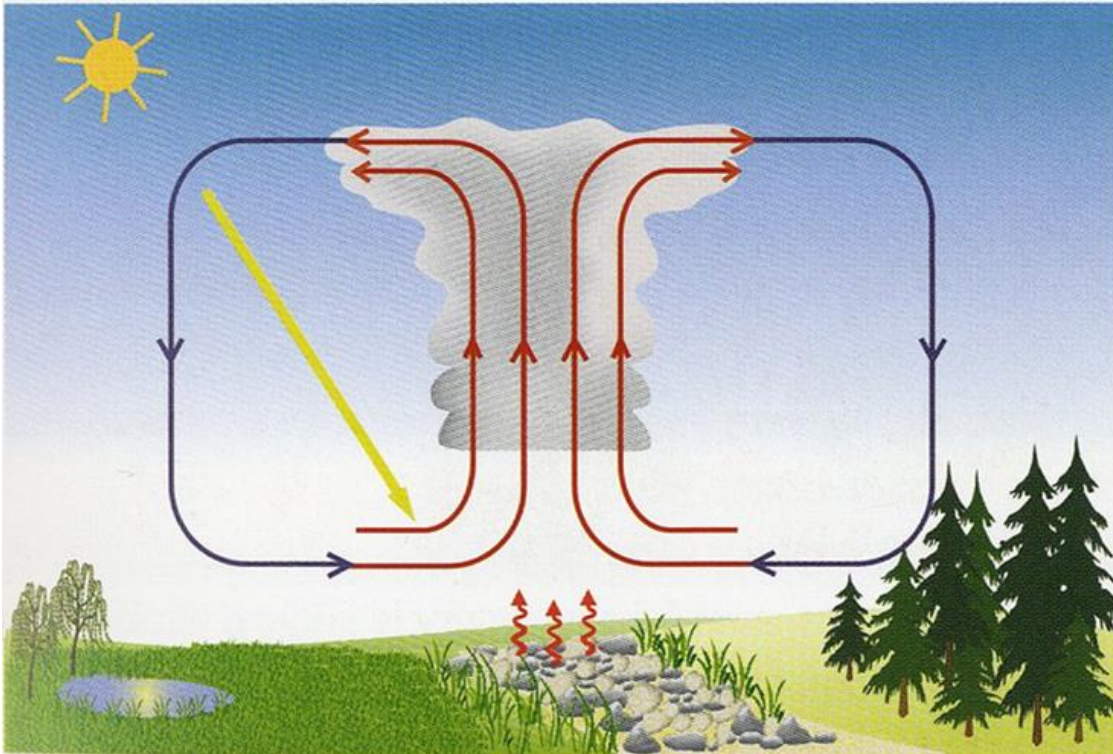
La stabilité de l'air



Lorsque des couches d'air moins denses se situent en dessous de couches d'air plus denses, l'atmosphère devient instable. Des **mouvements convectifs** se génèrent.

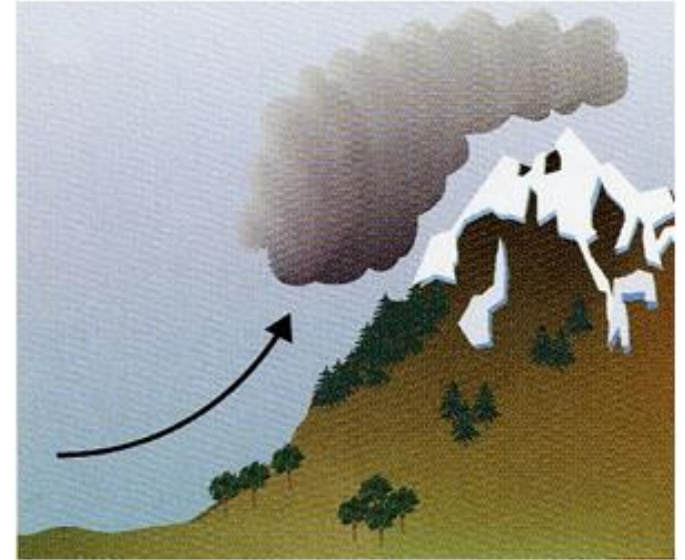
Ascendances par convection

L'atmosphère devient d'autant plus instable que la surface terrestre est chauffée.



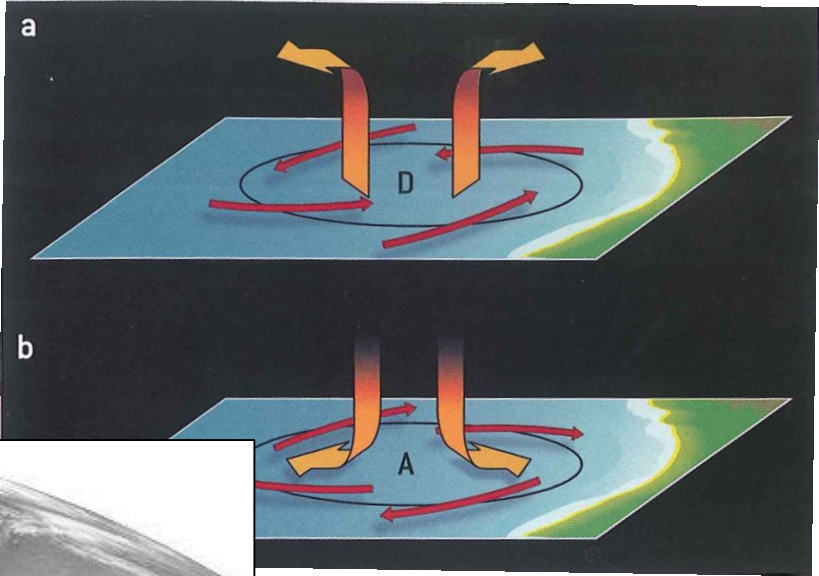
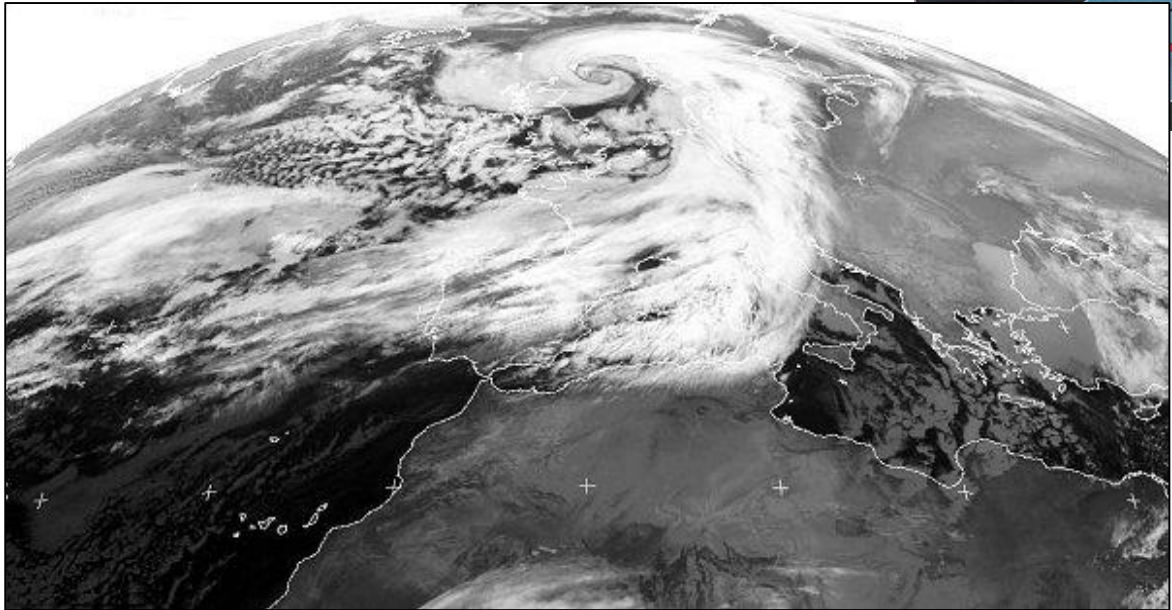
Ascendances forcées

contre un relief:



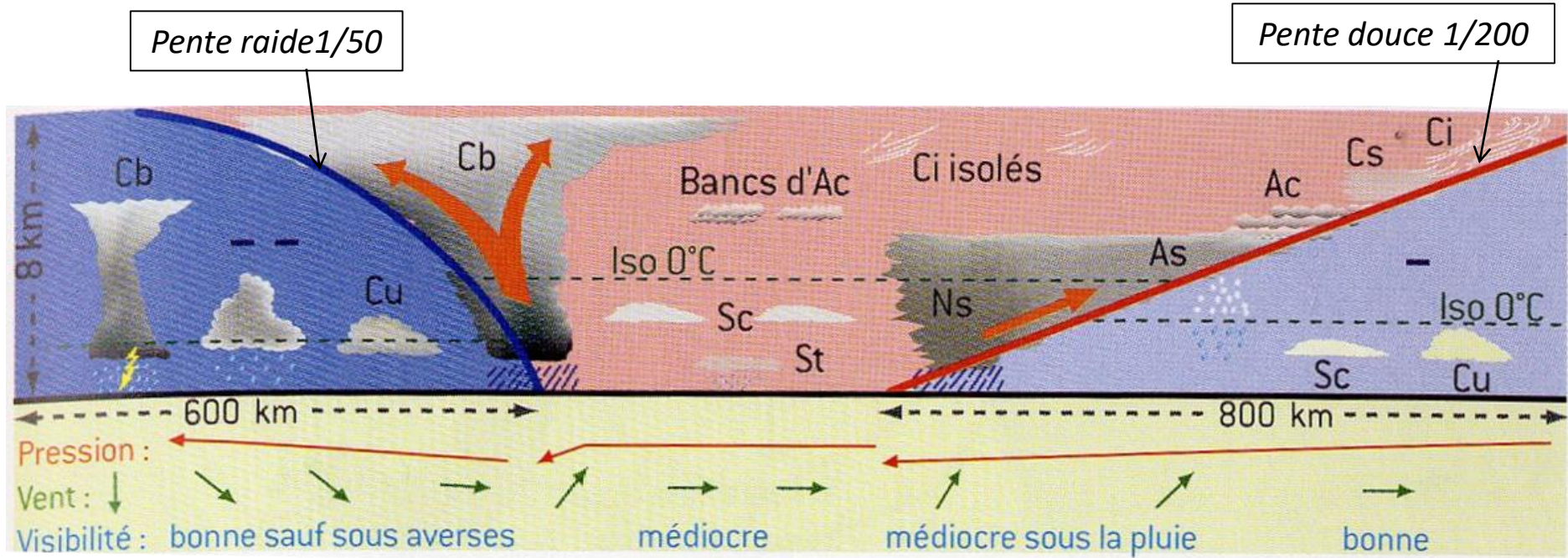
Ascendances forcées

due à une dépression:



Ascendances forcées

contre une masse d'air plus froide ou plus chaude:



La traine:
Développement de nuages cumuliformes, averses.

Front froid:
Orages violents

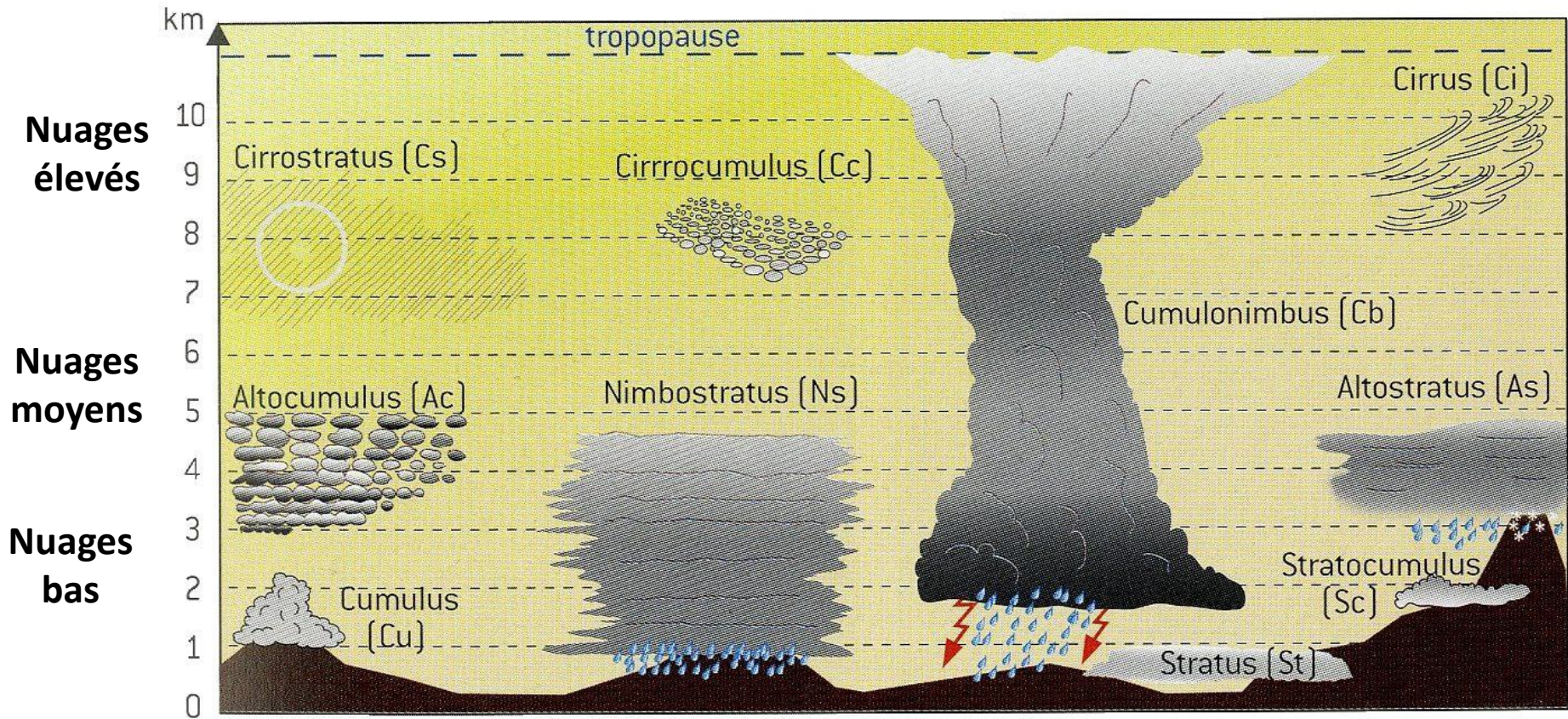
Secteur chaud:
Accalmie

Front chaud:
Précipitations tranquilles, continues et durables

Différents types de nuages



Luke Howard
(1772-1864),
Angleterre



Cumulonimbus: le roi des nuages



<https://www.youtube.com/watch?v=0YatiDf9A8A>

Le lenticulaire: la soucoupe volante



<https://www.youtube.com/watch?v=WTM9ebTo-5U>

Les stratus: une mer de nuage



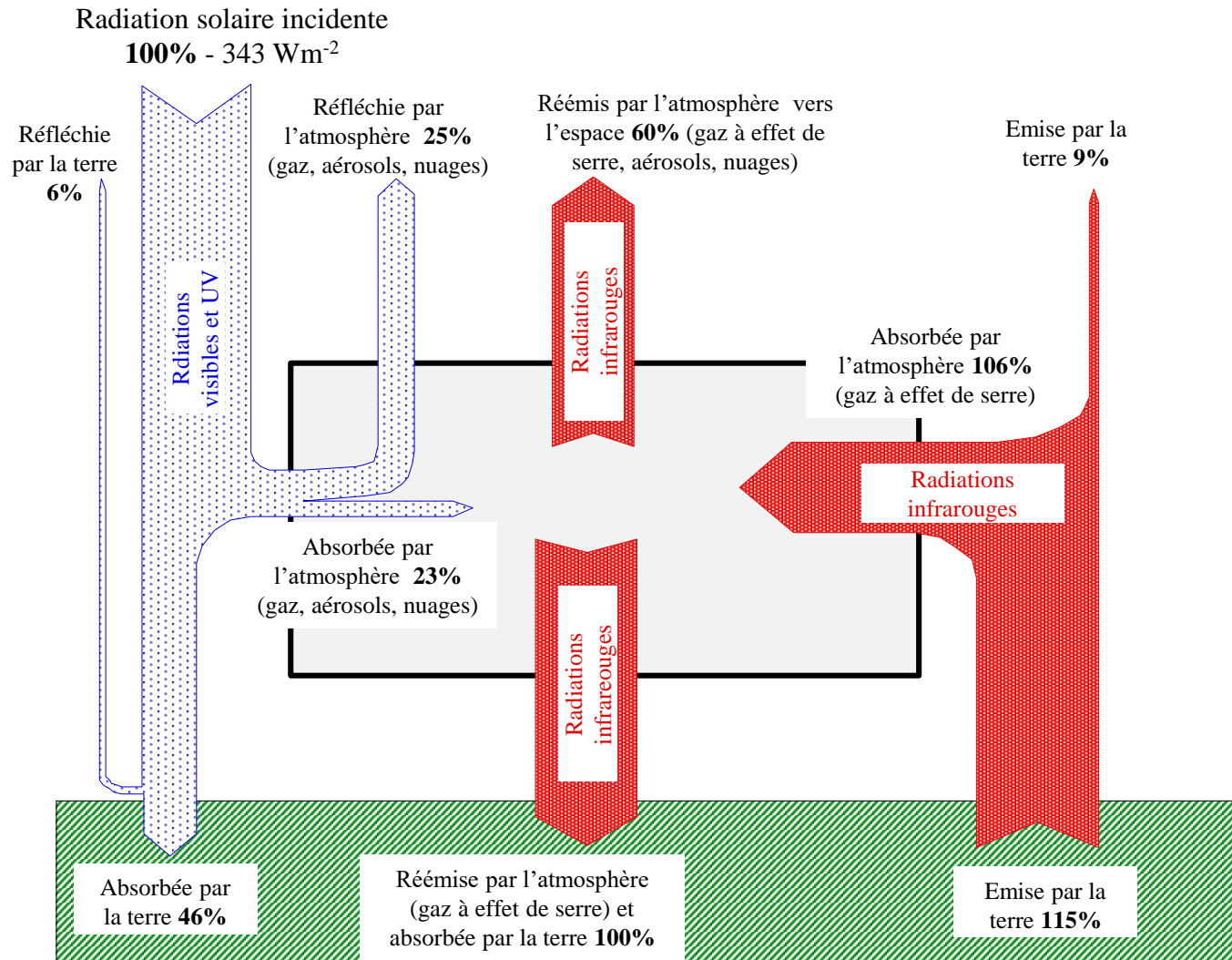
Les mésocyclones: attention les dégâts



<https://www.dailymotion.com/video/x6ldbhs>

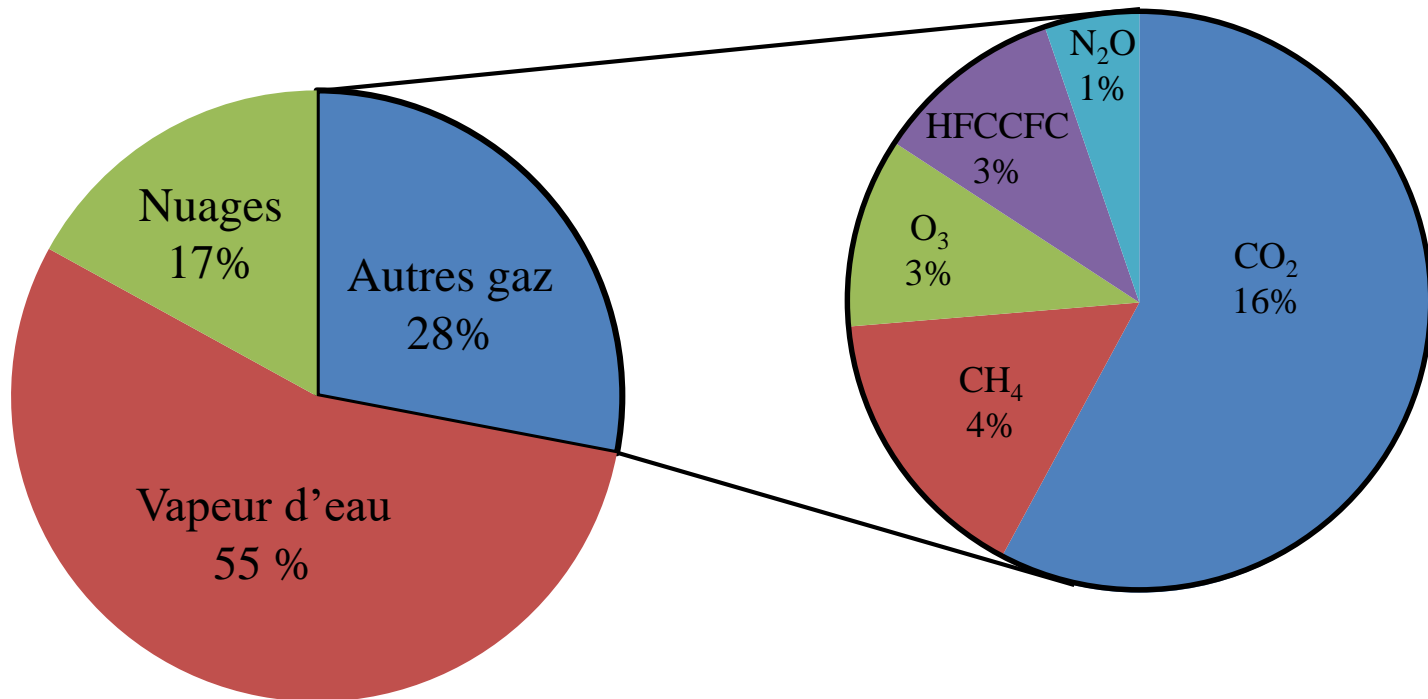
Quel rôle jouent les nuages dans
la dynamique atmosphérique?

Répartition de l'énergie provenant du soleil



L'effet de serre

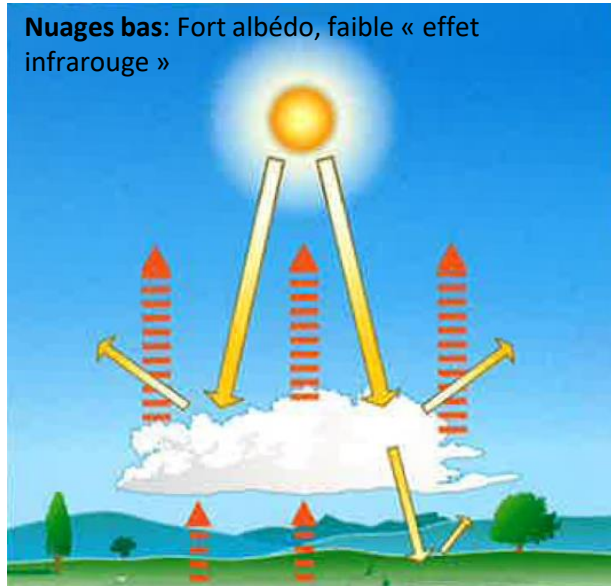
Les nuages et la vapeur d'eau contribuent énormément à l'effet de serre.



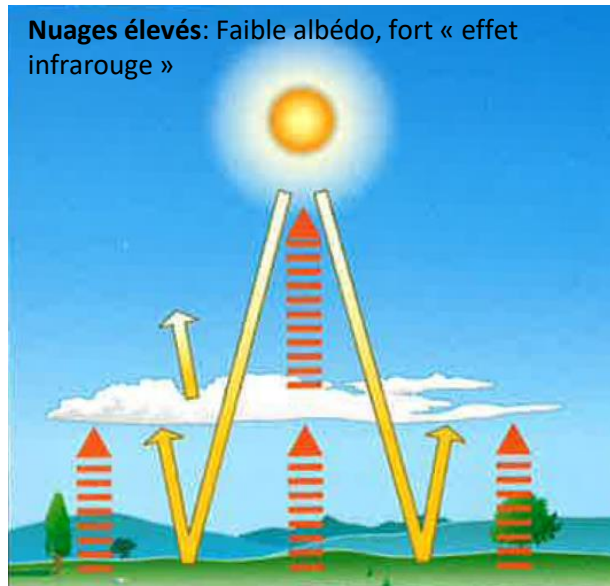
L'énergie du soleil

Les nuages affectent la quantité de radiation qui vient du soleil ainsi que celle qui repart dans l'espace:

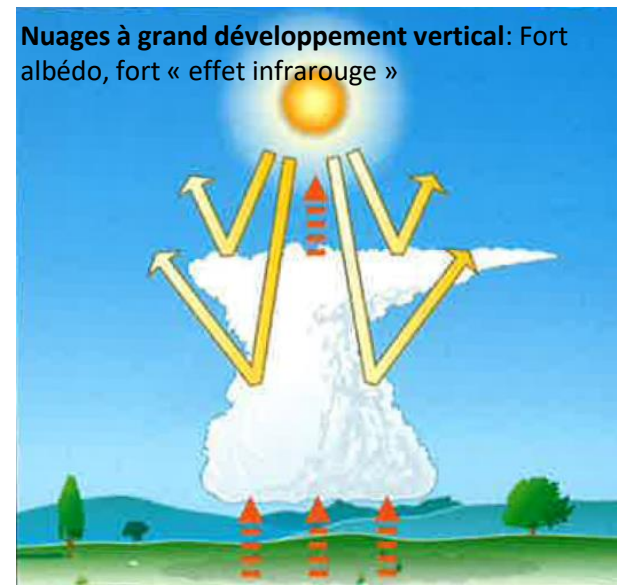
Nuages bas: Fort albédo, faible « effet infrarouge »



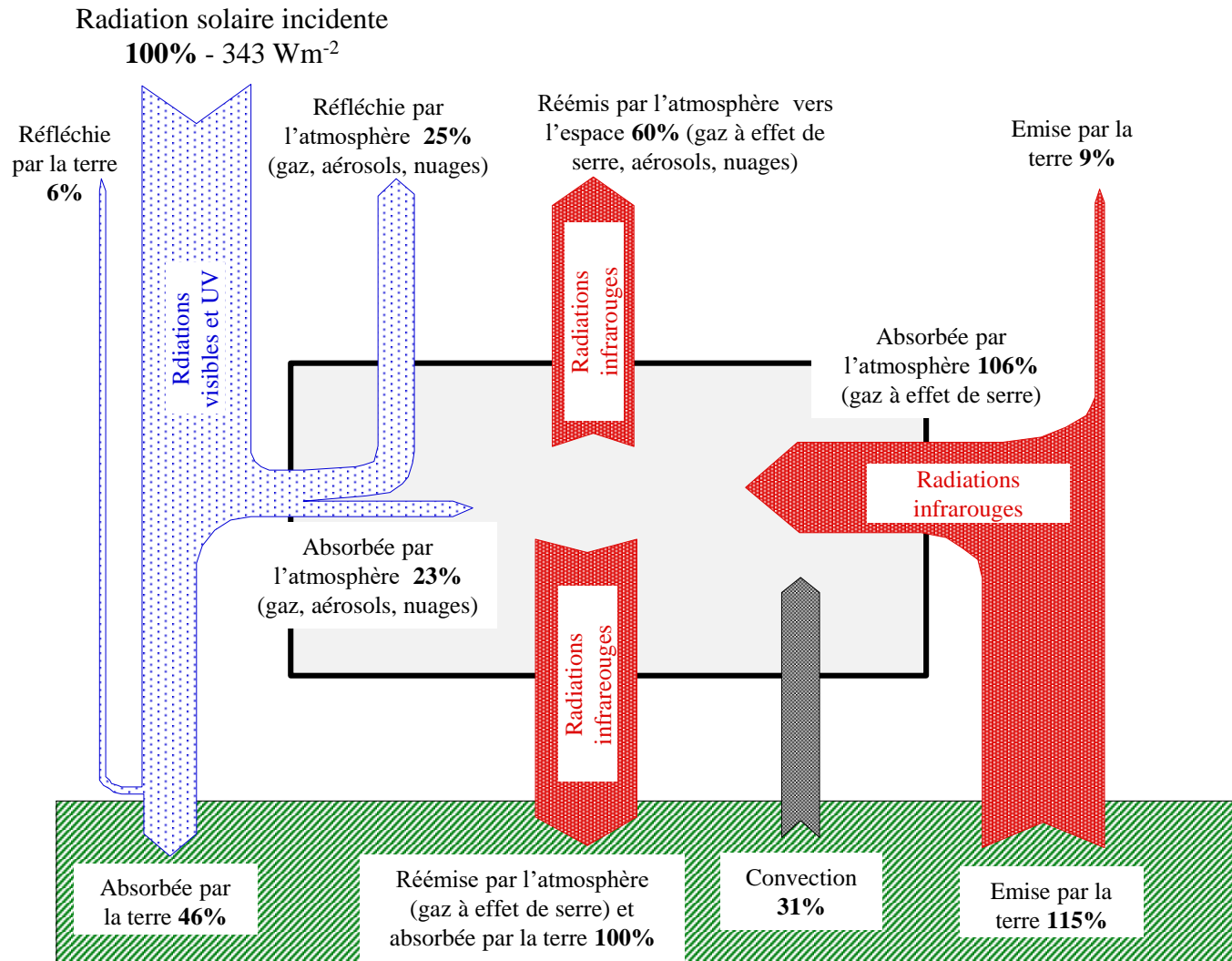
Nuages élevés: Faible albédo, fort « effet infrarouge »



Nuages à grand développement vertical: Fort albédo, fort « effet infrarouge »



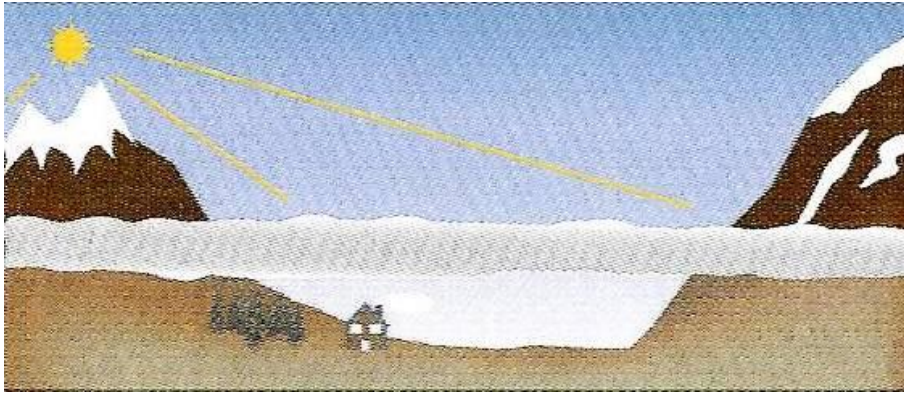
Energie échangée entre la surface et l'atmosphère



Nuages et stabilité de l'air

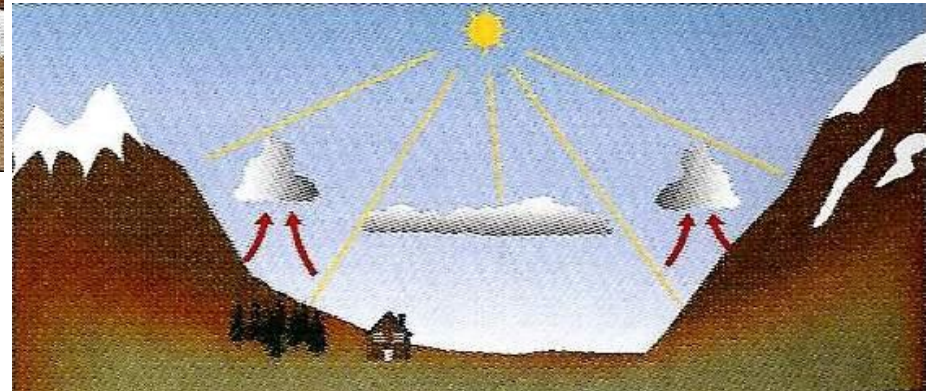
Les nuages influencent la stabilité de l'atmosphère:

-> soit en renforçant la stabilité



plus de pollution

-> soit en augmentant l'instabilité



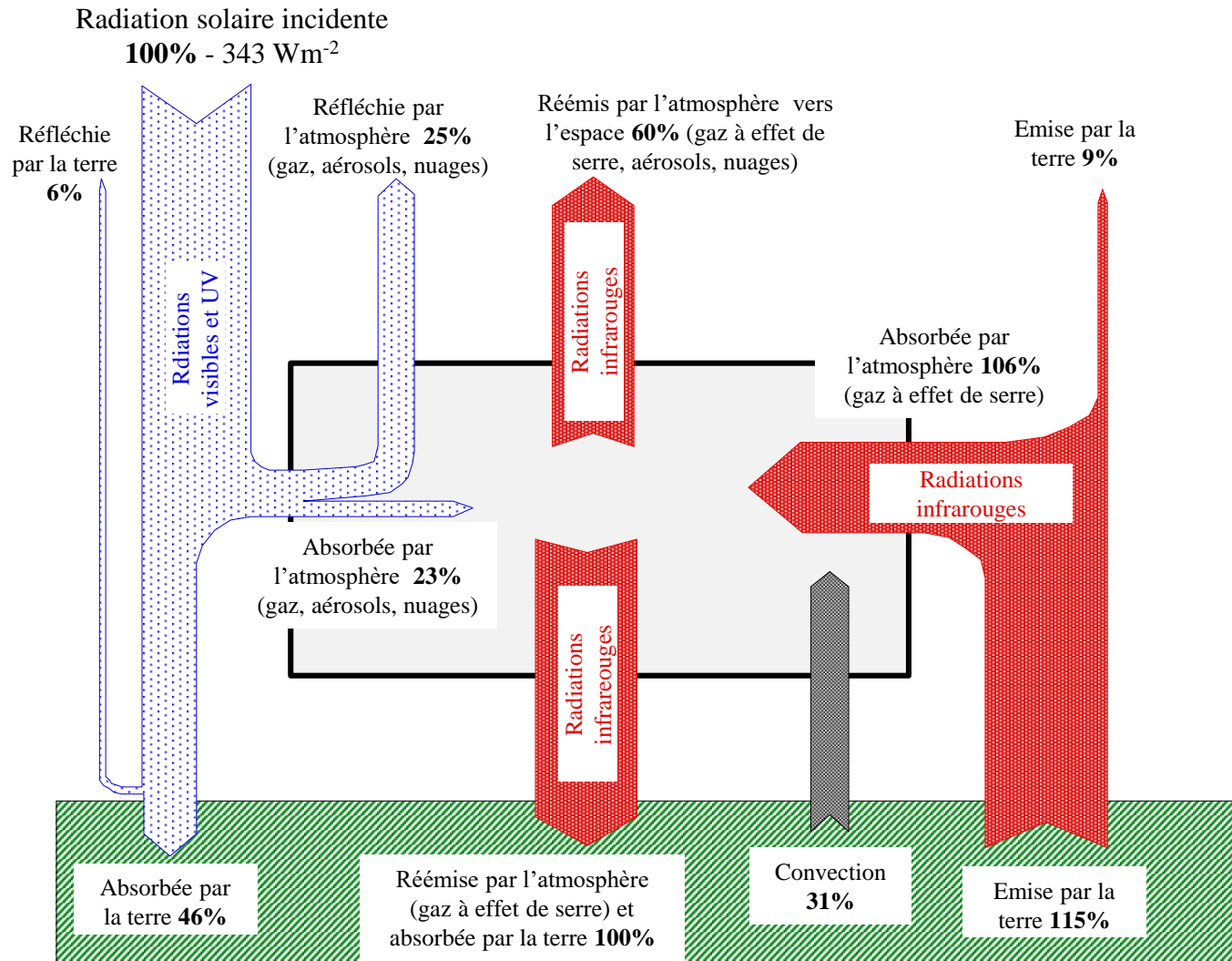
moins de pollution

Les nuages ont un rôle clef, mieux les comprendre permet de mieux comprendre la météorologie à cours terme aussi bien que la climatologie à plus long terme.



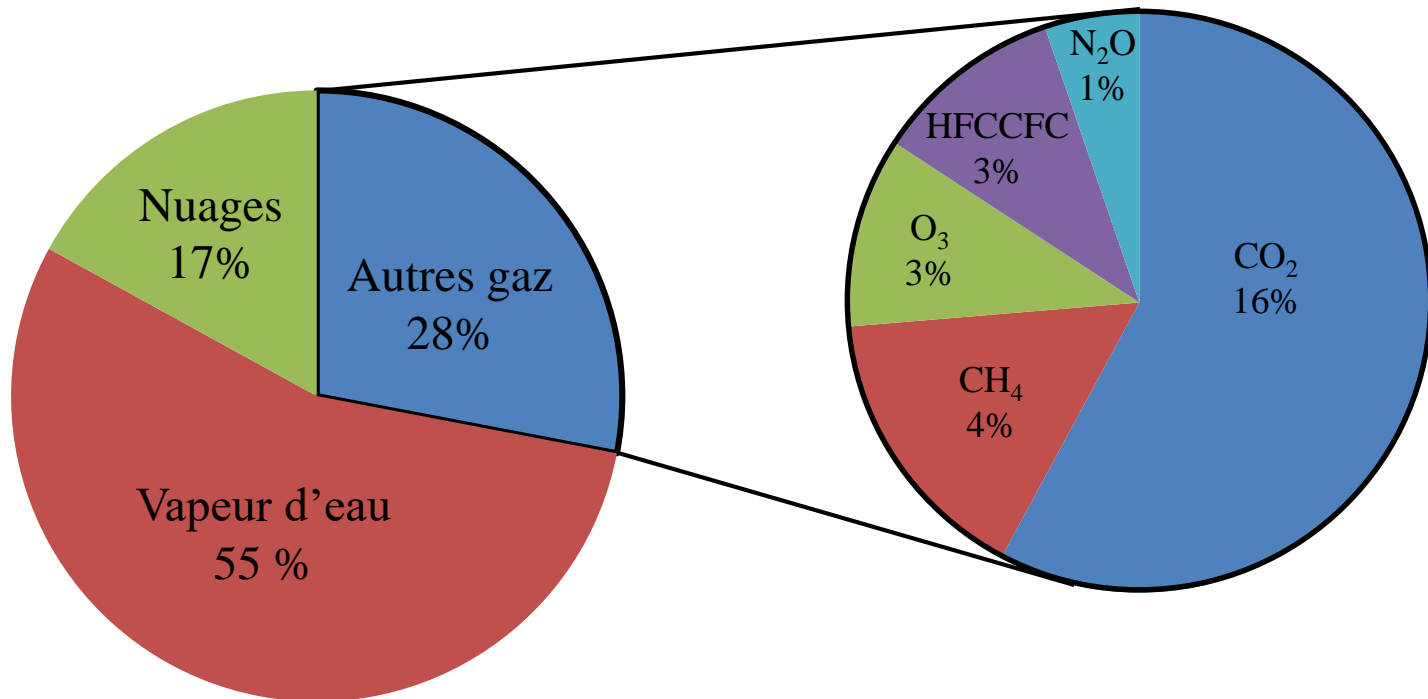
**Merci de votre
attention**

Répartition de l'énergie provenant du soleil



L'effet de serre

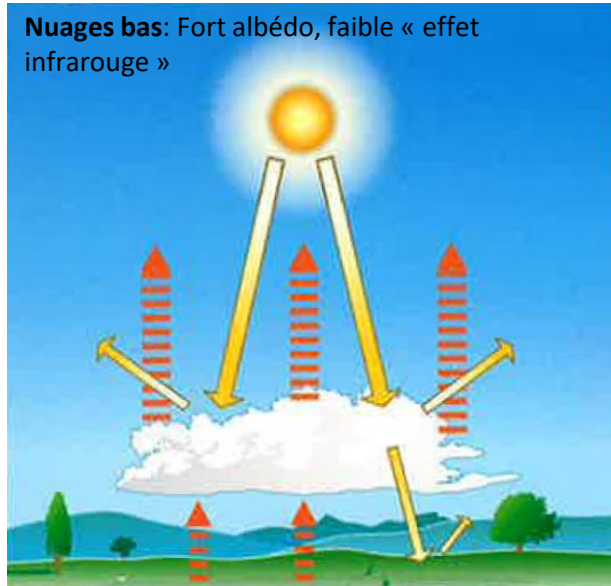
Les nuages contribuent à l'effet de serre.



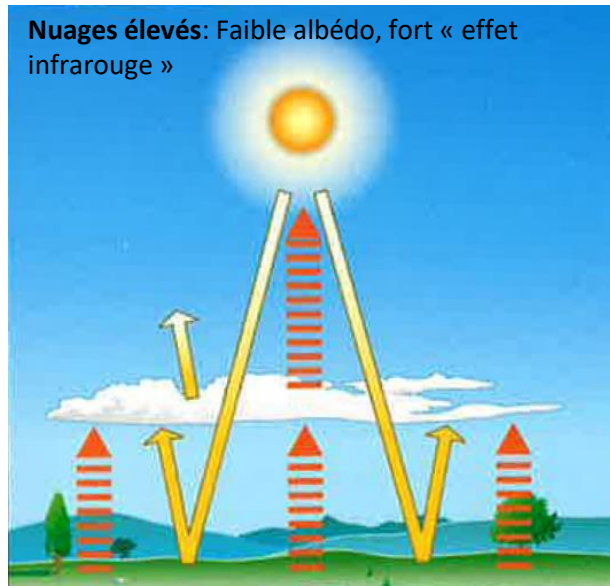
L'énergie du soleil

Les nuages régulent la radiation qui vient du soleil et celle qui repart dans l'espace:

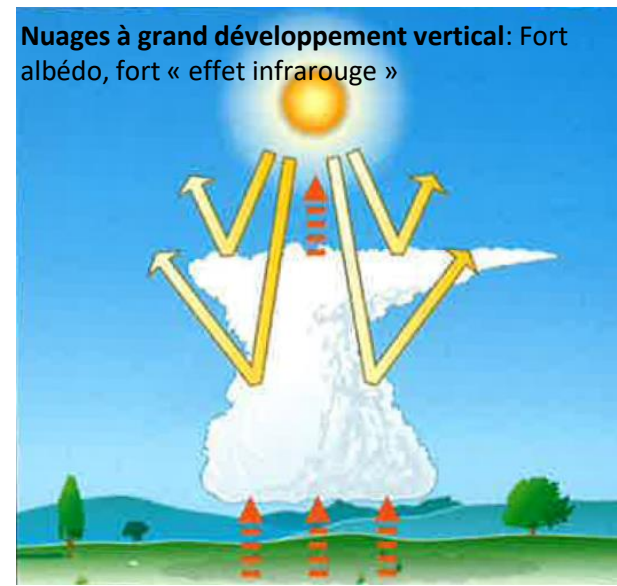
Nuages bas: Fort albédo, faible « effet infrarouge »



Nuages élevés: Faible albédo, fort « effet infrarouge »

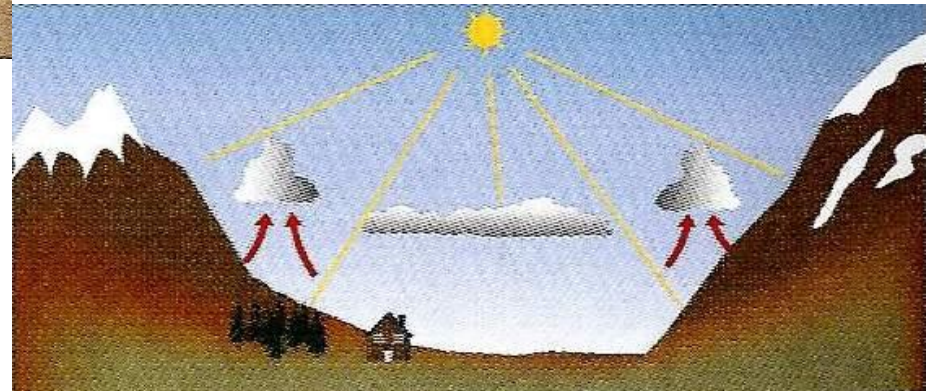
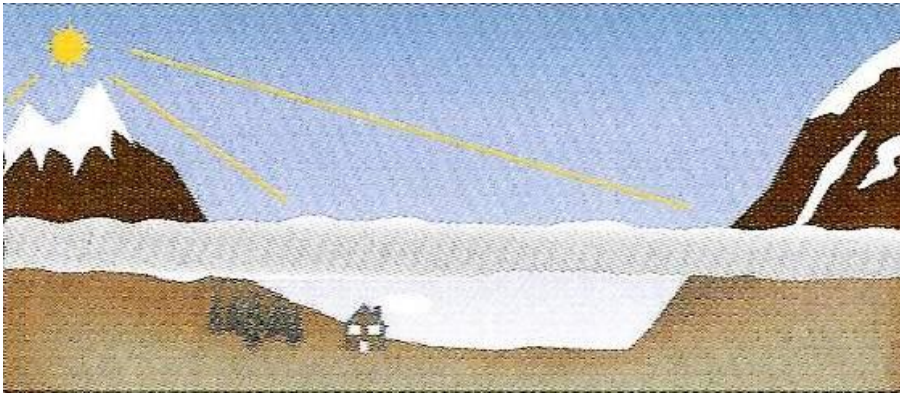


Nuages à grand développement vertical: Fort albédo, fort « effet infrarouge »



Inversions et lacs d'air froid

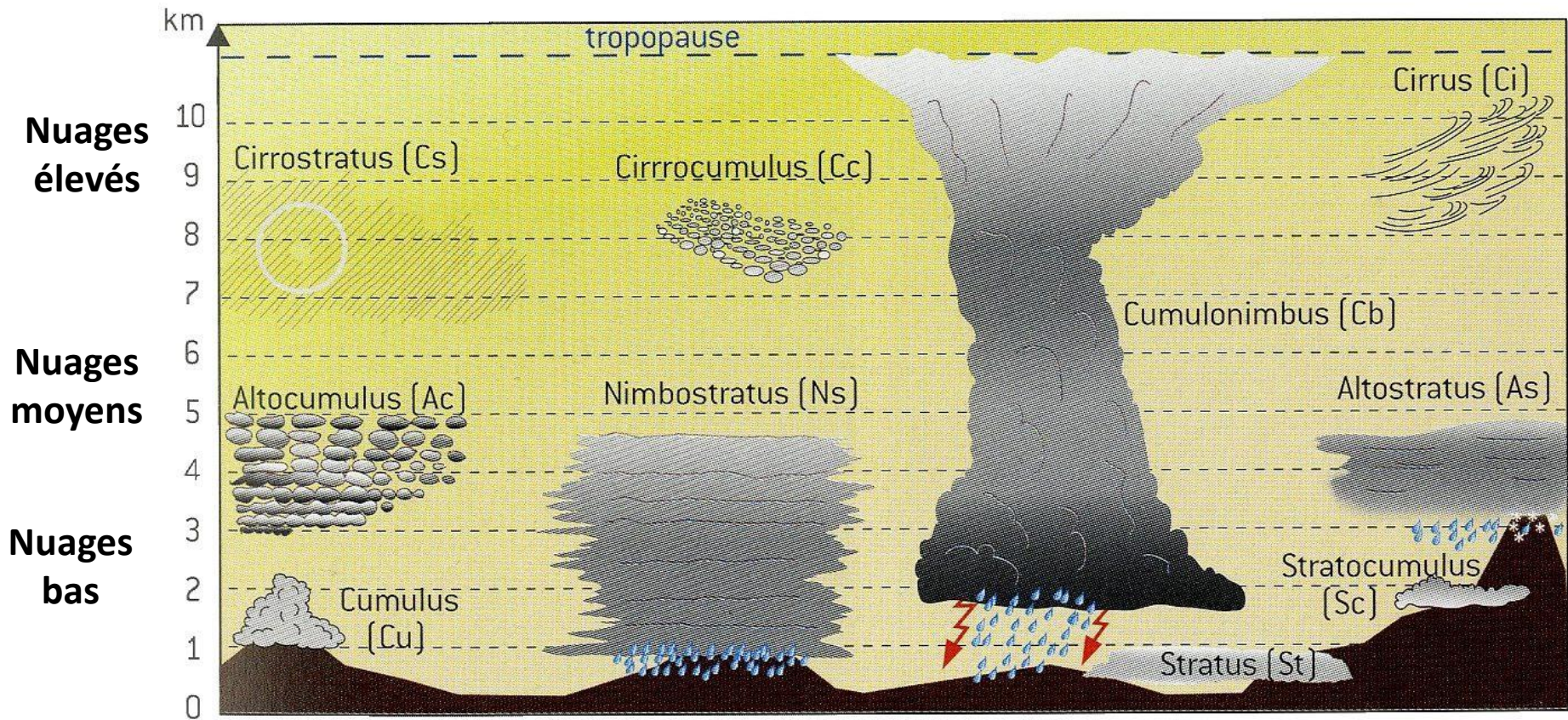
Les nuages influencent la stabilité de l'air:



Les différents nuages

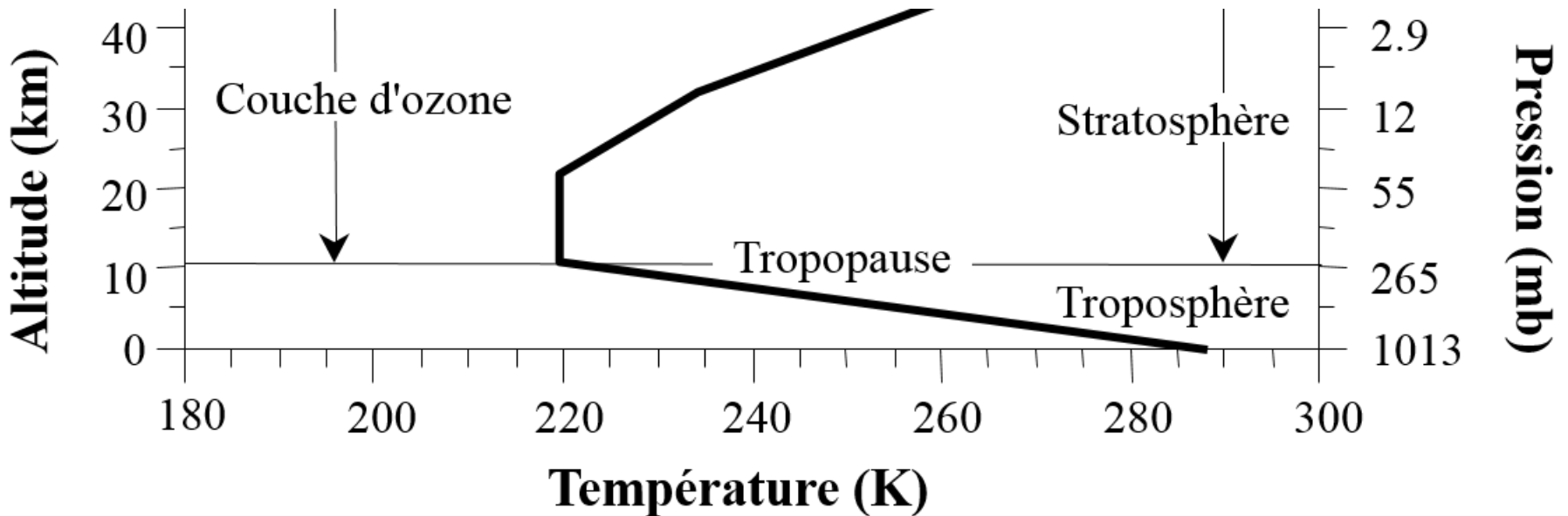


Luke Howard
(1772-1864),
Angleterre



Répartition des températures

Dans les 10km les plus proches de la surface terrestre la température diminue régulièrement avec l'altitude.



Cirrus [Ci] (cheveux, filament)

Altitude de la base: 5 et 13 km

Épaisseur: très mince

Composition: cristaux de glace

Localisation principale: à l'approche des perturbations

Précipitations: non



Cirrostratus [Cs] (nappe étendue de cirrus voile)

Altitude de la base: 5 et 13 km

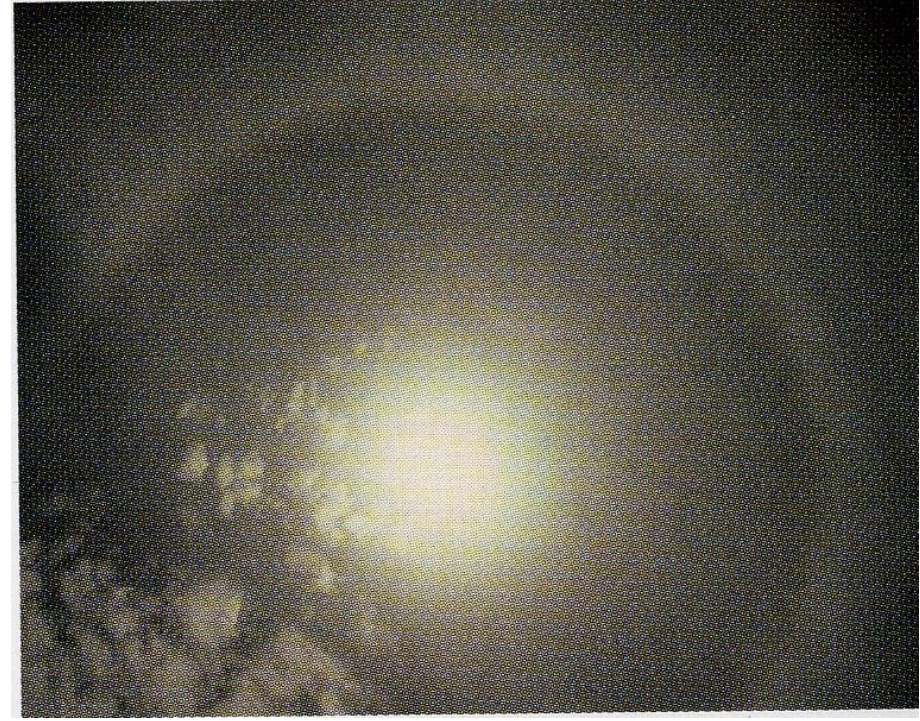
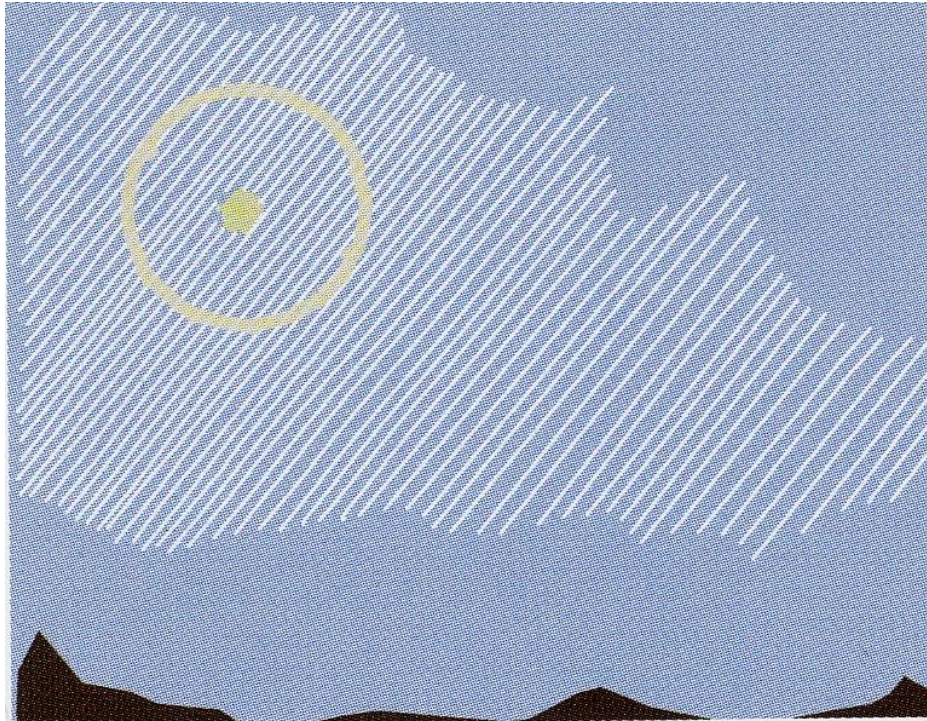
Épaisseur: très mince

Composition: cristaux de glace

Localisation principale: lorsque l'approche des perturbations se confirme

Précipitations: non

Signe particulier: halo



Cirrocumulus [Cc] (petits amas fibreux, granules)

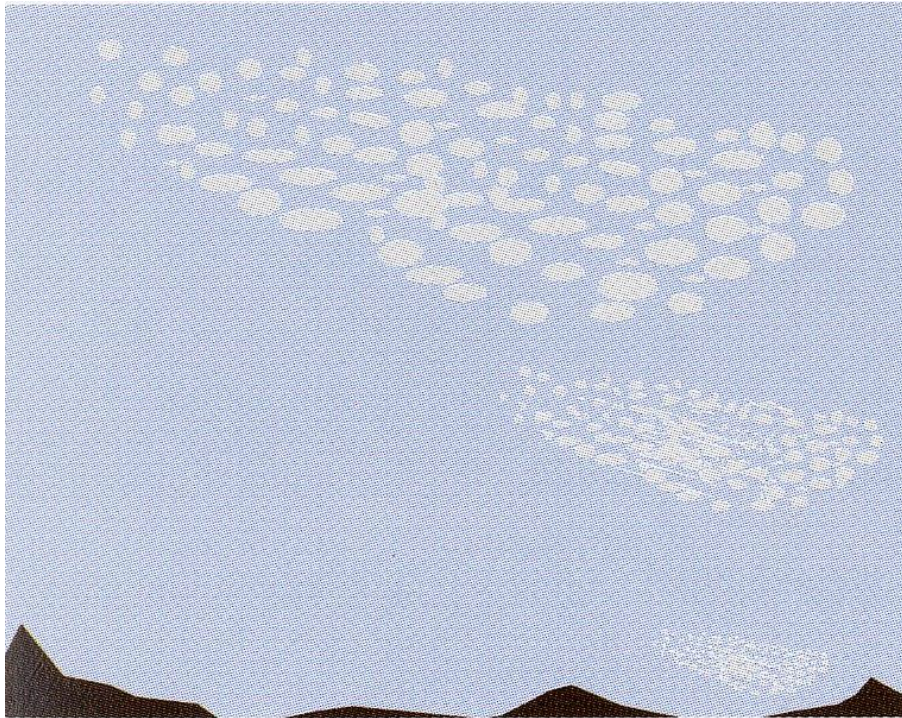
Altitude de la base: 5 et 13 km

Epaisseur: mince

Composition: cristaux de glace

Localisation principale: à l'approche des perturbations à caractère instable, orageux

Précipitations: non



Alto cumulus [Ac]

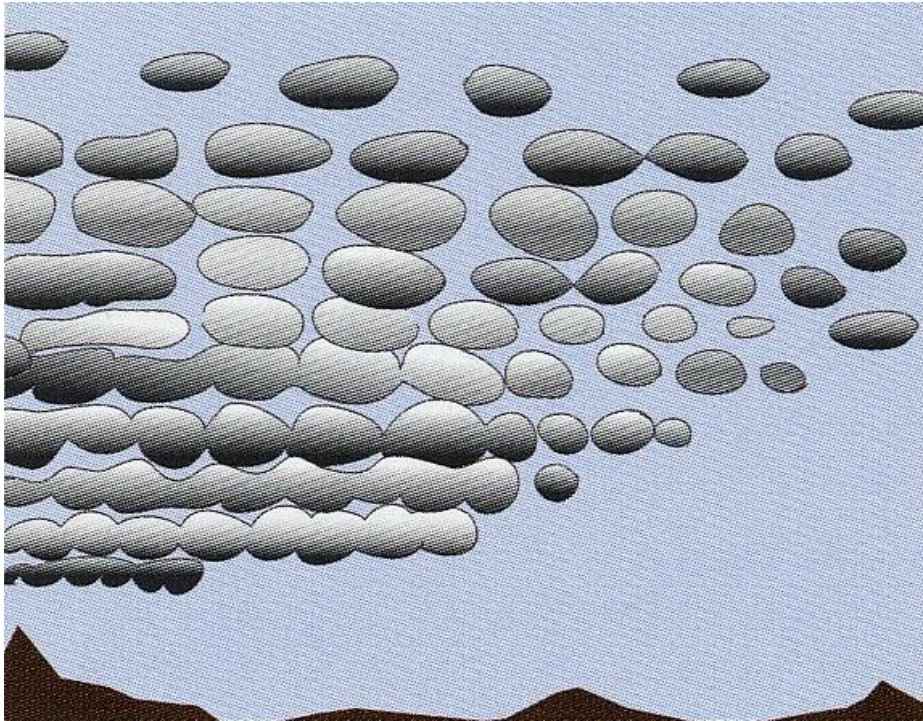
Altitude de la base: 2 et 7 km

Epaisseur: 1500 m

Composition: cristaux de glace et gouttelettes

Localisation principale: à l'approche des perturbations ou à leur marge

Précipitations: non



Altostratus [As]

Altitude de la base: 2 et 7 km

Epaisseur: 2000 m

Composition: cristaux de glace et gouttelettes

Localisation principale: à proximité des zones de pluie continue

Précipitations: non ou pluie, neige, granules de glace

Signe particulier: verre dépoli avec le soleil



Nimbostratus [Ns]

Altitude de la base: vers 2 km mais beaucoup de nuages en dessous

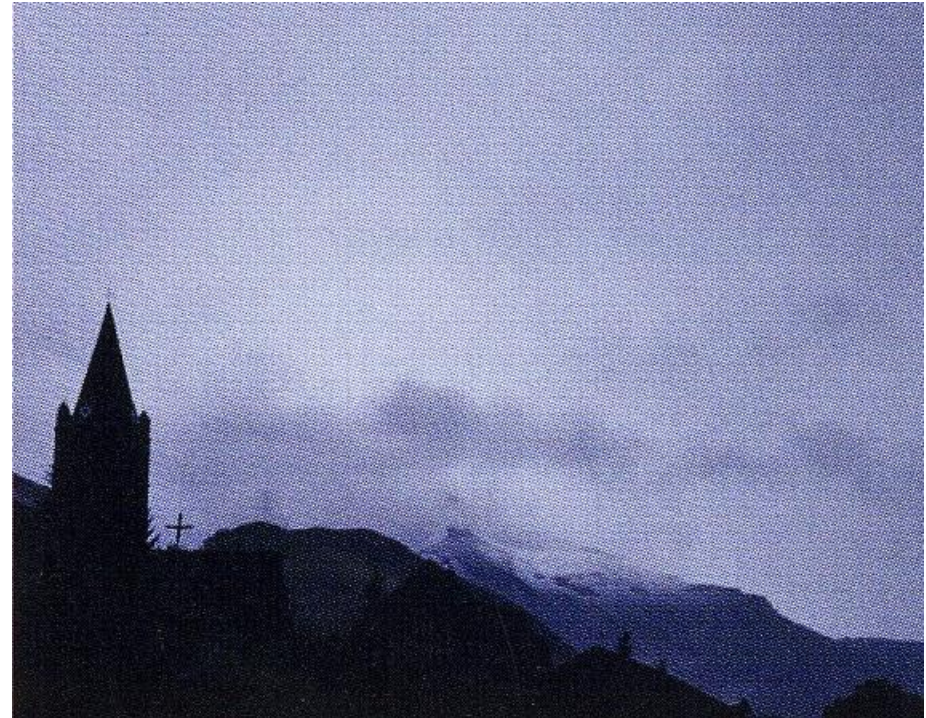
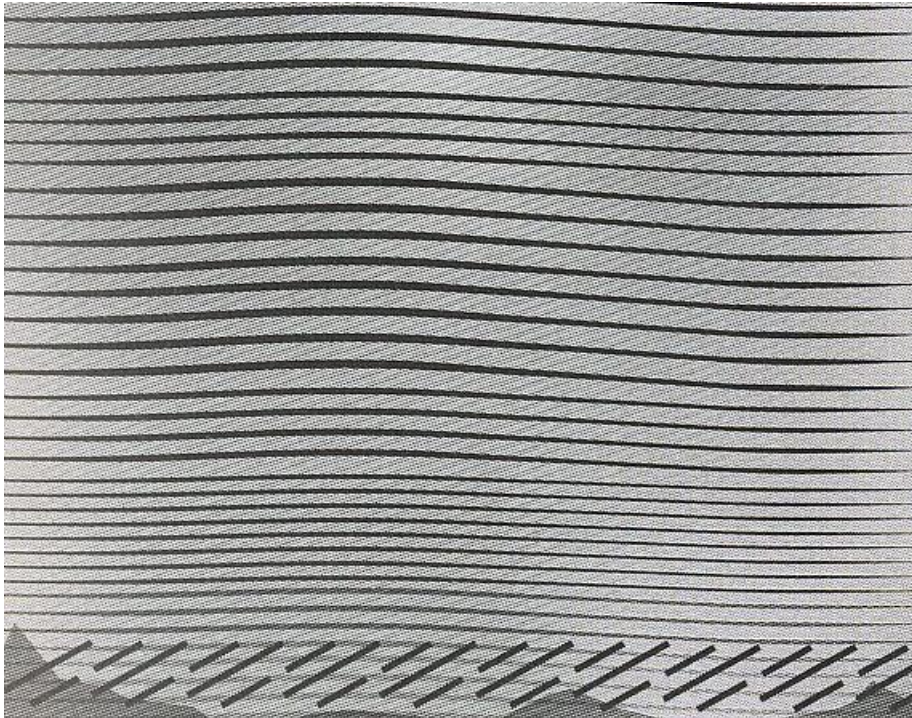
Epaisseur: 3000 m

Composition: cristaux de glace et gouttelettes

Localisation principale: a cœur du système perturbé

Précipitations: pluie, neige, granules de glace

Signe particulier: pluie enveloppe l'ensemble du relief



Stratus [St]

Altitude de la base: voisinage du sol à 1200 m

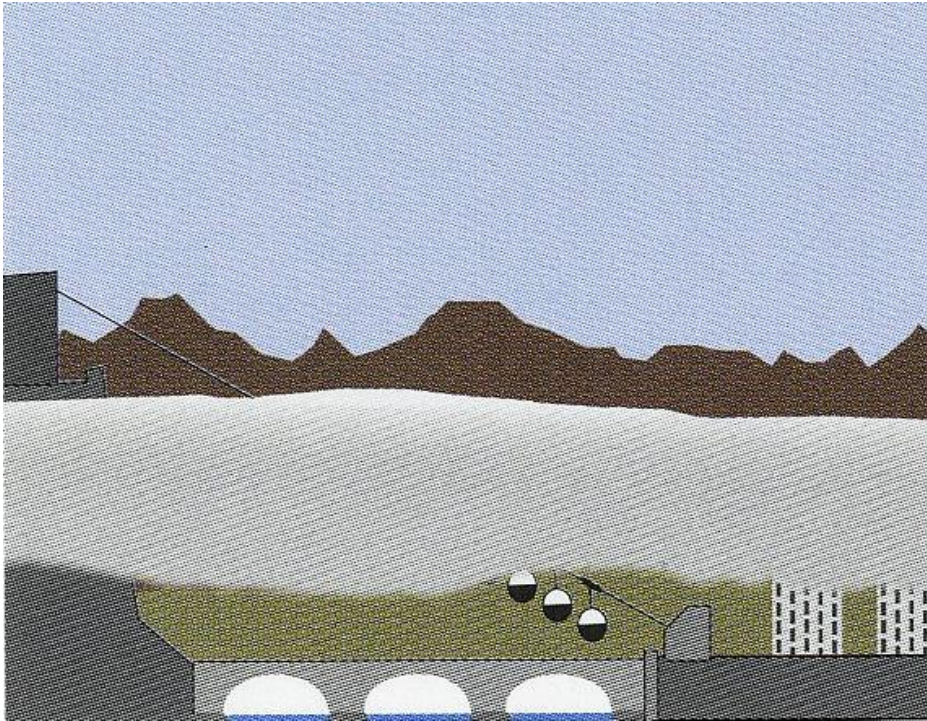
Epaisseur: 300 m

Composition: eau

Localisation principale: dans les anticyclones

Précipitations: non ou faible bruines, neige en grains

Signe particulier: monotone et immobile, mers de nuage sous inversion



Stratocumulus [Sc]

Altitude de la base: 1000 à 1500 m

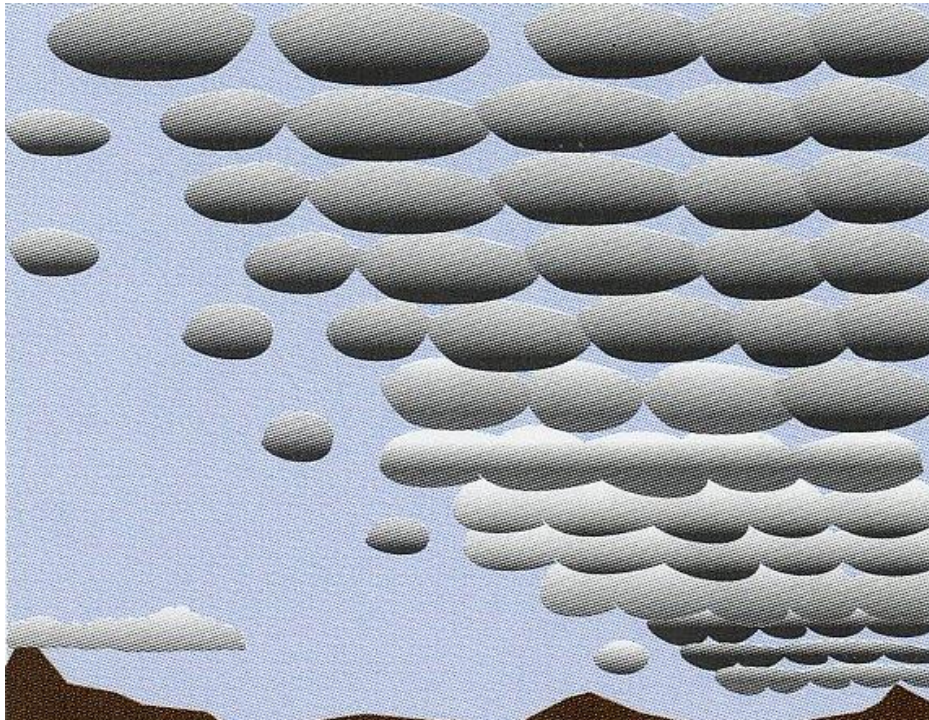
Épaisseur: 500 m

Composition: eau

Localisation principale: à l'arrière des perturbations

Précipitations: non ou parfois pluie, neige, neige roulée

Signe particulier: mers de nuage sous inversion



Cumulus [Cu]

Altitude moyenne de la base: 800 à 1 200 m en hivers, 2 000 à 3 000 m en été

Épaisseur: 100 à 3 000 m

Composition: eau ou cristaux de glace si le nuage est développé

Localisation principale: la perturbation s'éloigne, évolution locale sur relief

Précipitations: non ou averses de pluie, neige, neige roulée



Cumulonimbus [Cb]

Altitude moyenne de la base: 1000 à 1500 m

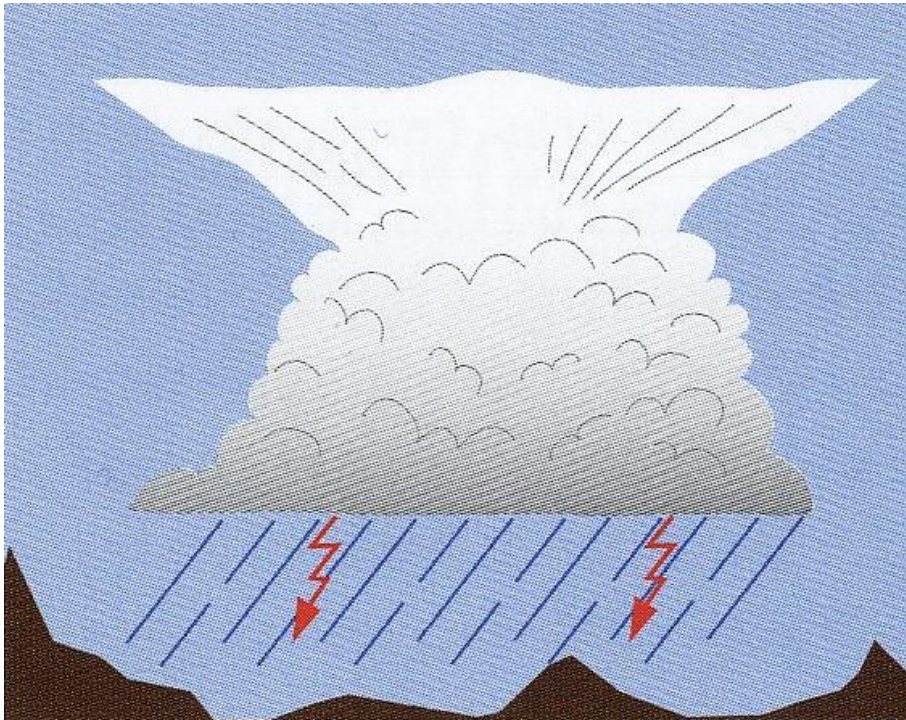
Épaisseur: 7 000 m

Composition: eau, cristaux de glace, grésil, grêle

Localisation principale: sur les fronts froids, à l'arrière des perturbations actives, systèmes orageux, évolution local sur relief

Précipitations: averses de pluie, neige, neige roulée, grésil, grêle

Signe particulier: enclume, rafales, orages

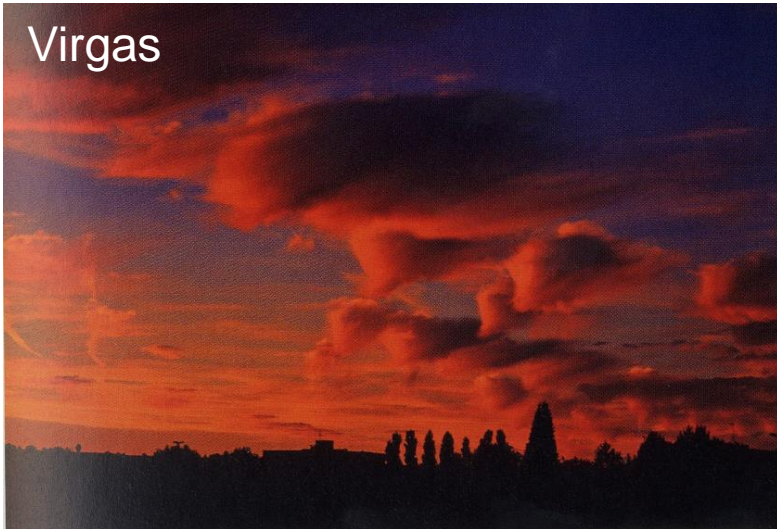


Les précipitations

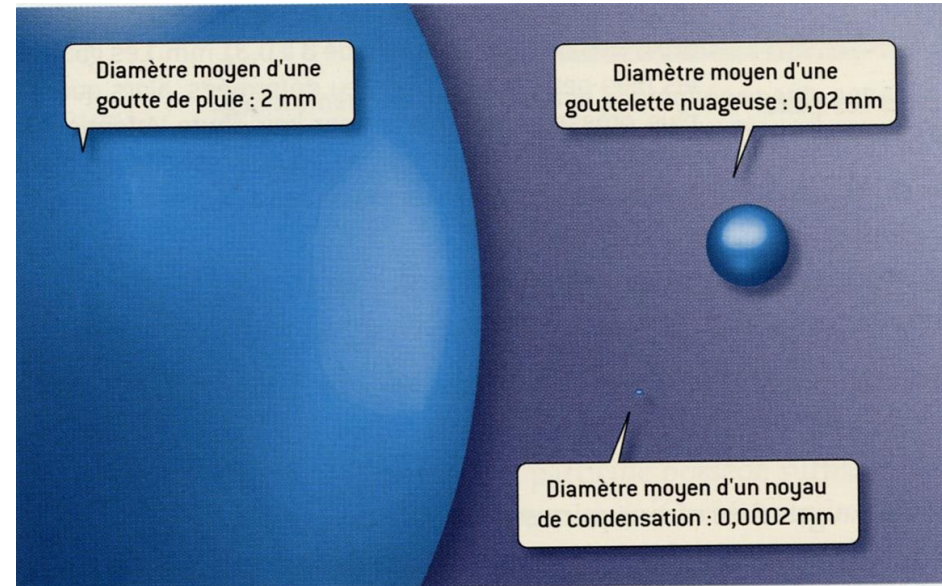
Les hydrométéores composant le nuage sont de taille très différentes.

A partir d'une certaine taille les gouttes tombent mais elles s'évaporent en descendant.

Virgas



A partir d'une taille de 0,1 mm les gouttes sont suffisamment grosses pour tomber sans être entièrement évaporées.

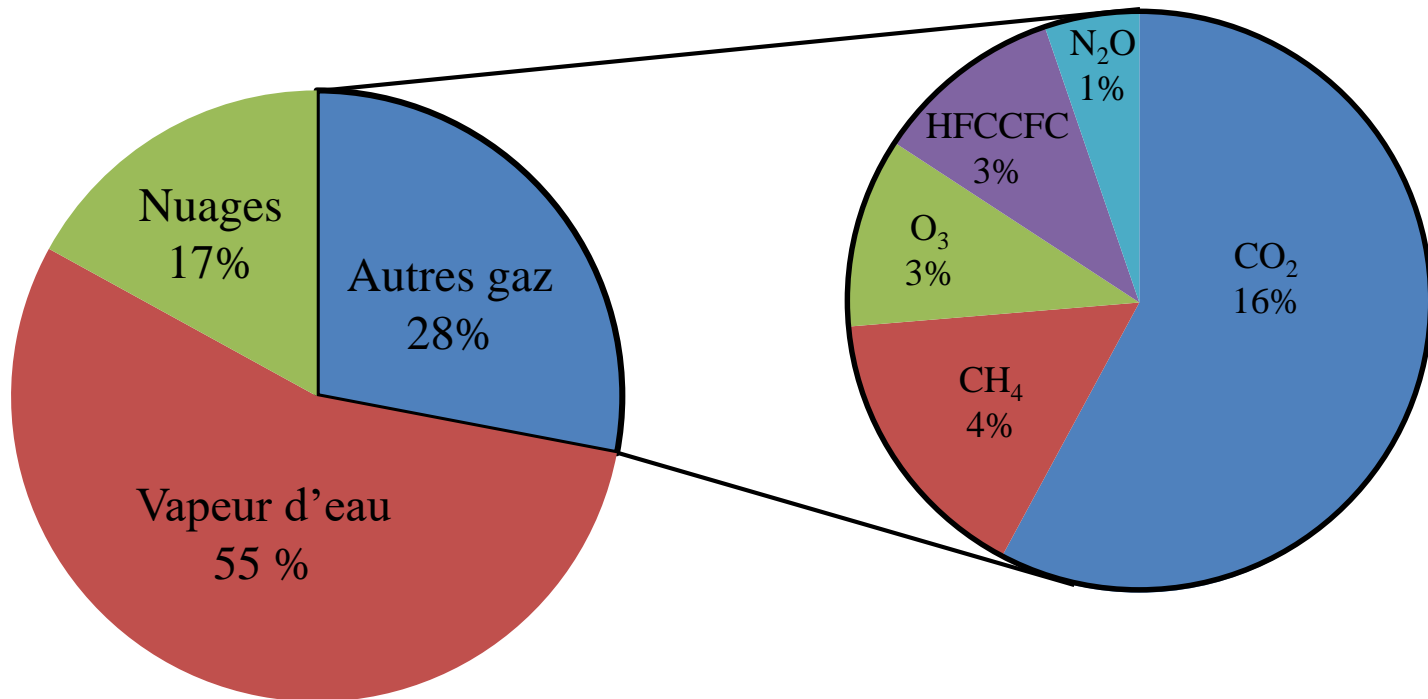


<https://www.youtube.com/watch?v=0YatiDf9A8A>

<https://www.youtube.com/watch?v=WTM9ebTo-5U>

L'effet de serre

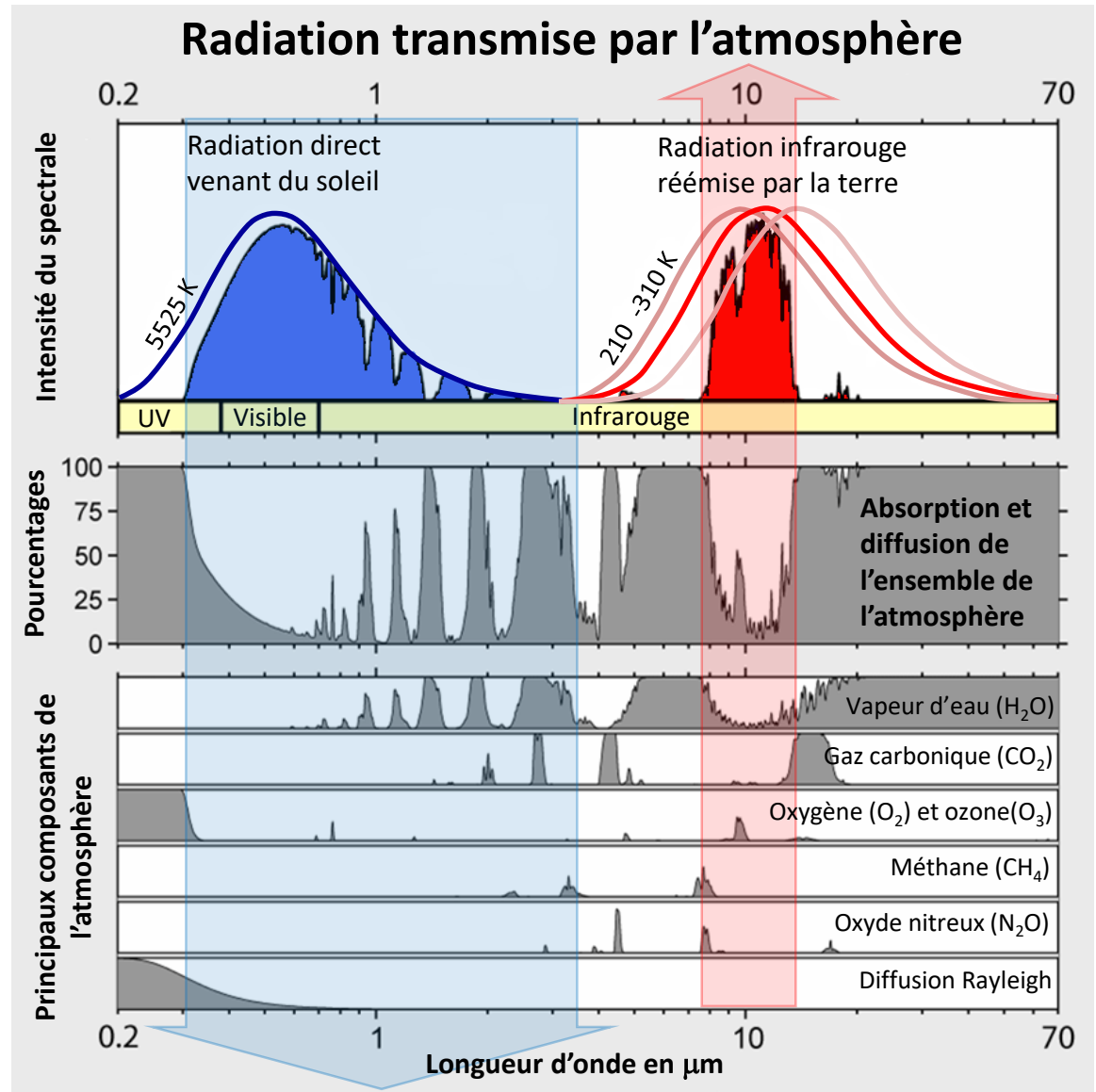
Contribution des différents gaz à effet de serre:



L'effet de serre

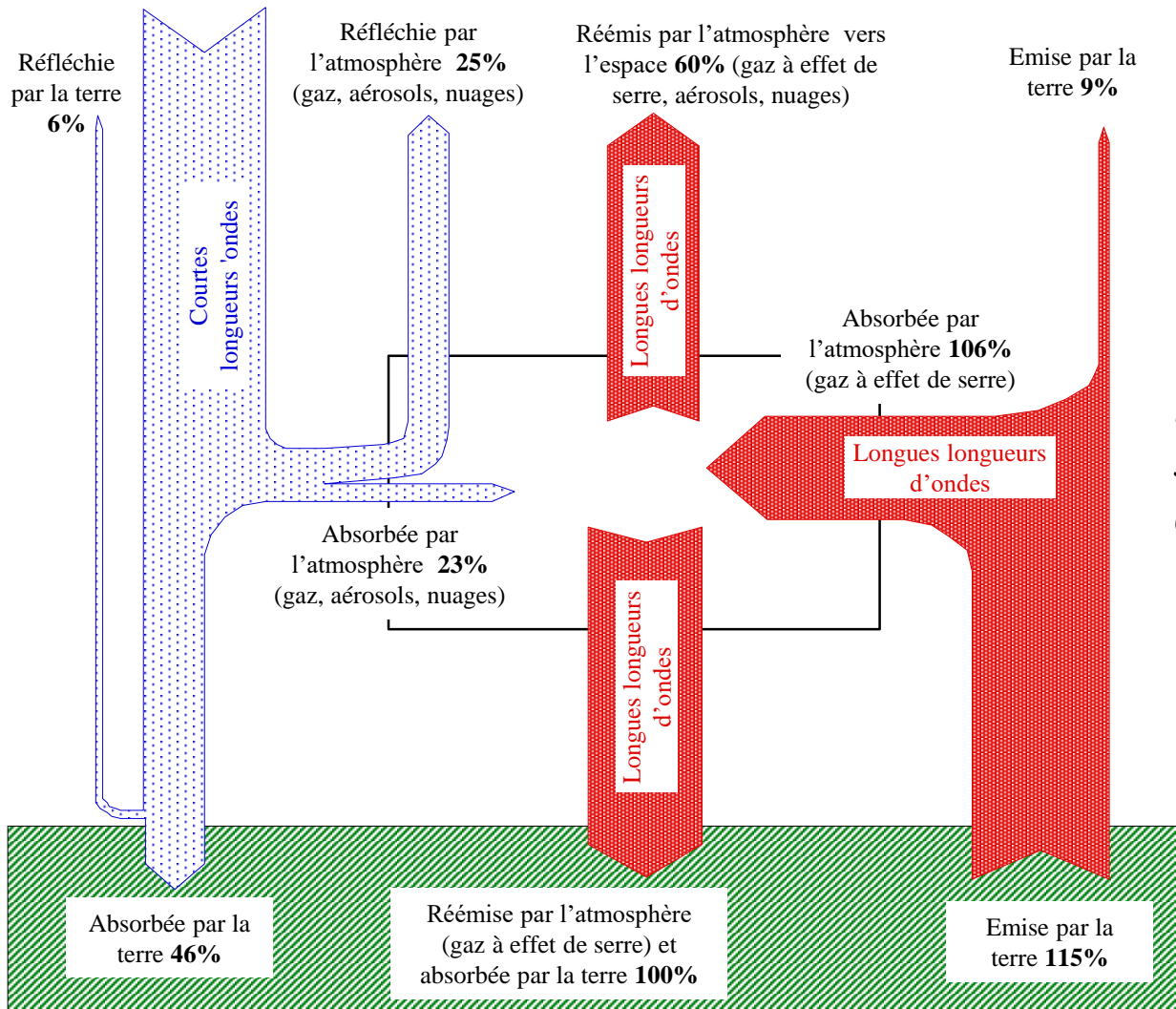
Les gaz de l'atmosphère jouent un rôle similaire à celui du verre de la serre. Ils laissent passer les rayonnements dans le visible et absorbent une grande partie de l'infrarouge.

Cet effet contribue à chauffer l'atmosphère. Sans lui, la température y serait en moyenne de $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ alors qu'elle y est de $+15\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Le rayonnement infrarouge

Radiation solaire incidente
100% - 343 Wm⁻²



Le rayonnement infrarouge émit par la surface terrestre est en grande partie absorbé par l'atmosphère qui le réémet vers l'espace et vers la surface. C'est l'effet de serre.

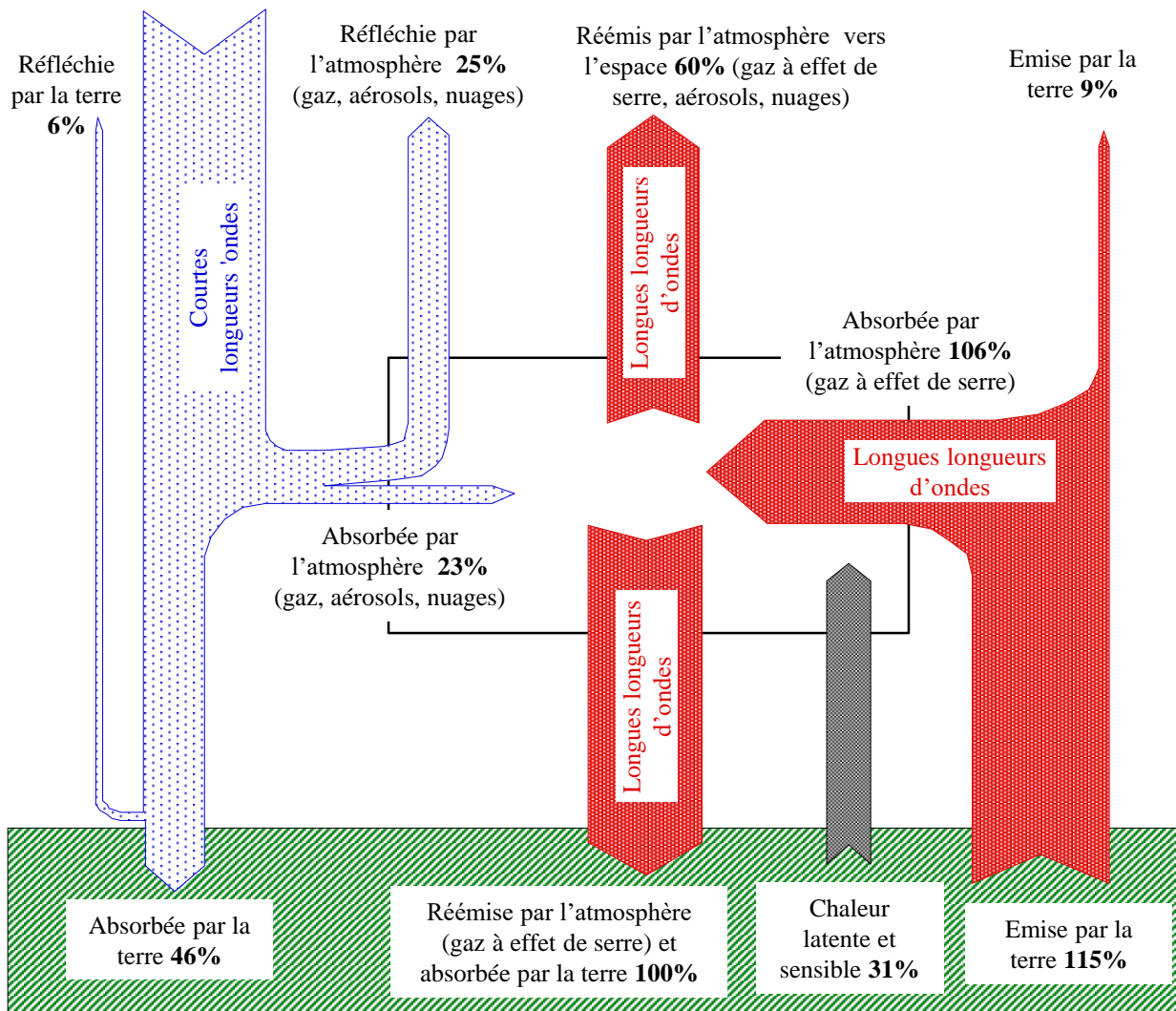
Le bilan d'énergie émise par la surface sous forme d'infrarouge est égale à:

$$\varepsilon(R_1 - \sigma T^4)$$

avec R_1 la radiation infrarouge réémise par l'atmosphère vers la surface.

Les échanges d'énergies en moyenne

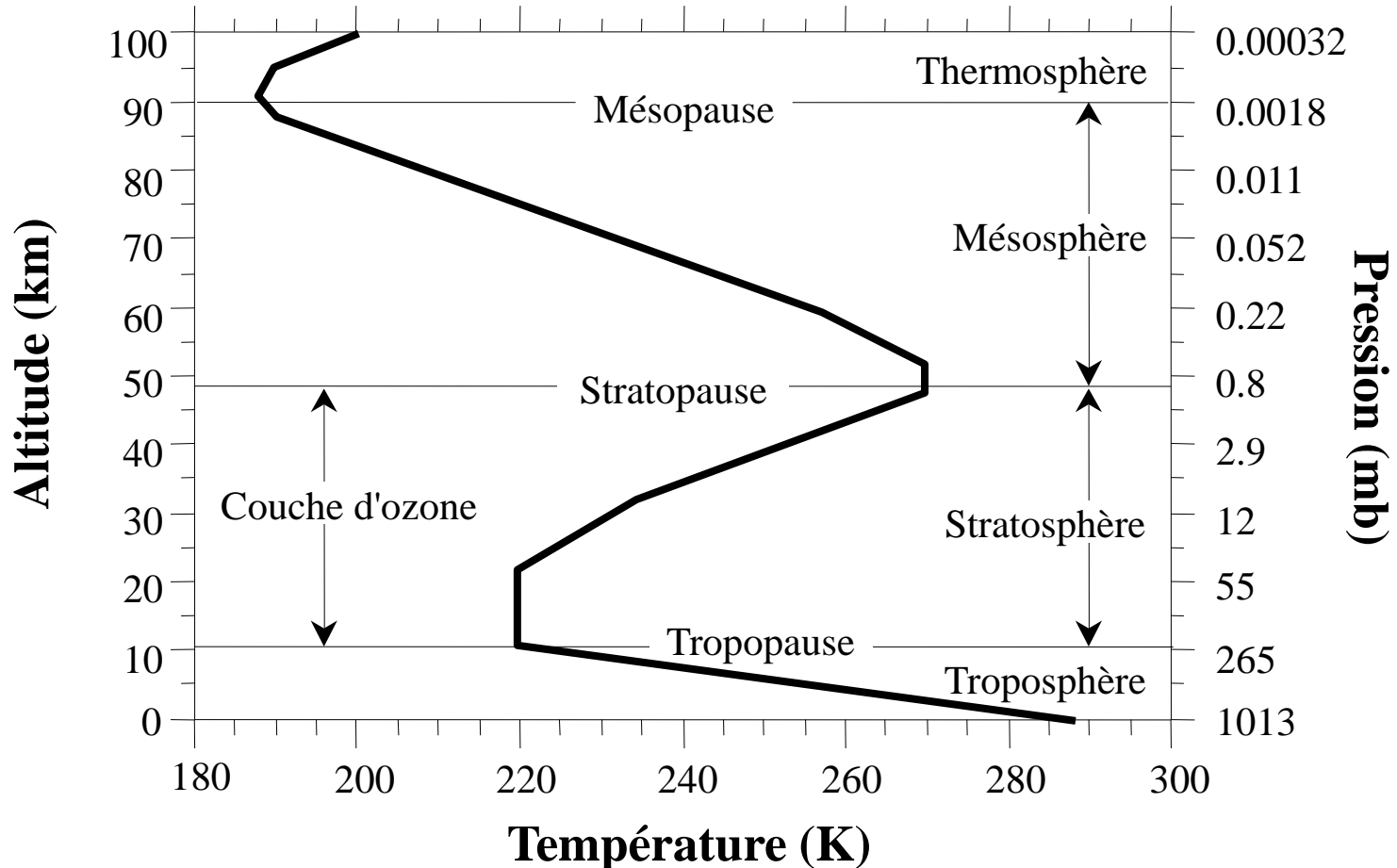
Radiation solaire incidente
100% - 343 Wm^{-2}



En ne tenant compte que du bilan radiatif la surface terrestre absorbe 146% d'énergie (46% de radiation directe et 100% de radiation infrarouge) et réémet 115% d'énergie sous forme de radiation infrarouge. La surface absorbe donc 31% de radiation en trop.

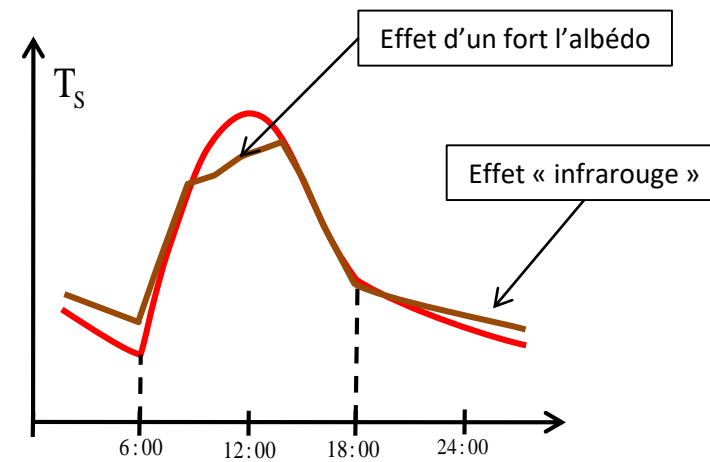
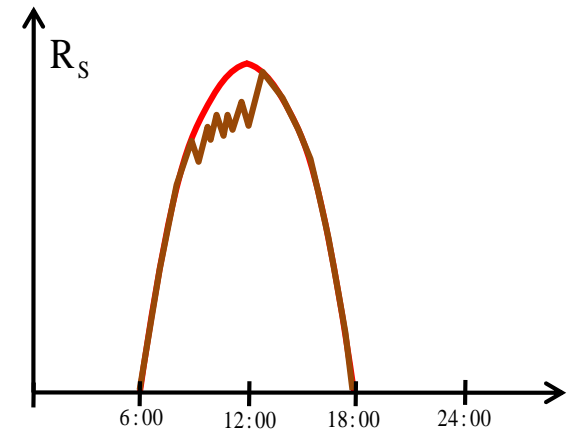
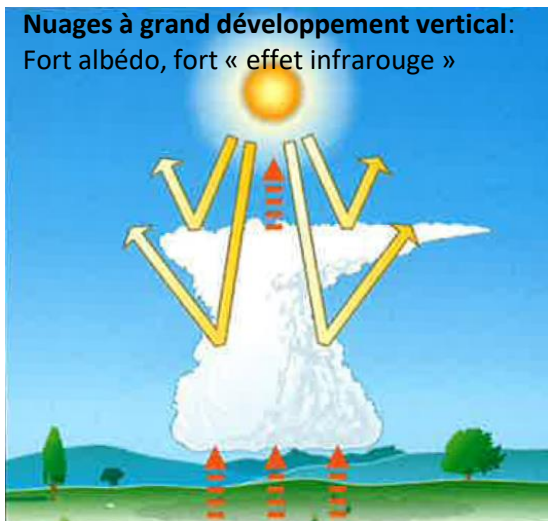
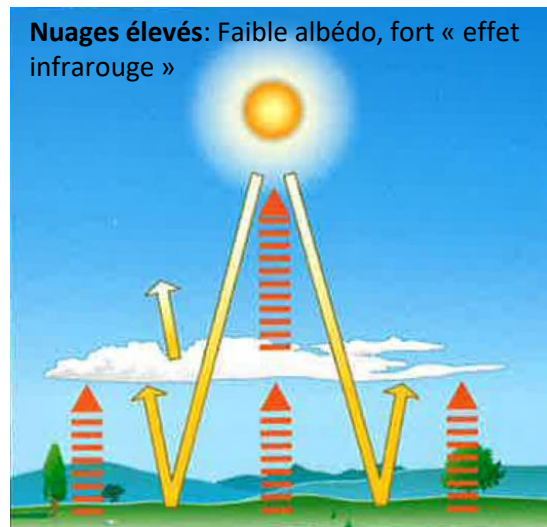
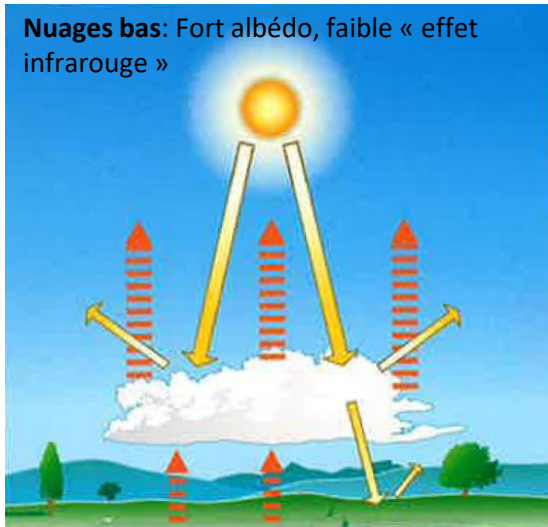
Les autres mécanismes d'échange énergétique (chaleur sensible et latente) sont donc responsables de 31% des échanges entre la surface et l'atmosphère.

Les différentes couches de l'atmosphère

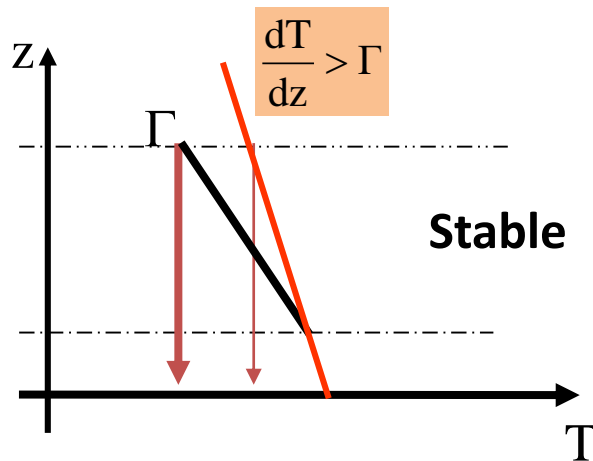


L'énergie à la surface terrestre

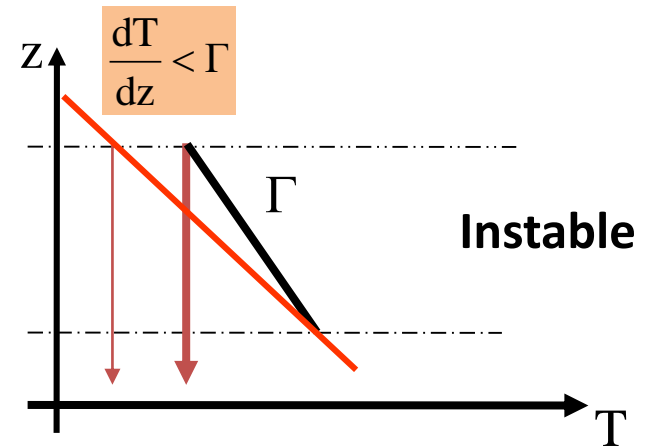
L'effet des nuages et des aérosols:



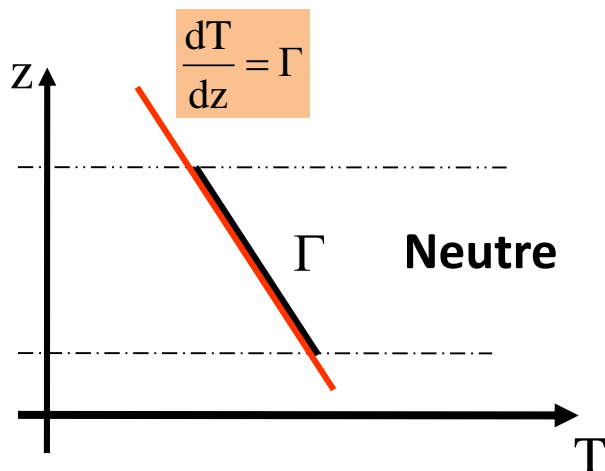
L'état d'équilibre de l'atmosphère



En montant la température d'une parcelle d'air chute **plus vite** que la température de l'air qui l'entourne.



En montant la température d'une parcelle d'air chute **moins vite** que la température de l'air qui l'entourne.



En montant la température d'une parcelle d'air chute **aussi vite** que la température de l'air qui l'entourne.

Cas de l'air sec : $\Gamma_a = -1^\circ\text{C}/100\text{m}$

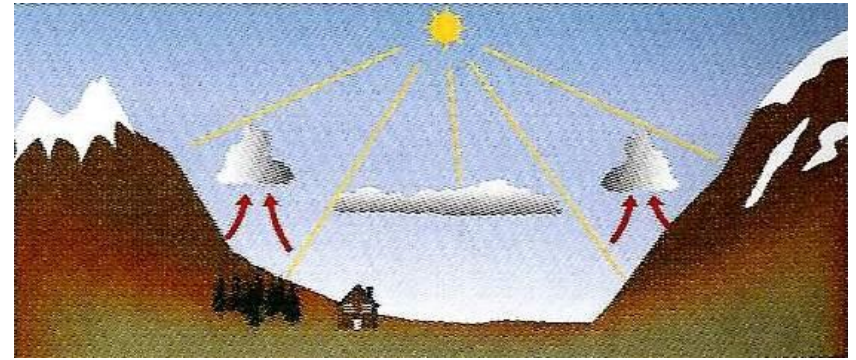
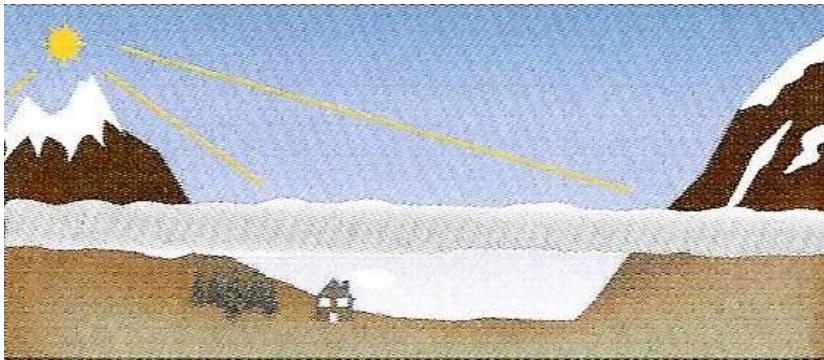
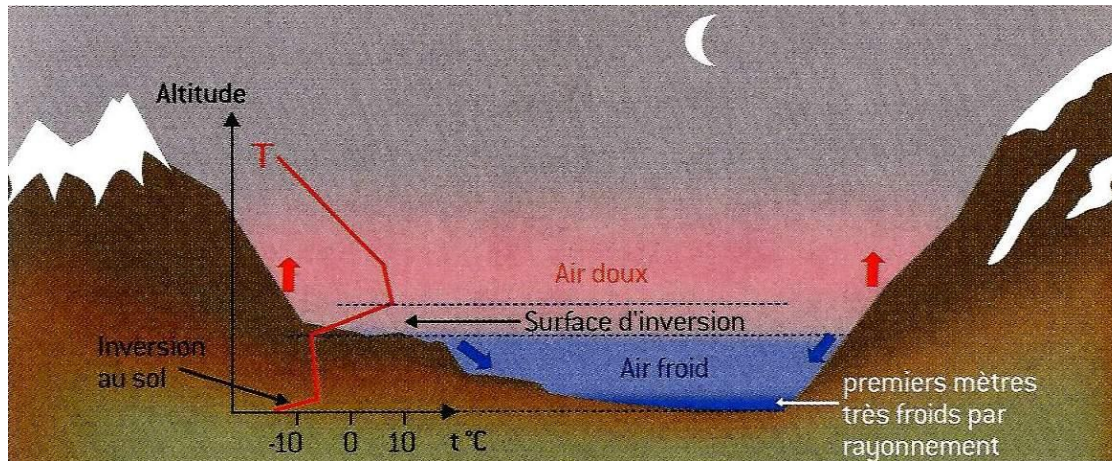
Gradient de température moyen :

$$\frac{dT}{dz} = -0.65^\circ\text{C}/100\text{m}$$

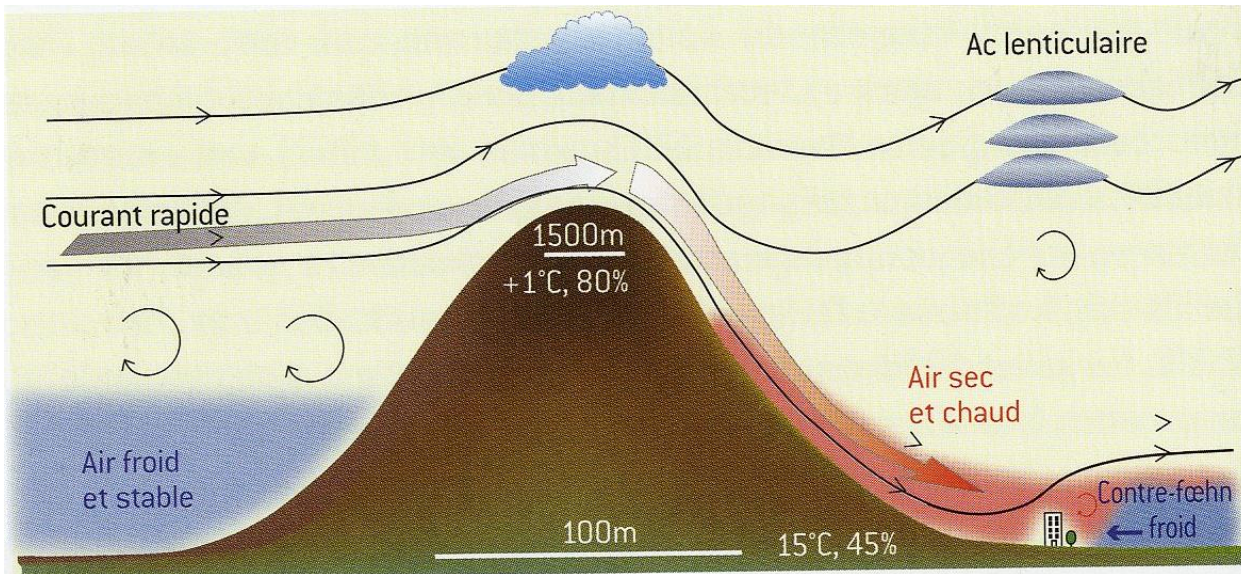
➡ Troposphère stable en moyenne

➡ Stratosphère encore plus stable

Inversions et lacs d'air froid



Le faux-foehn



Le foehn

