

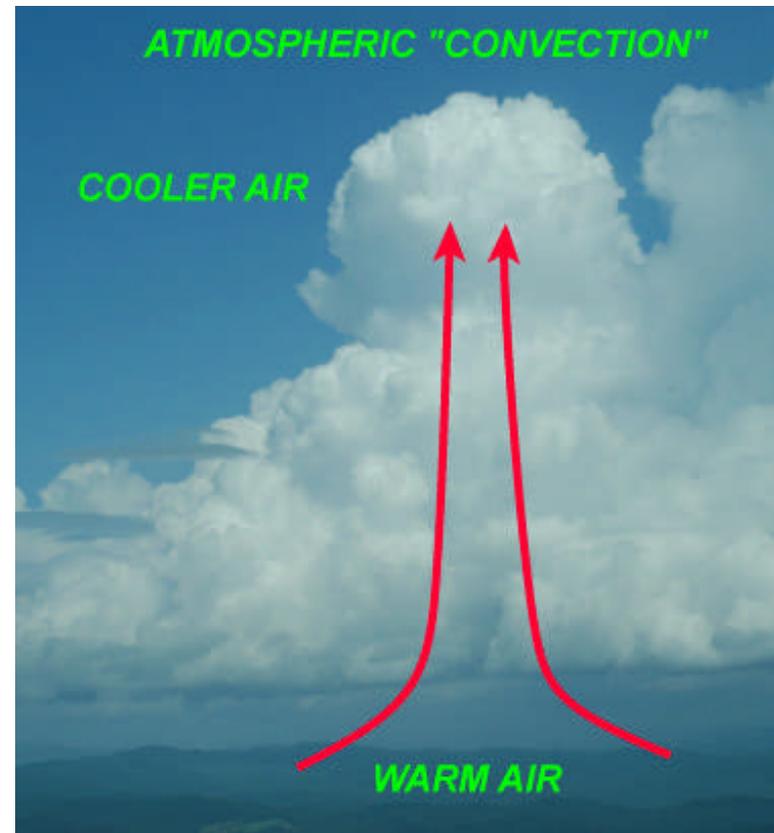


Introduction à la Météorologie SCA2611

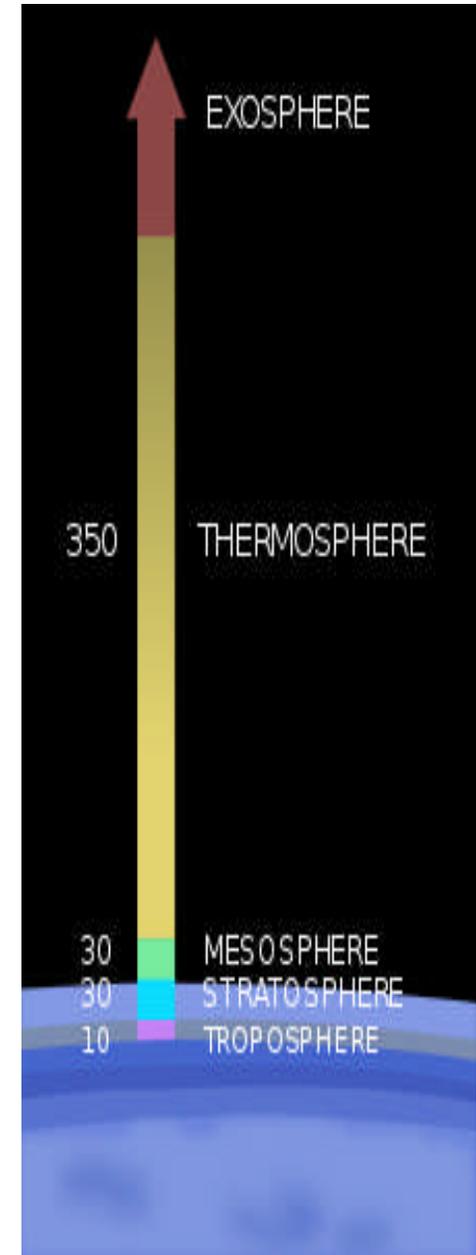
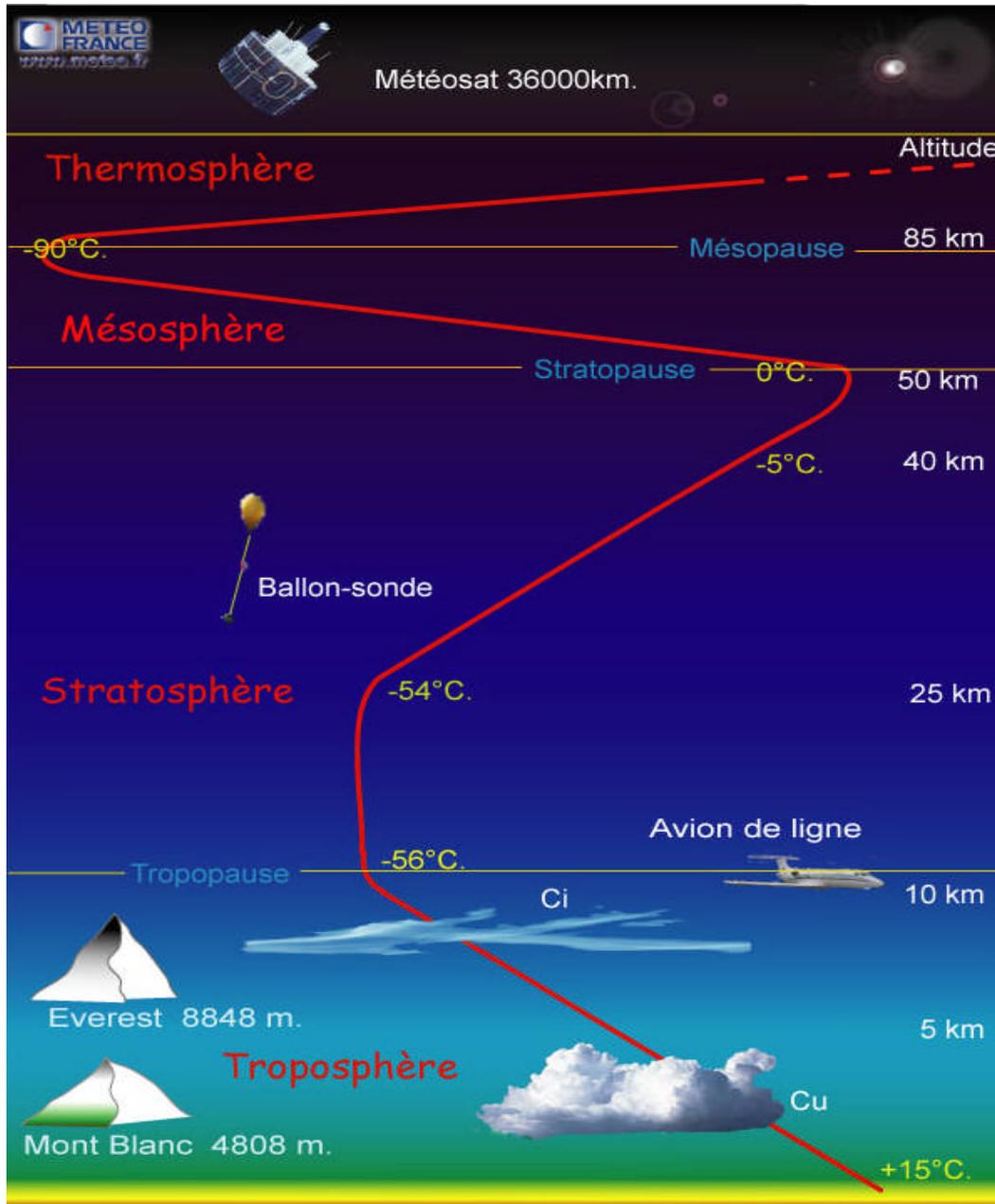
Table des matières

4. Énergie 2: La chaleur et l'énergie de l'atmosphère

- La structure vertical
- Sondage atmosphériques
- Changement de phases
- Chaleur sensible et latente
- La stabilité verticale de l'air
- La convection
- Les nuages convectifs



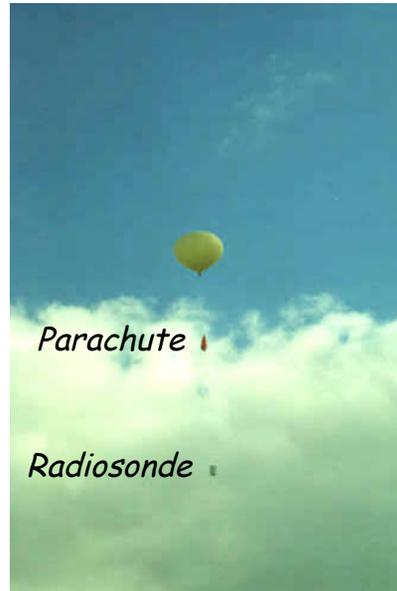
Profil vertical de la température



Station de radiosondage



Abri où on prépare le ballon



Parachute

Radiosonde

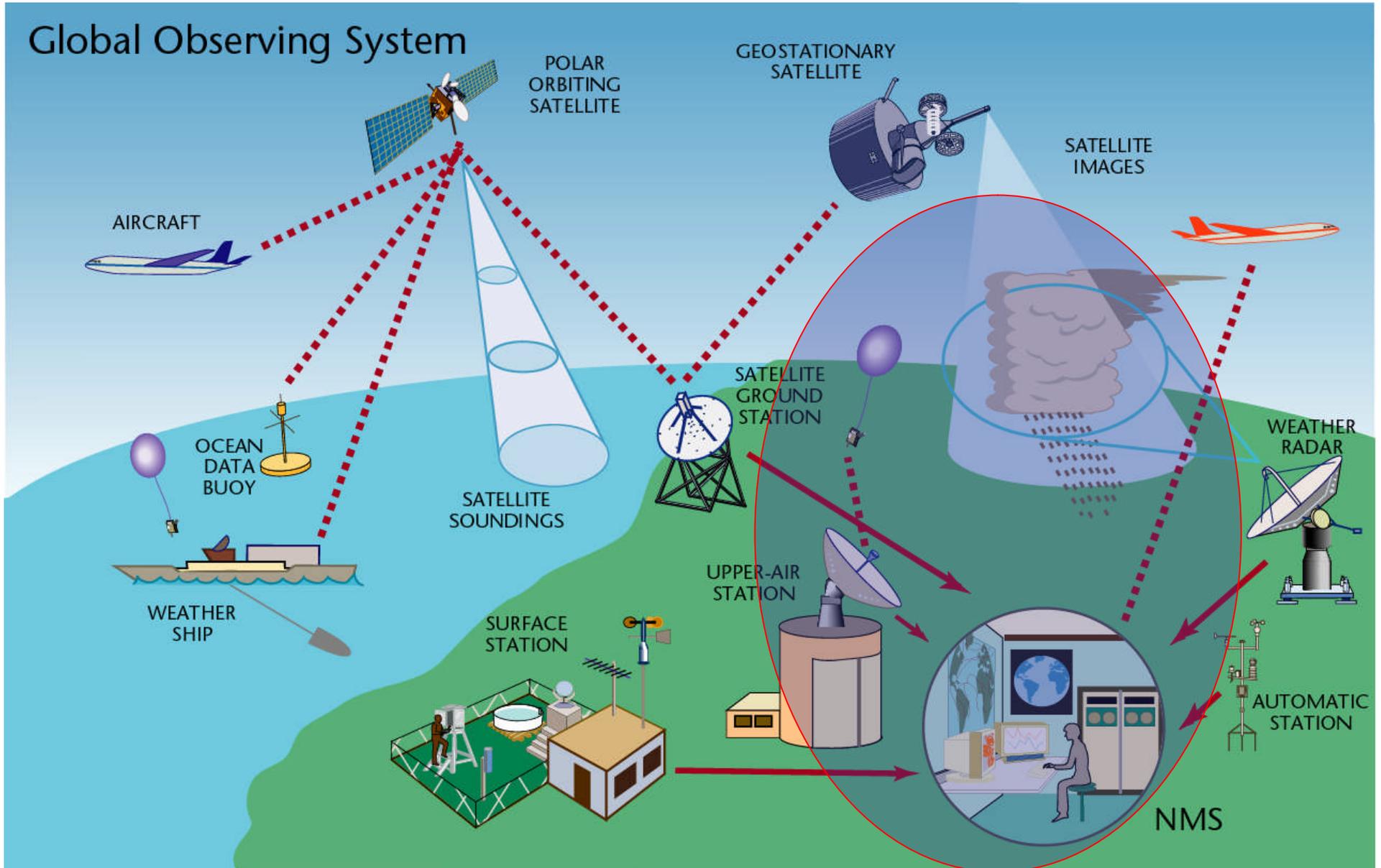


Système semi-automatique



Le programme mondial d'observation

<http://www.wmo.ch/web/www/OSY/GOS.html>

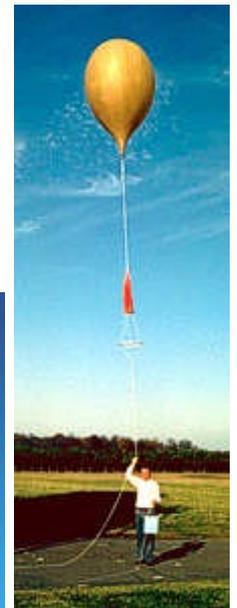
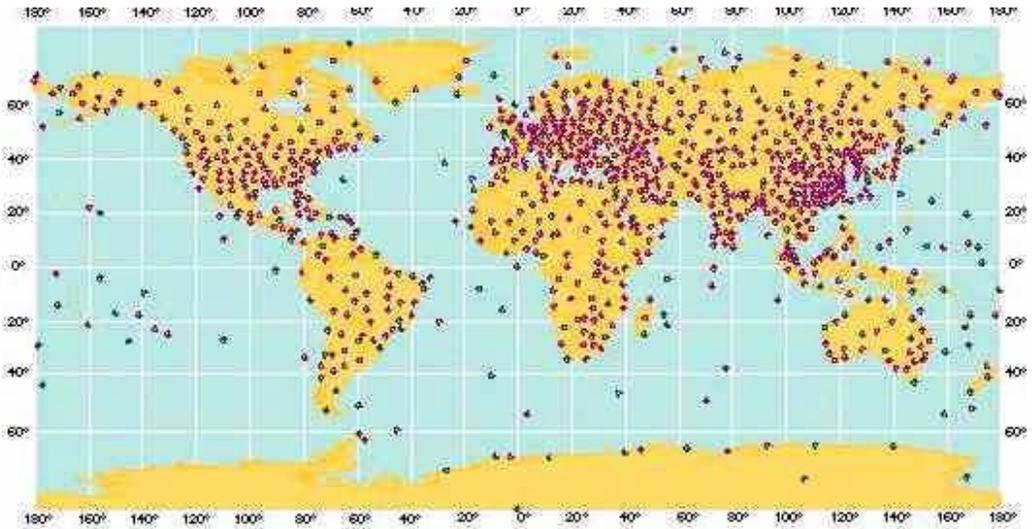


Réseaux de stations de radiosondage

- Environ 900 stations aérologiques lancent des ballons-sondes pour mesurer
 - la pression,
 - la température,
 - l'humidité et
 - la vitesse et la direction du vent

à partir du sol jusqu'à 30 km d'altitude (où le ballon explose).

- Plus des deux tiers des stations font des observations à 0000 UTC et 1200 UTC.
- De 100 à 200 stations procèdent à des observations une fois par jour.
- En mer, principalement dans l'Atlantique Nord, 15 navires environ procèdent à des observations par radiosondage.



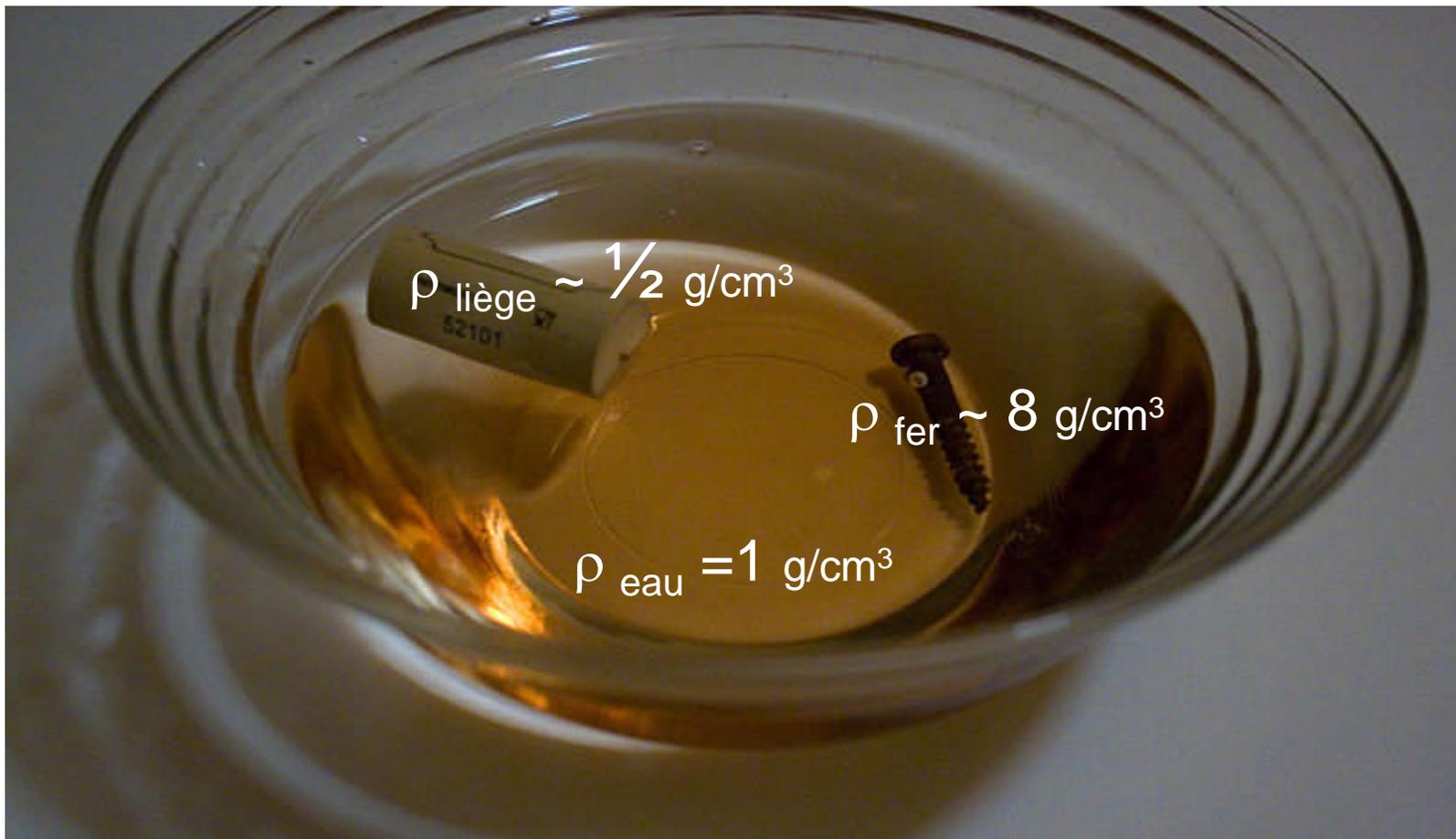
La matière de notre environnement

Densité

Changement de phases

La neige

Effet de la densité ambiante Force de bouée



Effet de la densité ambiante Force de bouée

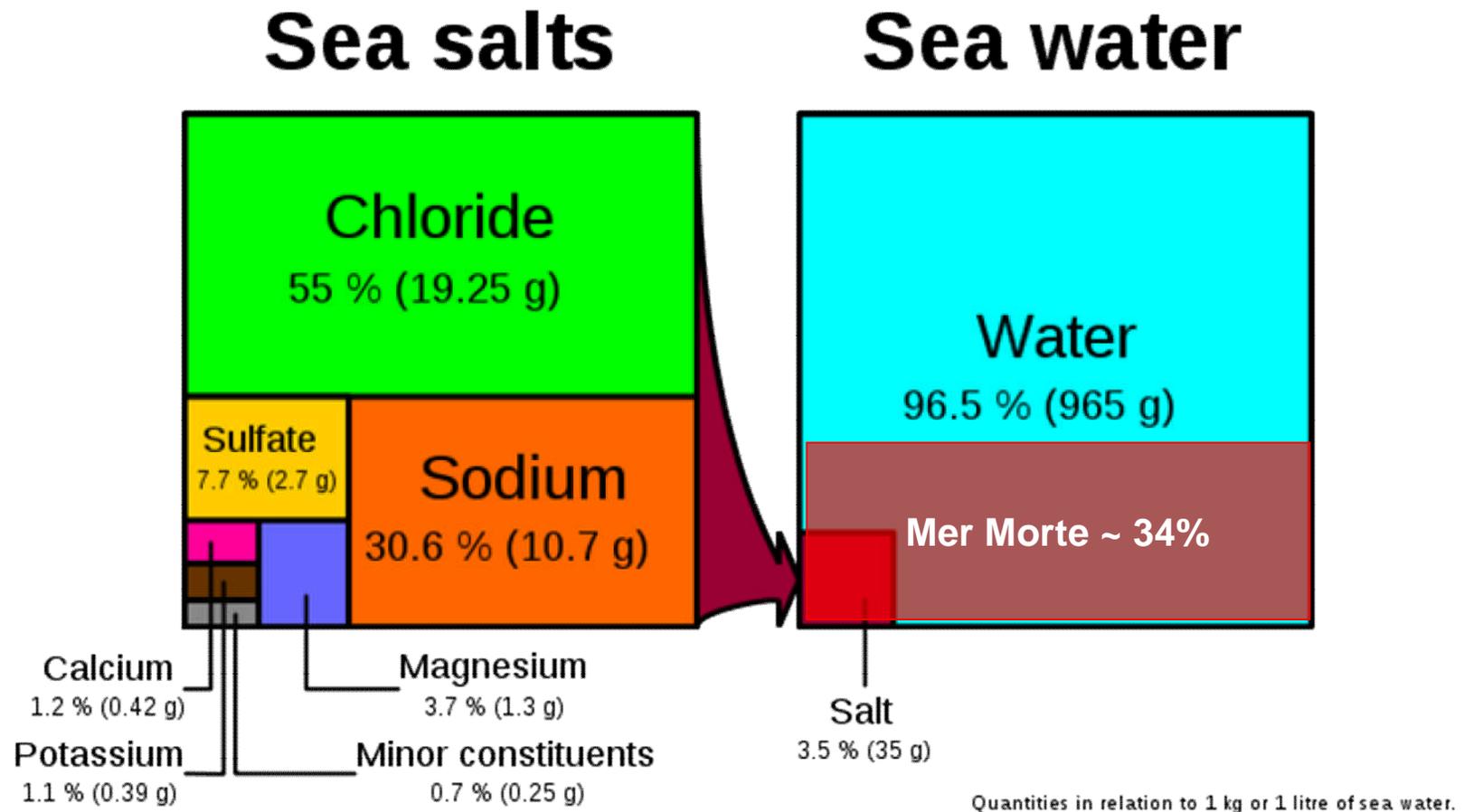


<http://www.superstock.com/stock-photography/Floati>



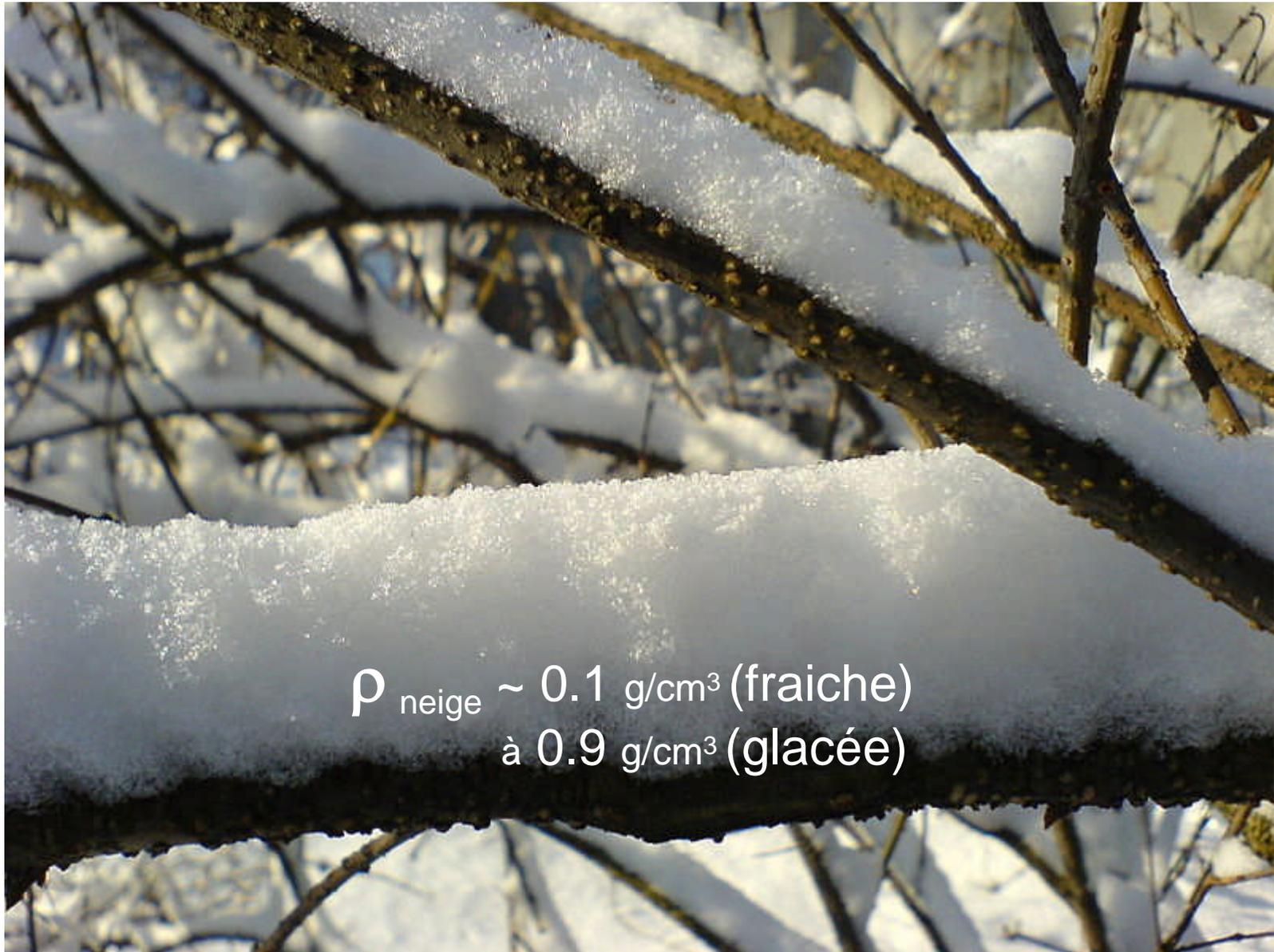
http://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier:Dead_sea_newspaper.jpg

Les sels augmentent la densité de l'eau



Densité de la neige

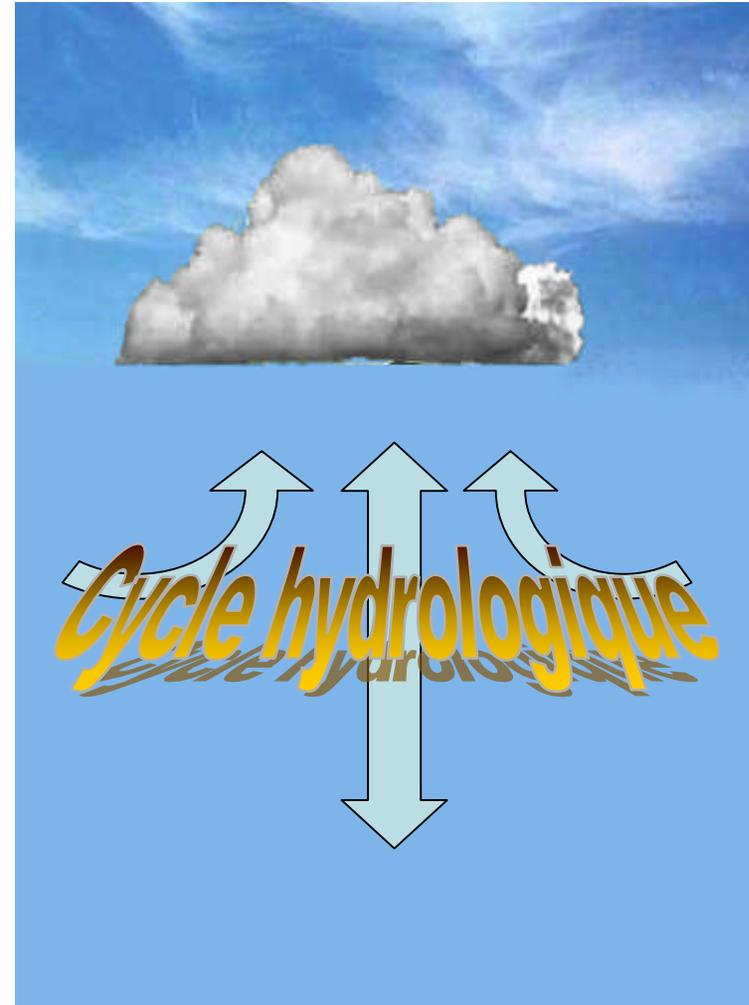
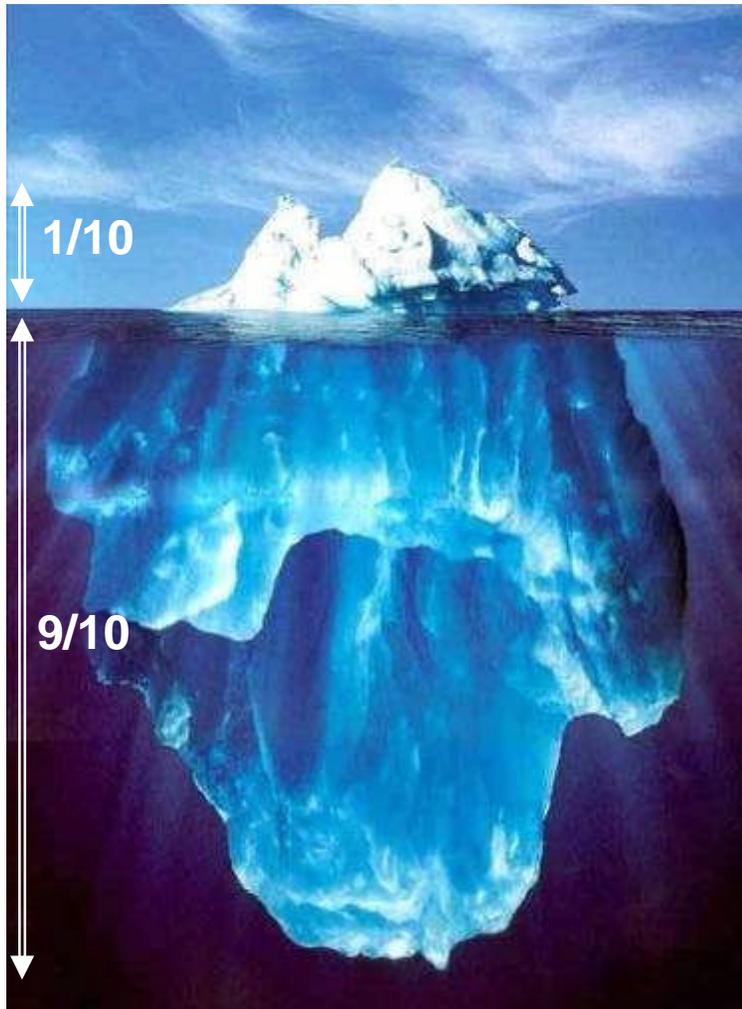
★★ 4-10



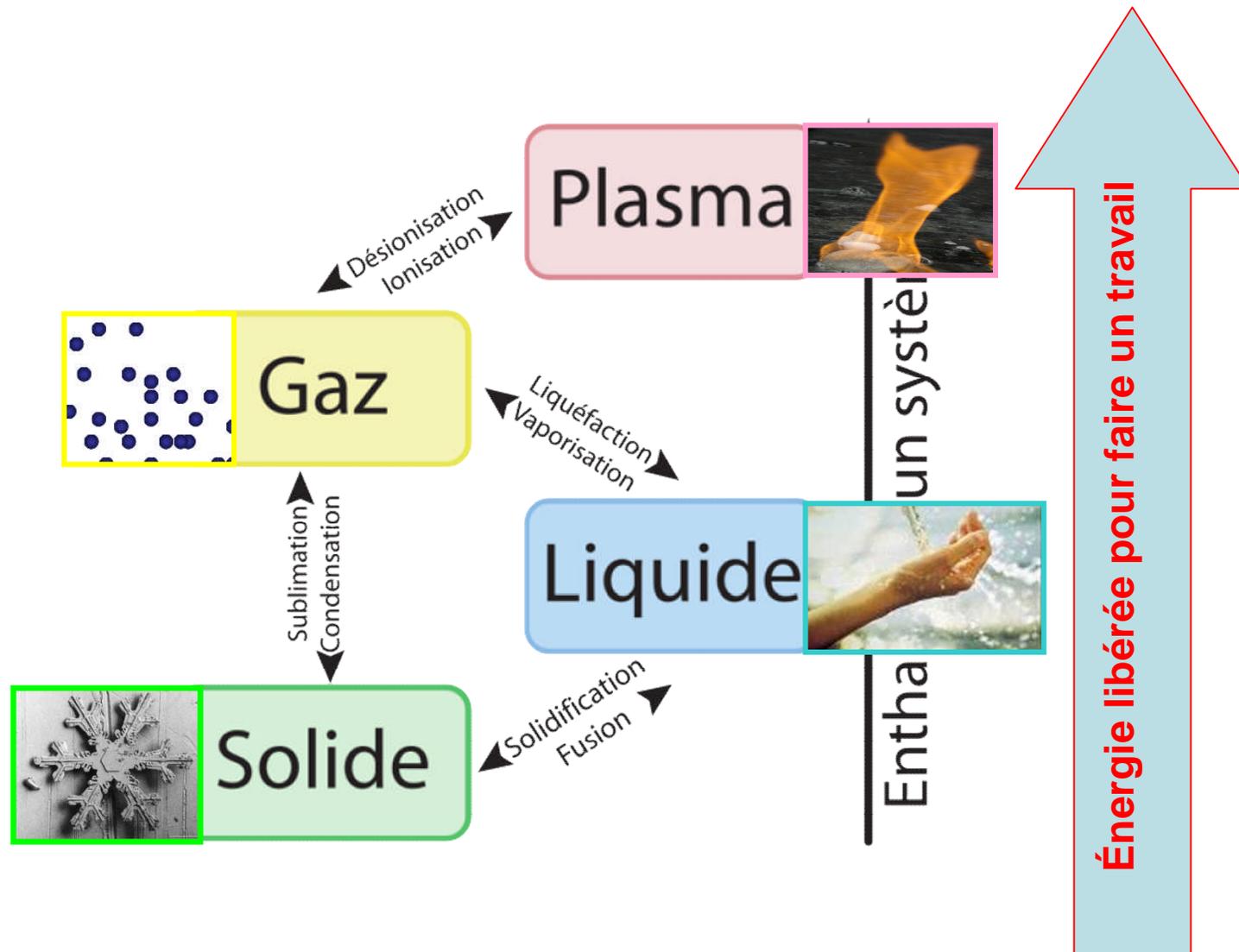
$\rho_{\text{neige}} \sim 0.1 \text{ g/cm}^3$ (fraîche)
à 0.9 g/cm^3 (glacée)

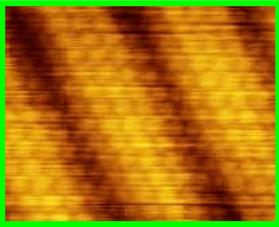
La densité de la glace sur l'eau de mer

"Les nuages sont comme la pointe d'un iceberg hydrologique!"

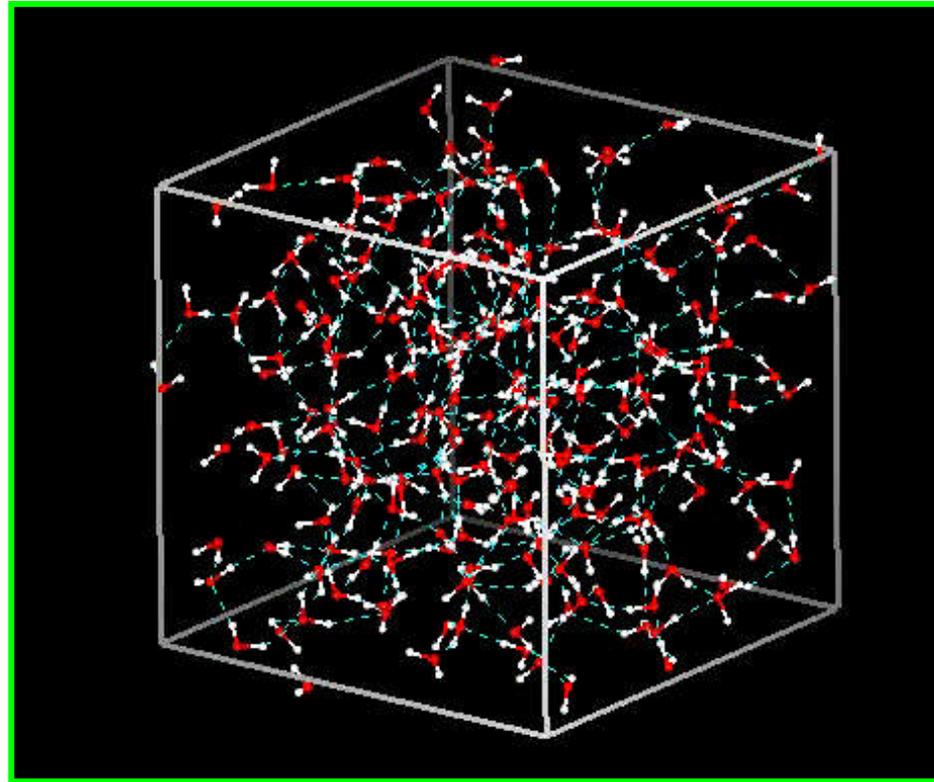
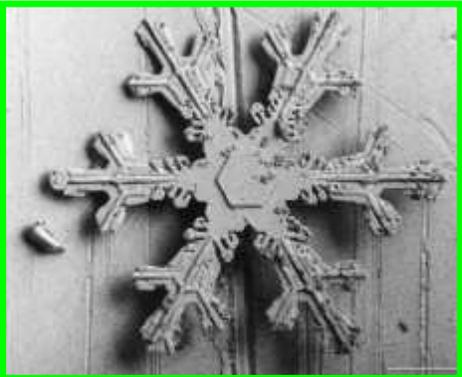
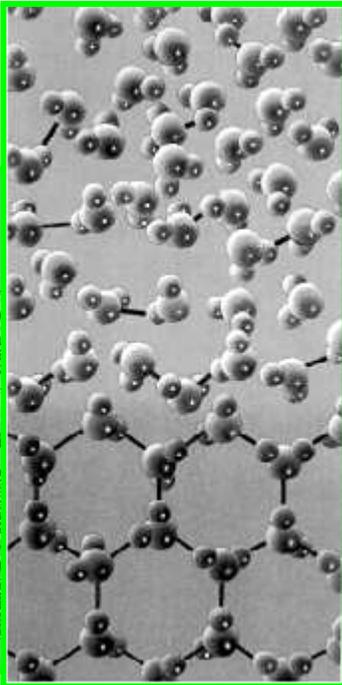


Les changements de phases





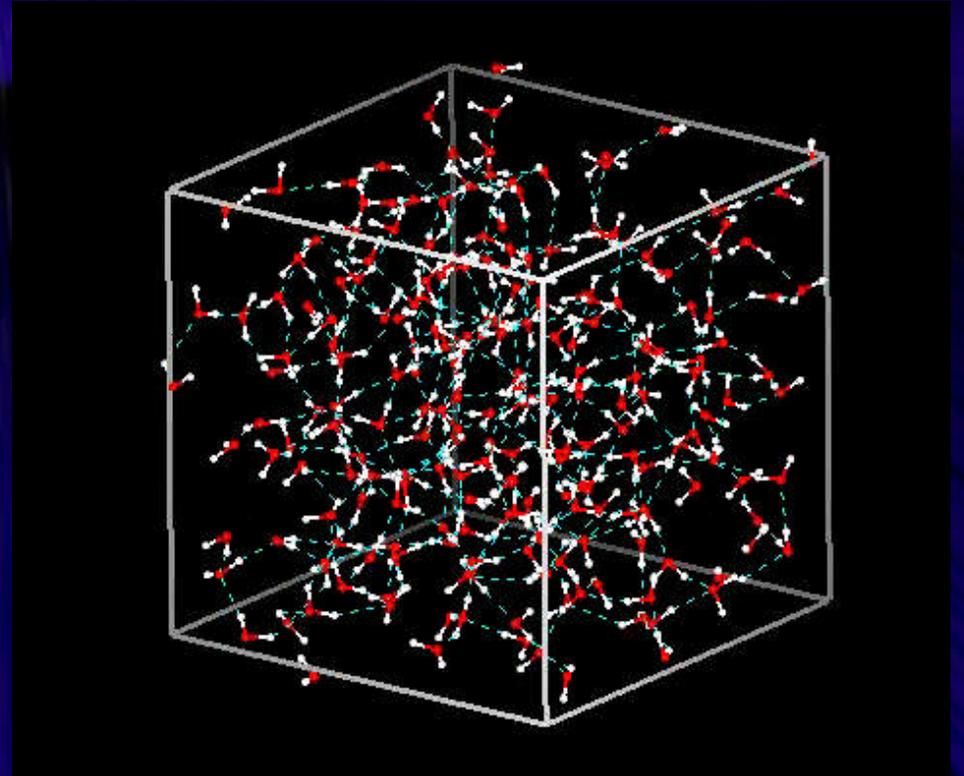
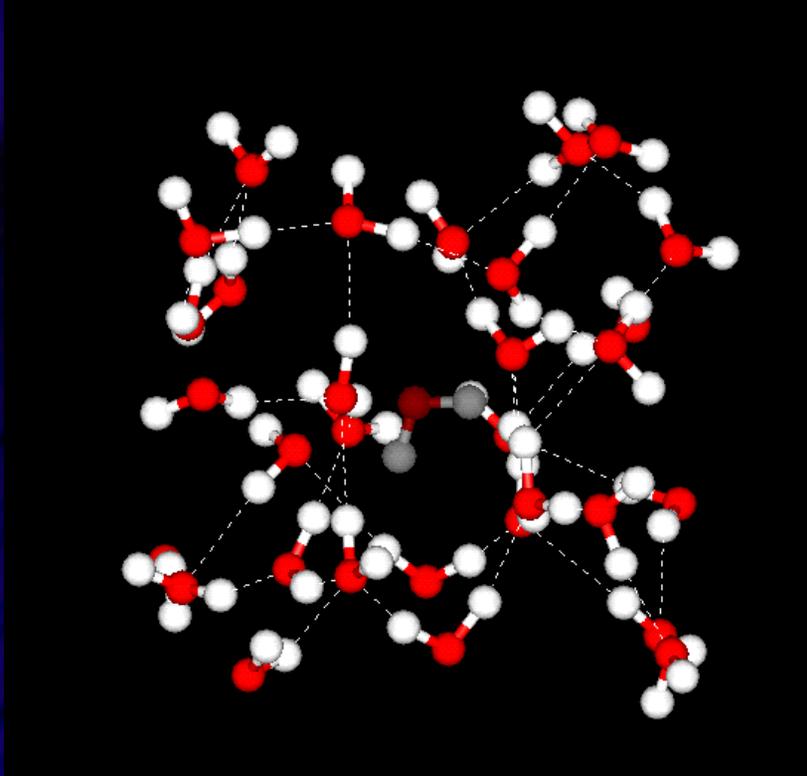
Les changements de phases



Hydrates de méthane en feu

<http://www.ankn.uaf.edu/curriculum/Athabasca/ObservingSnow/stuff.html>

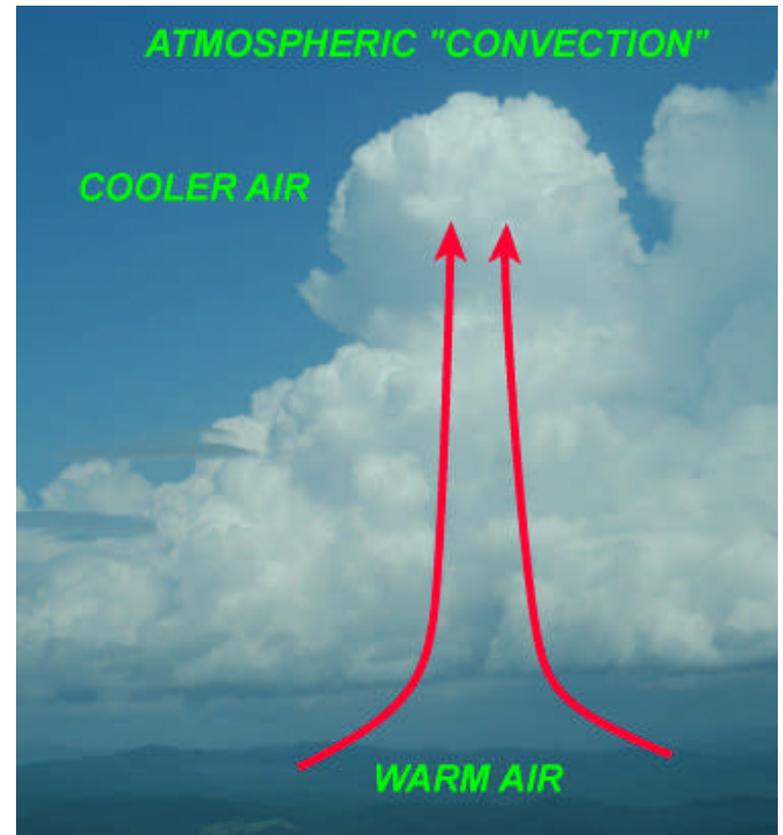
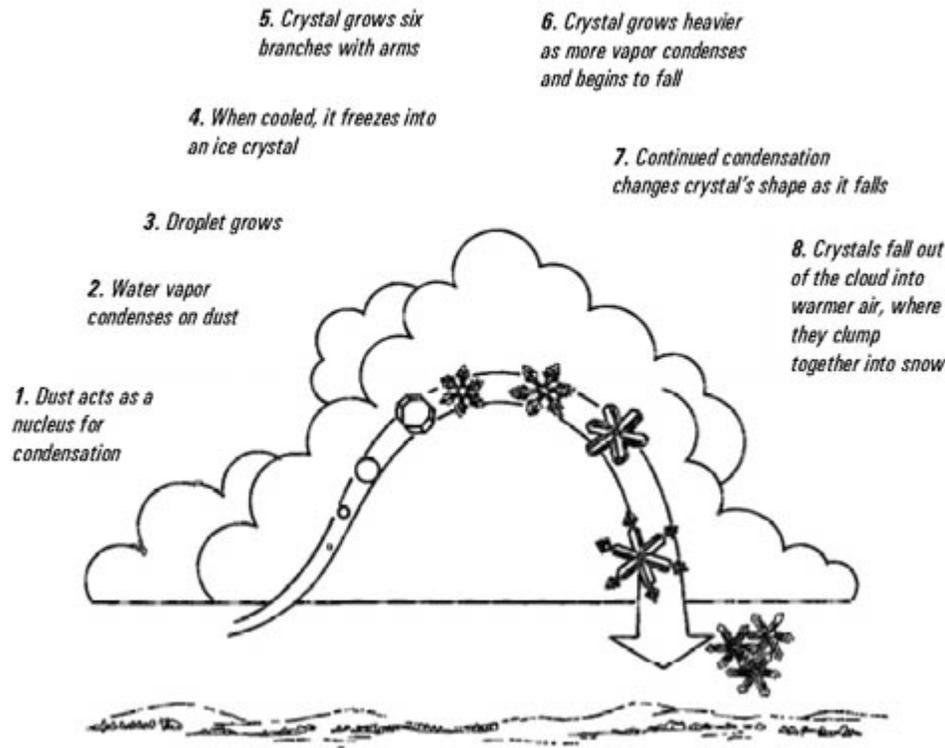
La dynamique de l'eau



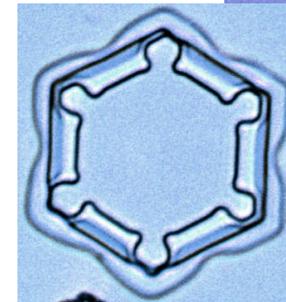
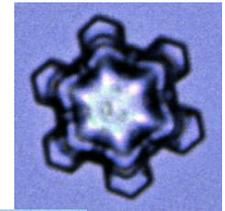
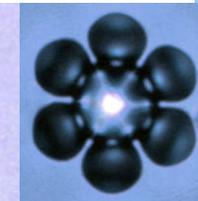
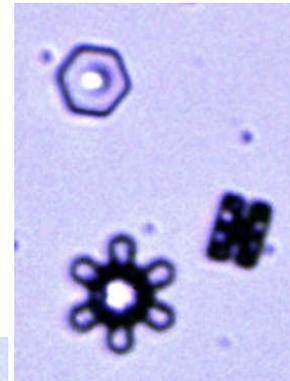
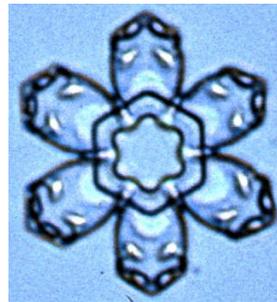
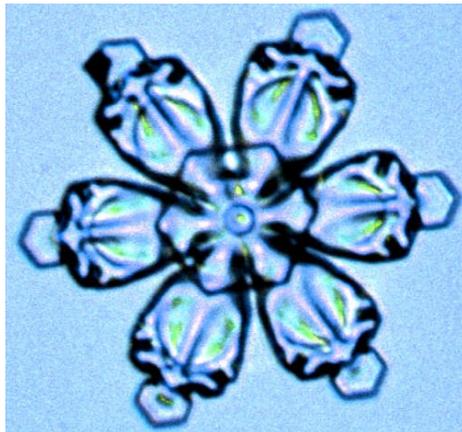
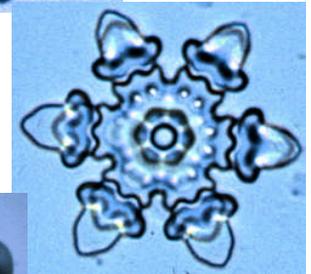
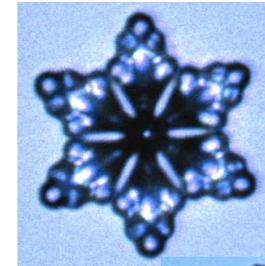
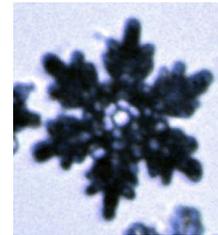
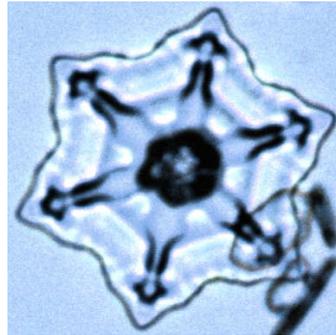
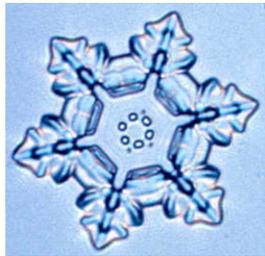
Galerie d'art flocons



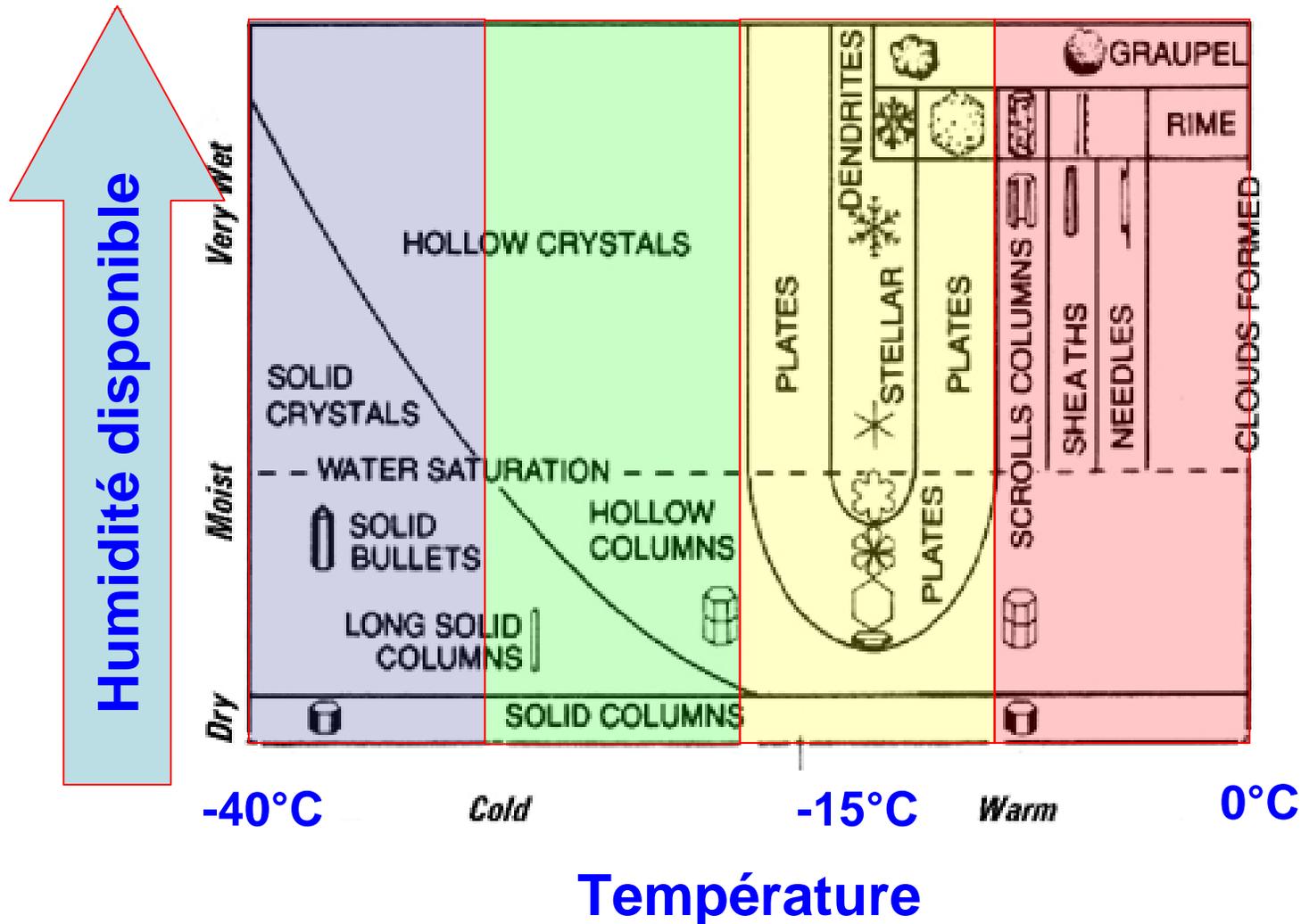
L'histoire du flocon de neige



Une infinité de cristaux ...



Les multiples formes de cristaux de neige



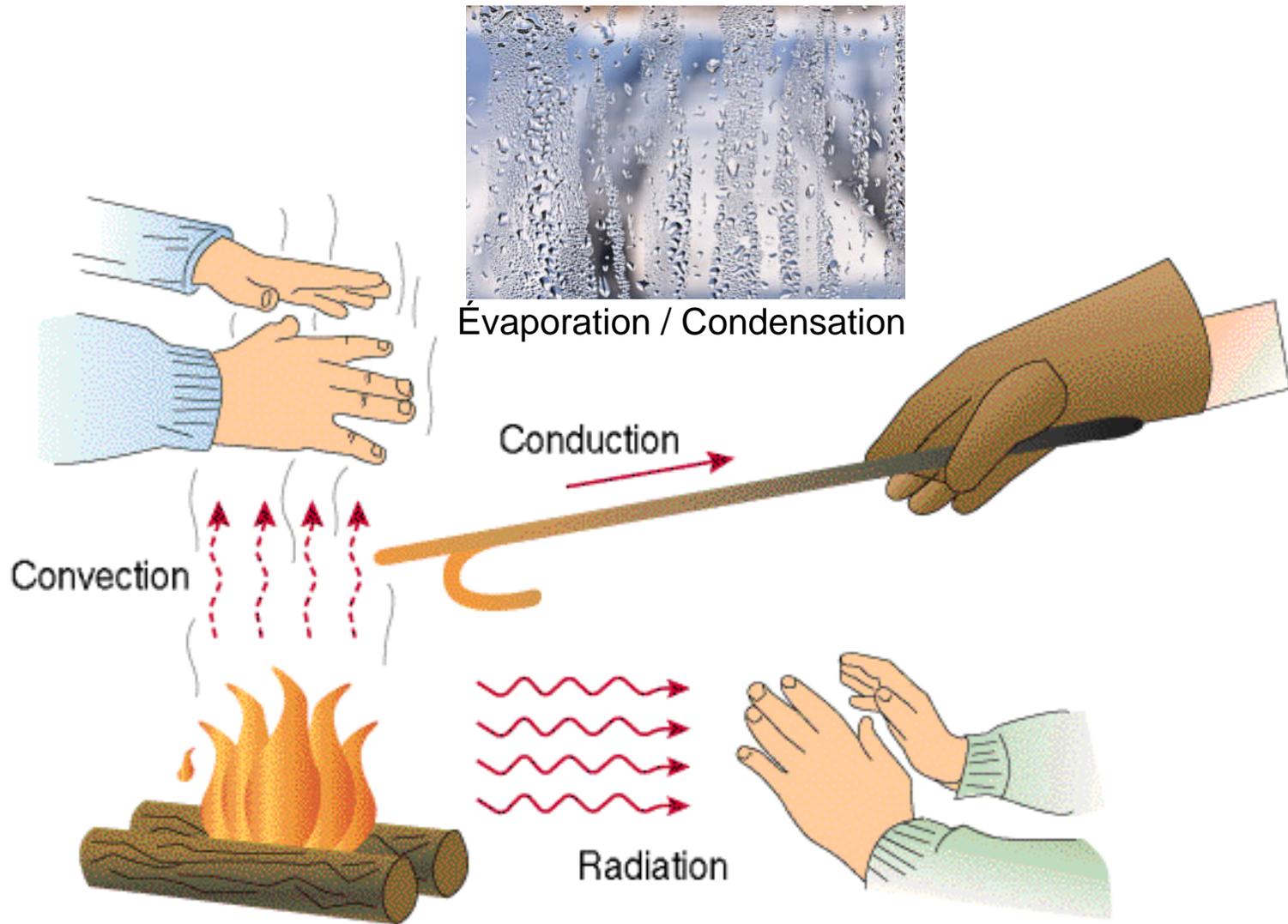
L'hiver 2007-2008 au Québec



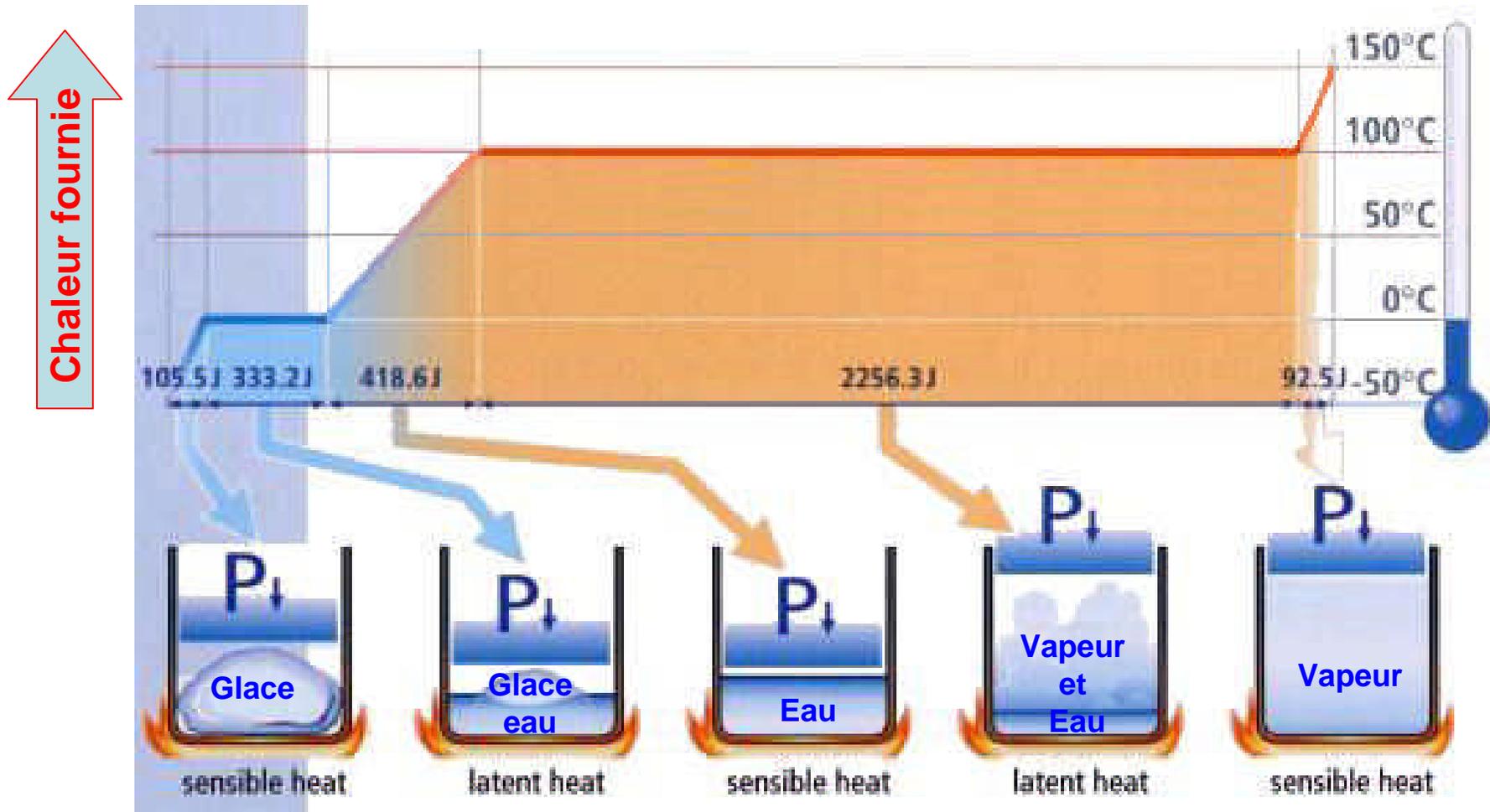
La chaleur

À la surface de la terre
Dans l'atmosphère

Types de transfert de chaleur



Chaleur sensible et latente

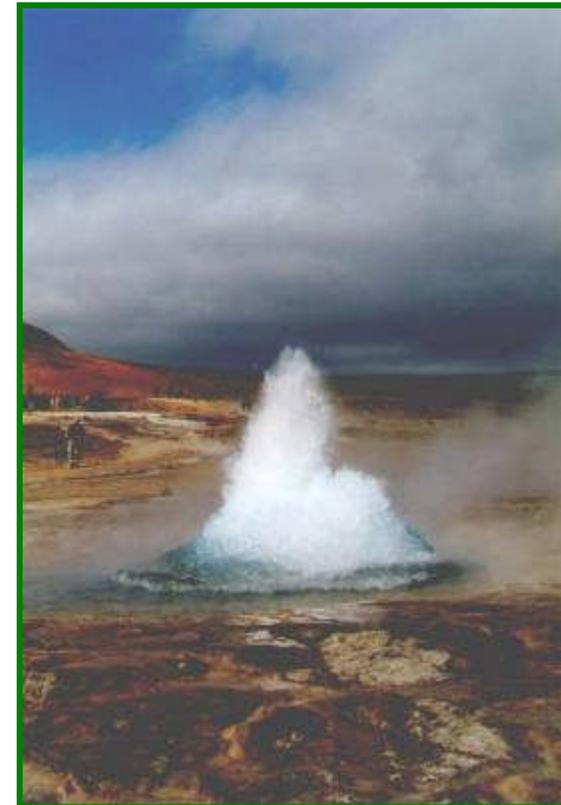


Flux de chaleur à la surface

Étude numérique des flux de chaleur sensible et de chaleur latente en relation avec l'humidité du sol en surface sur un site de savane herbeuse

Guy Cautenet
*Département de Physique,
Faculté des Sciences,
Abidjan, Cote d'Ivoire*
et
Christian Boutin
*LAMP-10PG,
Université de Clermont-Ferrand,
Aubière, France*

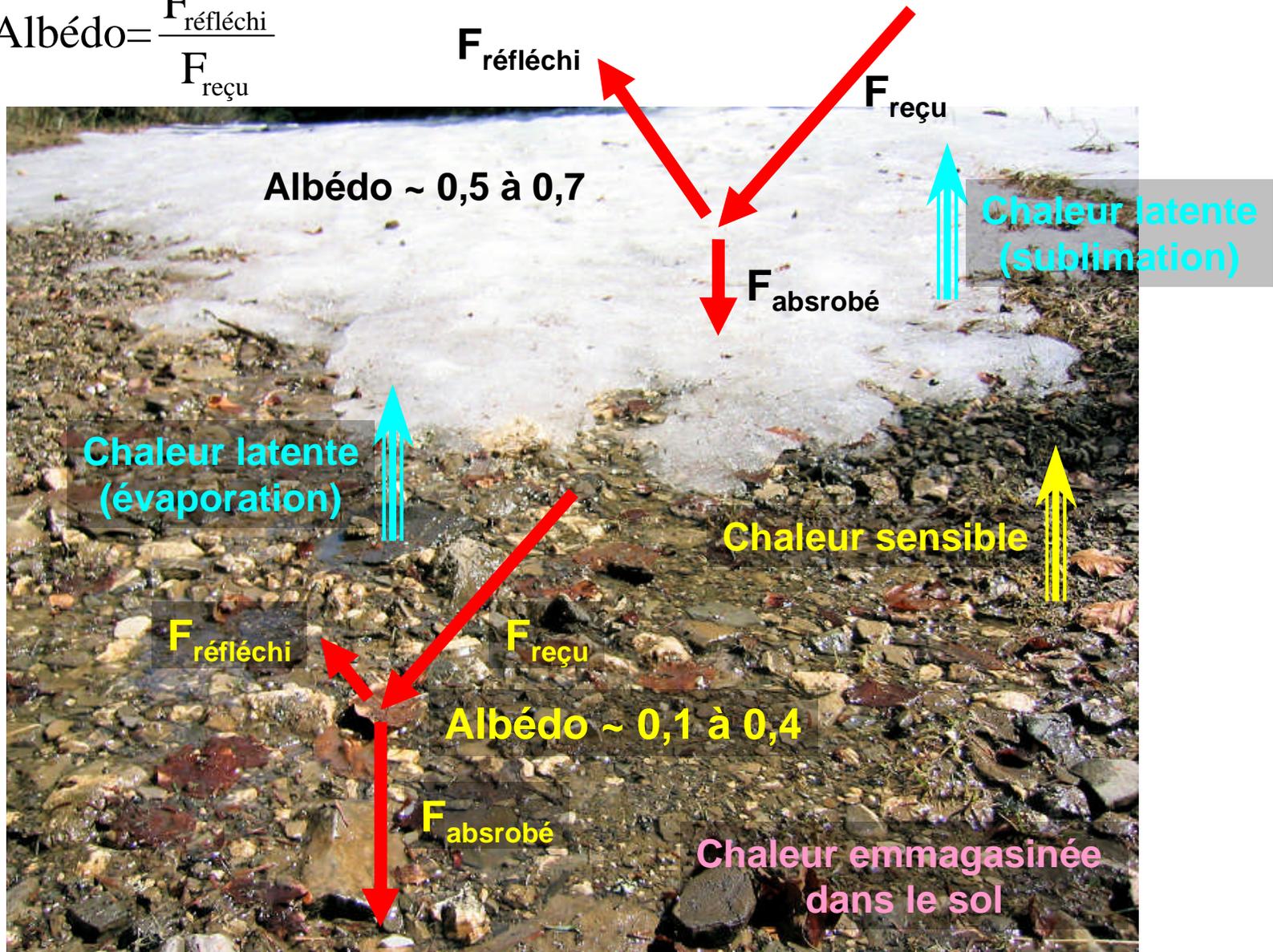
ATMOSPHERE-OCEAN 26 (2) 1988, 159–182 0705-5900/88/0000-0159\$01.25/0



<http://www.energieplus-lesite.be>

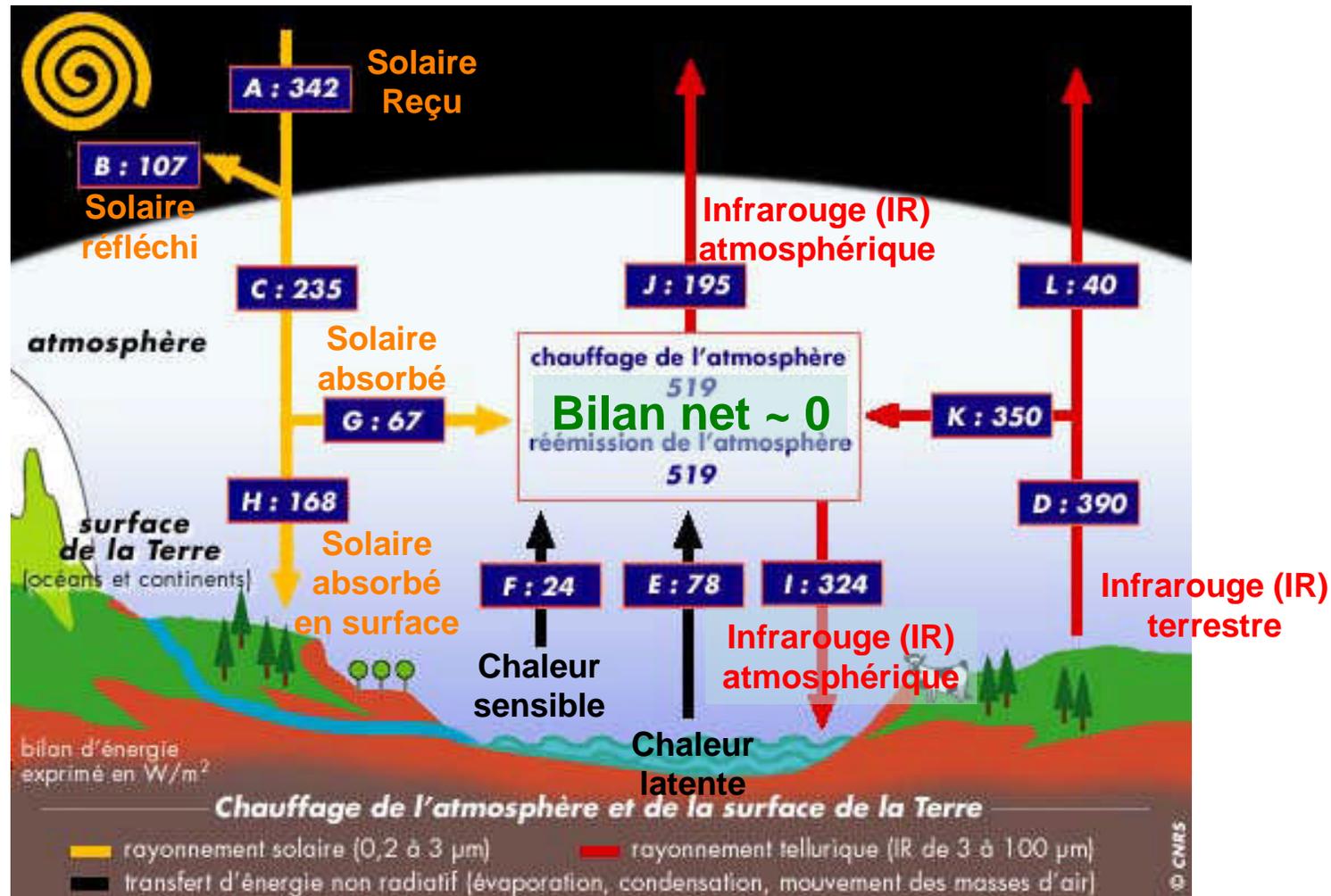
Bilan d'énergie à la surface

$$\text{Albédo} = \frac{F_{\text{réfléchi}}}{F_{\text{reçu}}}$$



Bilan moyen global (W/m^2)

Un budget bien équilibré!



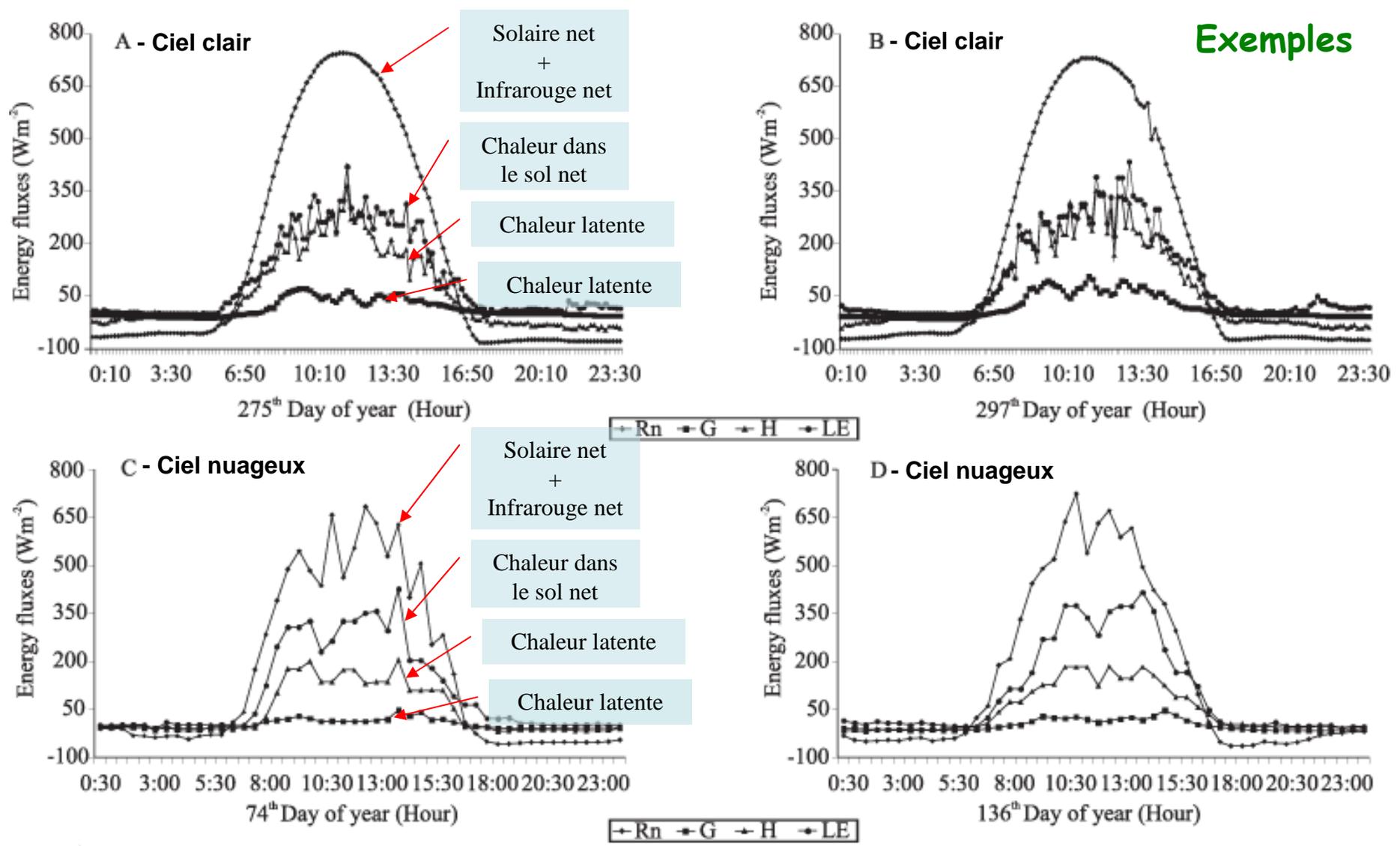


Figure 3. Energy balance components, net radiation (Rn), soil heat flux (G), sensible heat flux (H) and latent heat flux (LE), for four typical days, 275th and 297th (clear sky) day of year (DOY), in 2005, and 74th and 136th (cloudy) DOY in 2006, over an irrigated banana orchard.

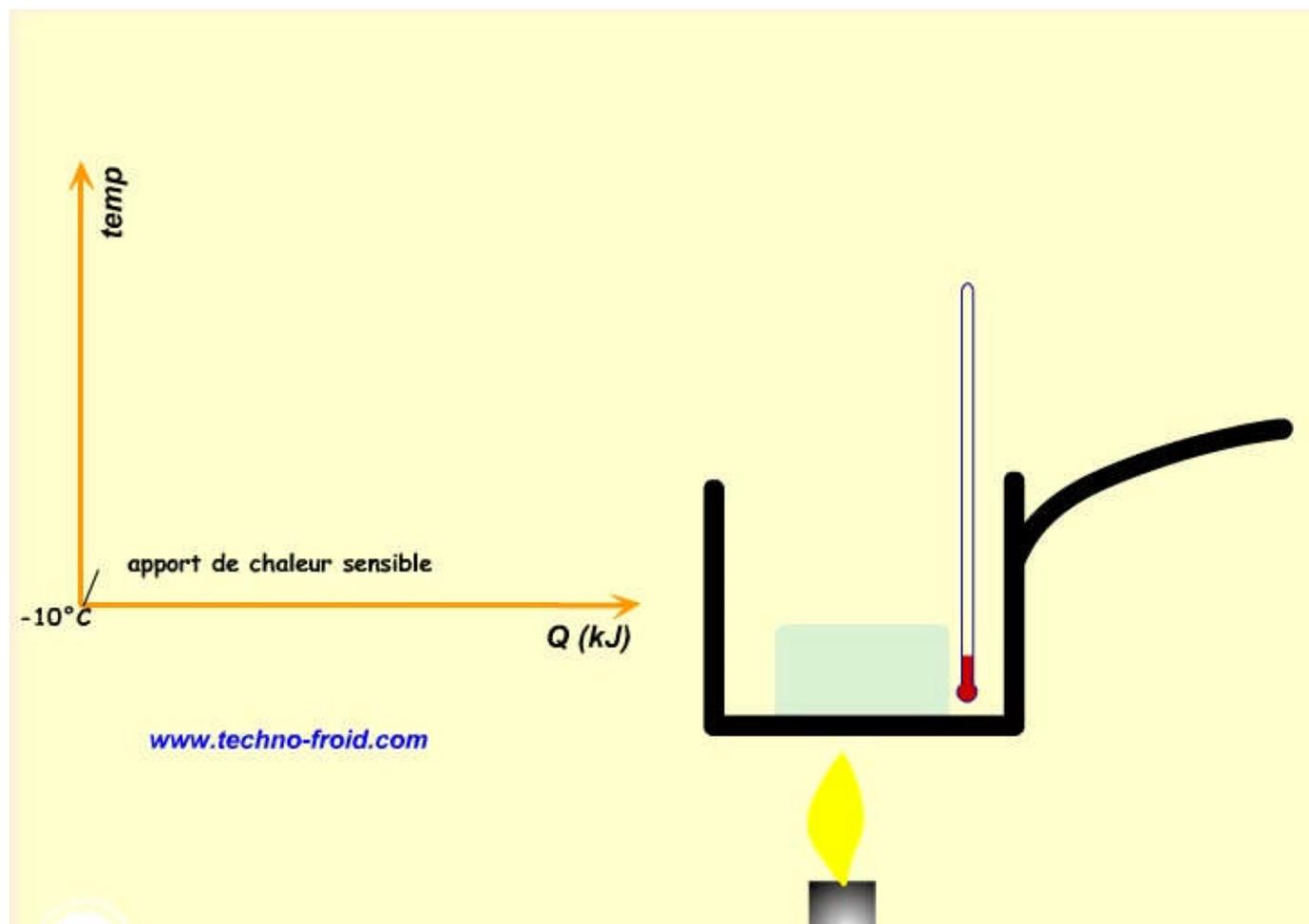
La chaleur

Température

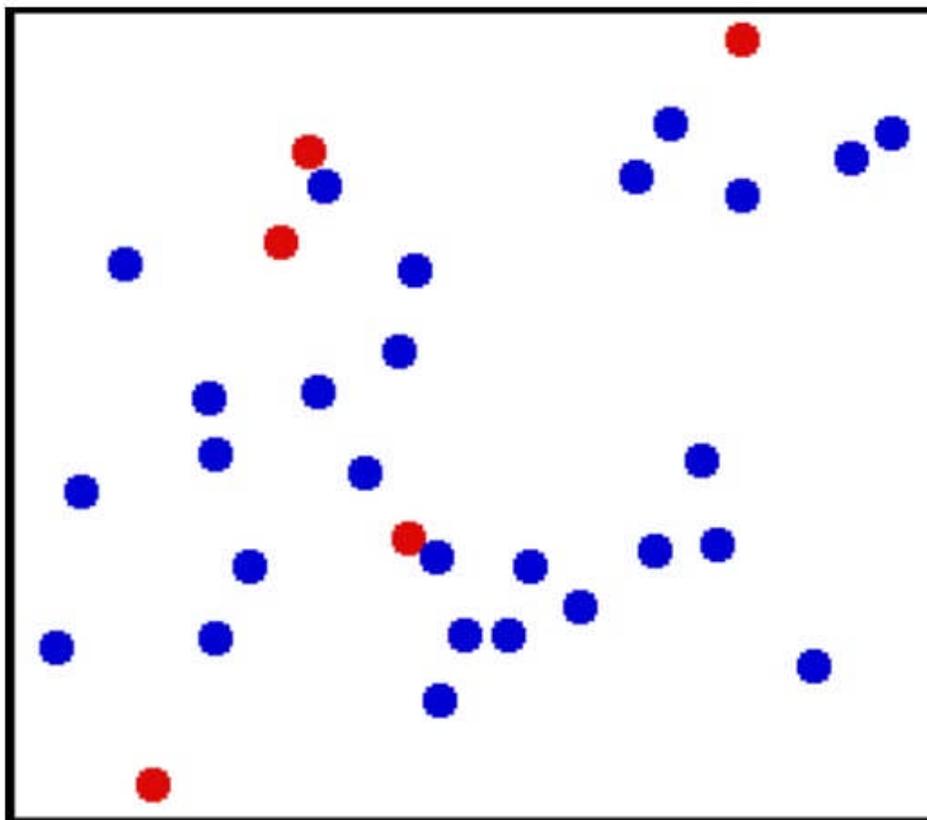
Pression

Densité

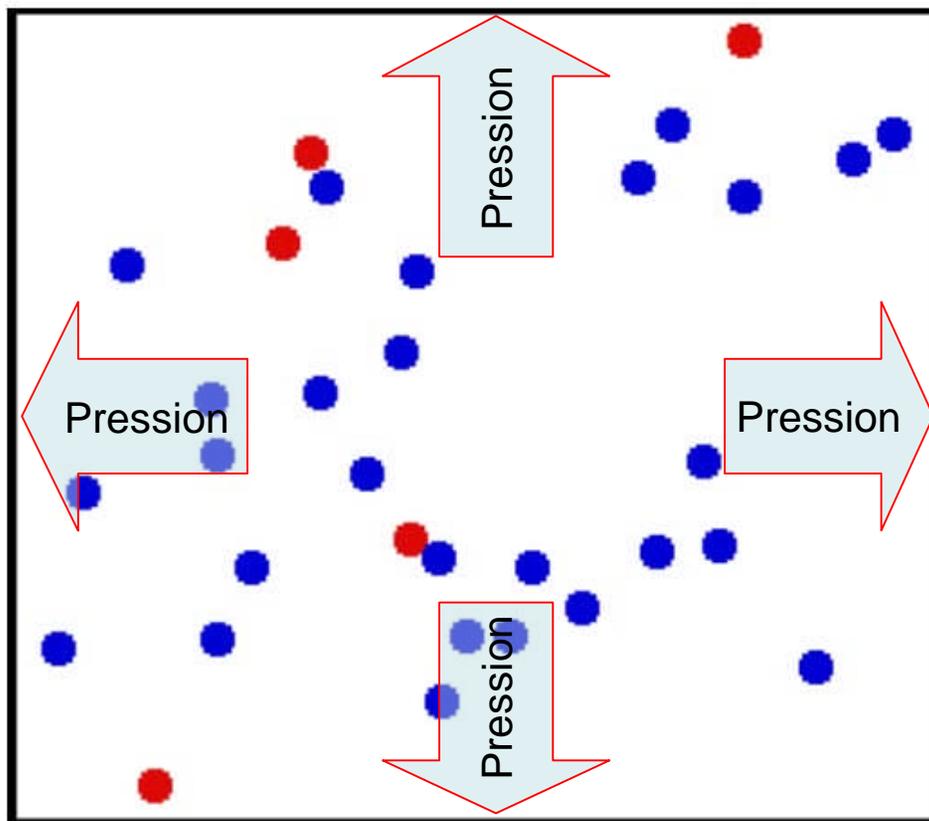
Chaleur sensible et latente



La température



La température



Température, pression et densité

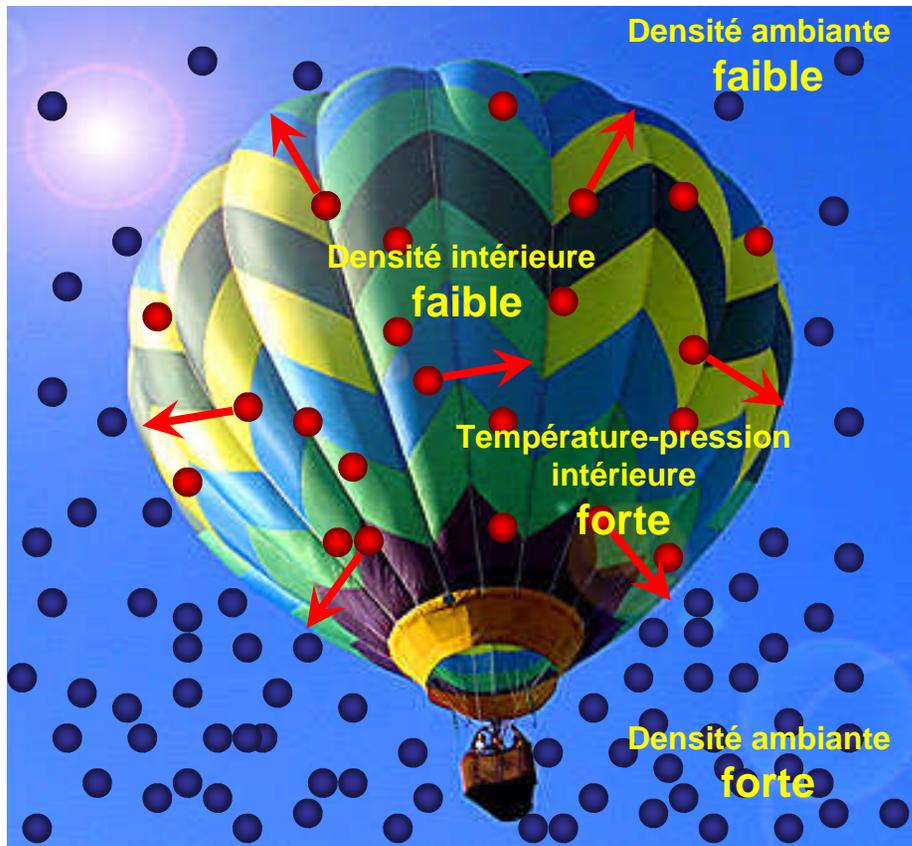


<http://www.sport-decouverte.com>



<http://grandquebec.com>

Température, pression et densité



<http://www.sport-decouverte.com>

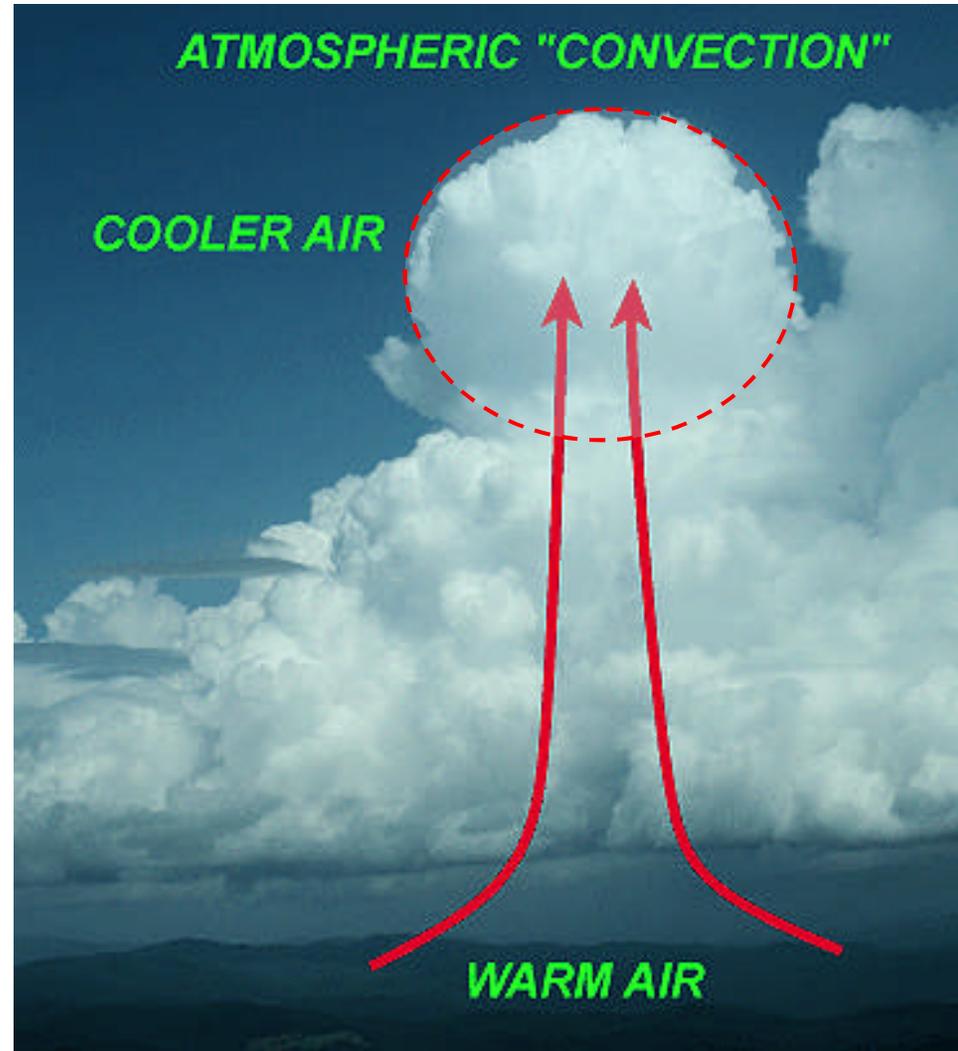
$$\frac{\text{pression}}{\text{densité} \times \text{température}} = \text{constante}$$

$$\frac{p}{\rho T} = R$$



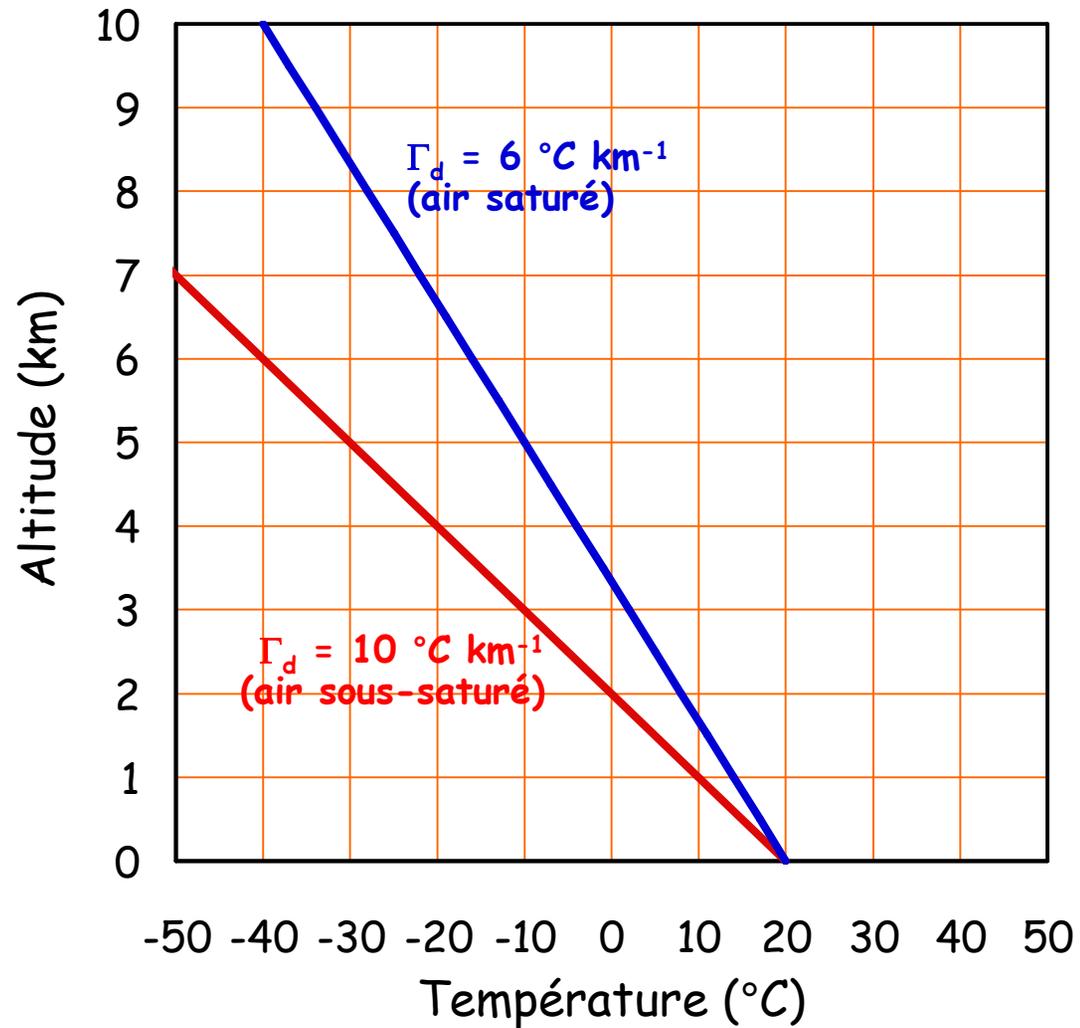
<http://grandquebec.com>

Comme un ballon, des bulles d'air chaud montent dans l'air



La stabilité de l'atmosphère

Ascension de l'air

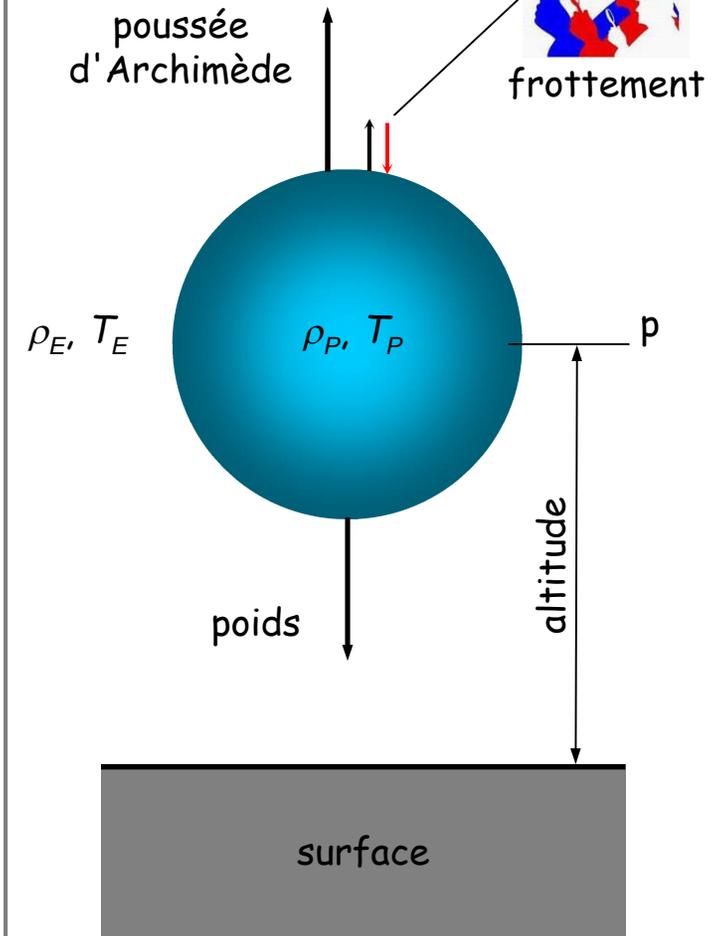
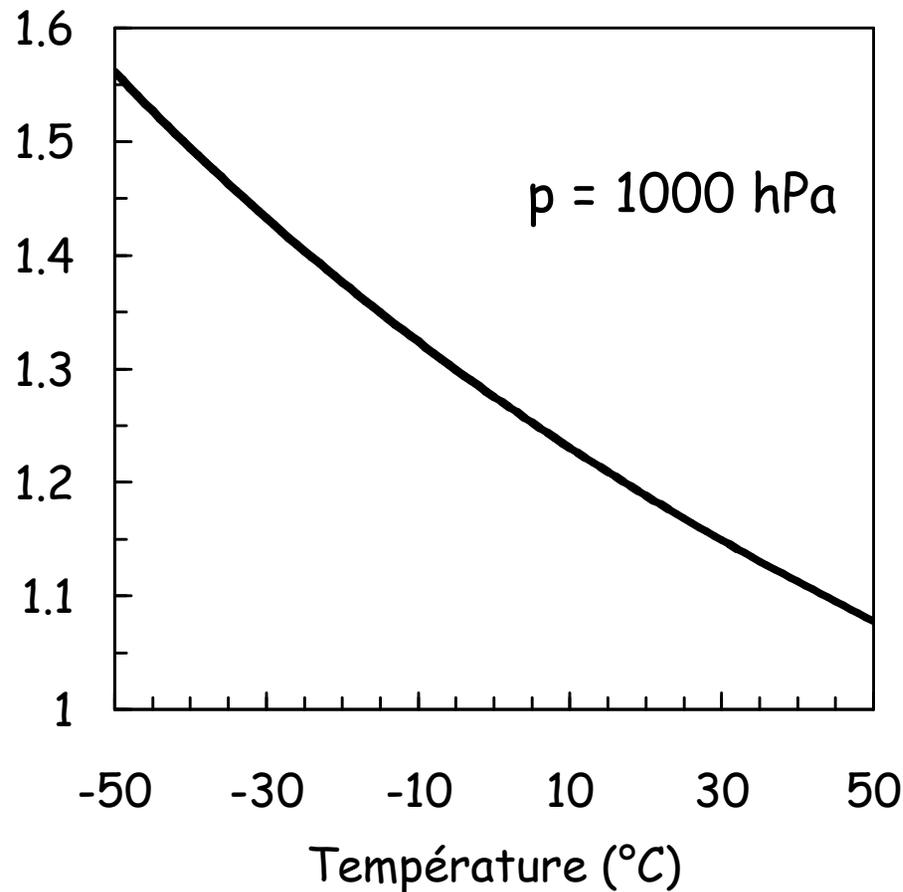


La densité de l'air

☆☆☆ 4-37



- Air atmosphérique

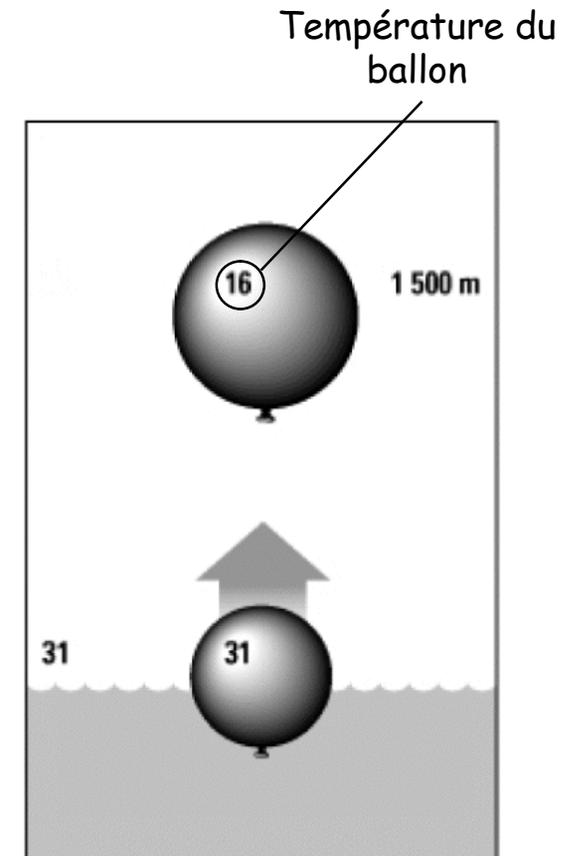


- À pression égale, plus l'air est chaud, moins il est dense.

La stabilité de l'air

http://www.qc.ec.gc.ca/meteo/Documentation/Stabilite_e.html

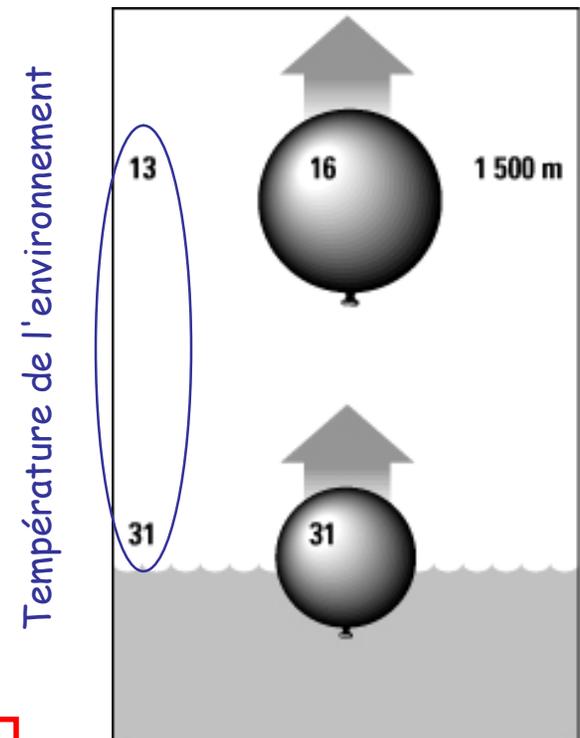
- On gonfle un ballon d'air sec à la température de 31°C comme celle de l'air ambiant au niveau du sol, et on le transporte à $1,5\text{ km}$ d'altitude.
- L'air sec du ballon se dilate et se refroidit avec un gradient adiabatique sec de 1°C par 100 m , pour atteindre la température de 16°C au plafond choisi.



La stabilité de l'air - Cas instable

- Dans ce cas, même si l'air contenu dans le ballon se refroidit de façon adiabatique, il demeure plus chaud que l'air ambiant, qui est à 13 °C.
- Le ballon grimpera tout en se refroidissant, jusqu'à ce que sa température soit la même que son environnement (ou jusqu'à ce qu'il éclate).

- Dans l'atmosphère, les parcelles d'air se comportent de la même façon. Cela crée de l'instabilité et génère un courant ascendant de type convectif.



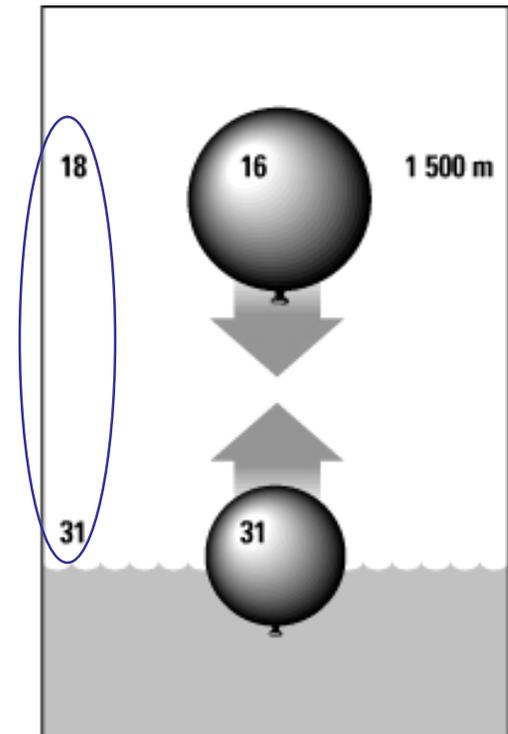
$$T_B > T_E$$

poussée > poids

Le ballon continue
à grimper

La stabilité de l'air - Cas stable

- Dans ce cas, le ballon est dans un environnement dont la température est supérieure à la sienne donc, plus léger. À cause de son air froid, son poids le ramènera à sa position initiale.
- L'air du ballon se réchauffera en descente de façon adiabatique suivant le taux inverse qu'à la montée, il demeurera toujours plus froid que l'air, ce qui en facilitera la chute.



$$T_B < T_E$$

poussée < poids

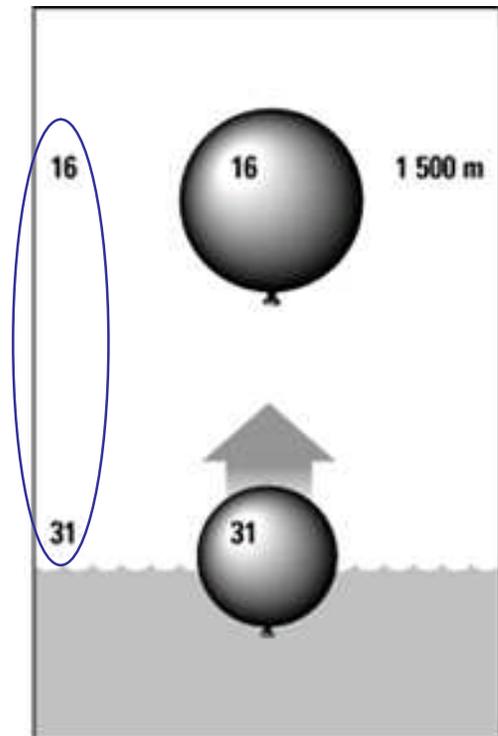
Le ballon chute

- La descente vers le sol d'une parcelle plus froide que l'air ambiant indique que l'air est stable et par conséquent, qu'il ne peut s'y créer de convection.

La stabilité de l'air - Cas neutre

- Dans le cas stable, la température du ballon et celle de l'air ambiant sont identiques en altitude.
- Le ballon demeurera donc sur place.

- L'air est alors neutre; c'est à dire, il n'est ni stable ni instable.

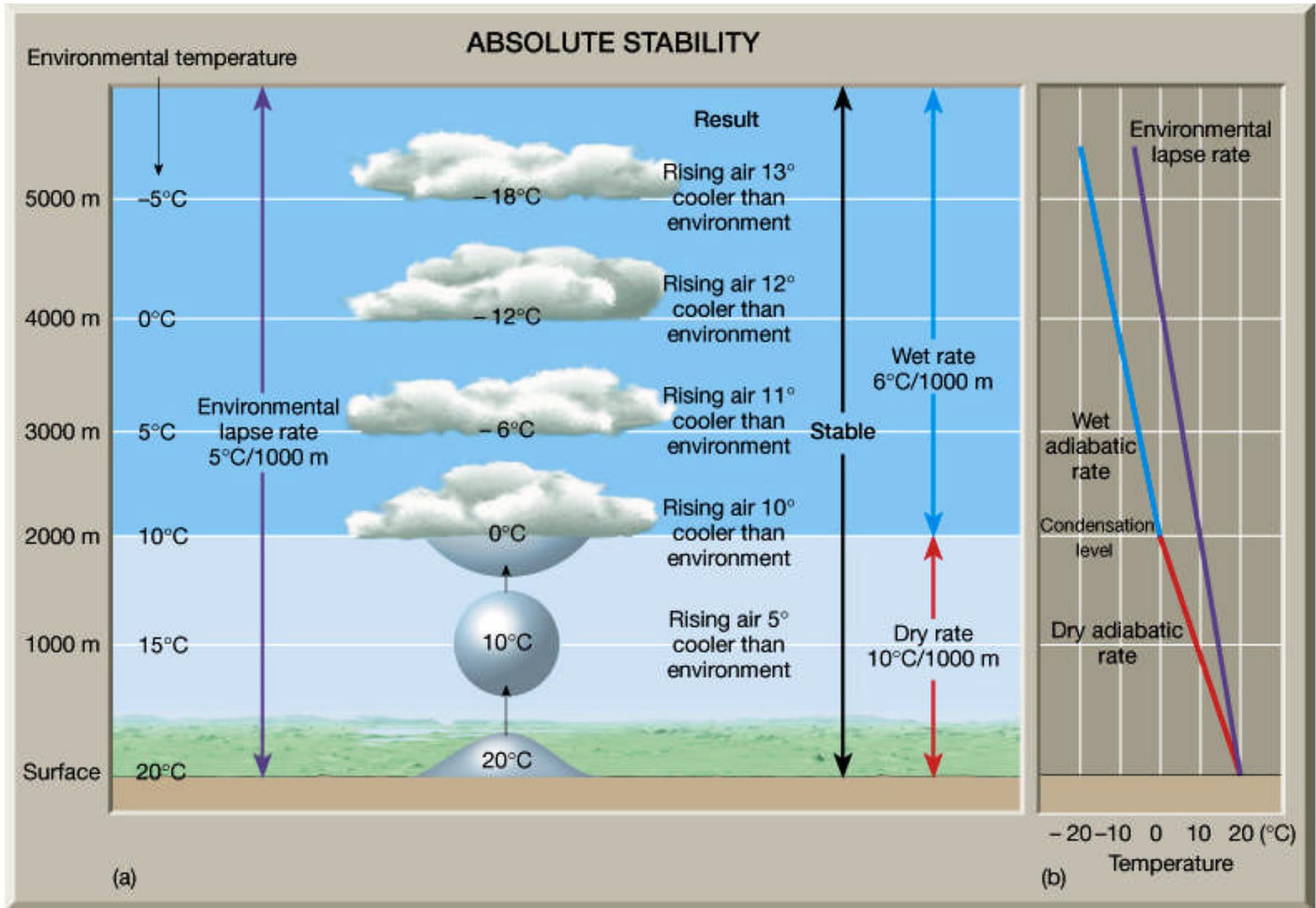


$$T_B = T_E$$

poussée = poids

Le ballon demeure
sur place

La stabilité absolue



L'instabilité conditionnelle

