



Laurence PICON
Imma BASTIDA

Courtesy of NASA

Étude de la structure de la colonne atmosphérique

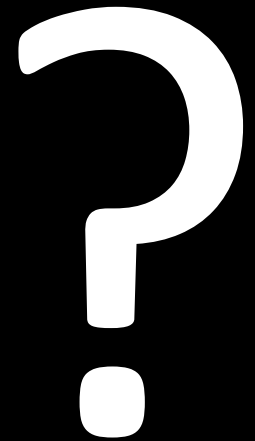
Processus

Courtesy of NASA

L'étude de l'atmosphère



Comment peut-on prendre des mesures de la colonne atmosphérique ?



???



Comment peut-on prendre des mesures de la colonne atmosphérique ?

Il faut y aller!



L'étude de l'atmosphère



?????



Comment peut-on prendre des mesures de la colonne atmosphérique ?

Il faut y aller!



L'étude de l'atmosphère

?????



Comment peut-on prendre des mesures de la colonne atmosphérique ?

Il faut y aller!

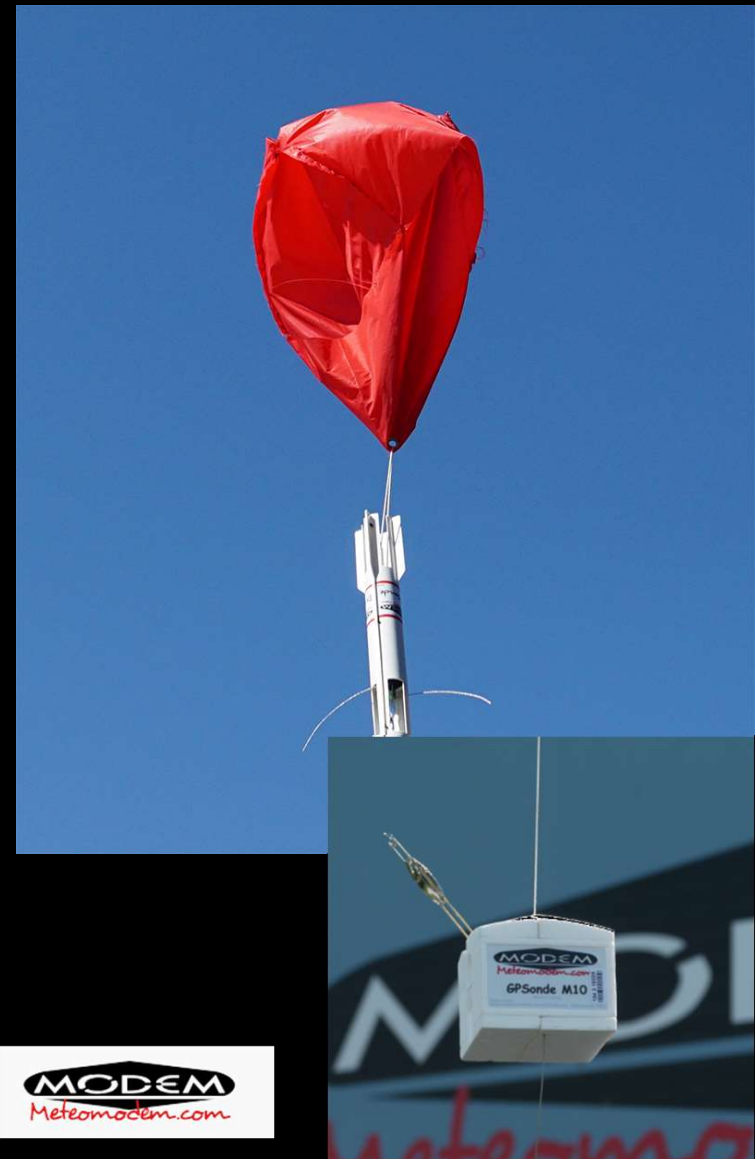


L'étude de l'atmosphère : la radiosonde



Pour identifier la structure de l'atmosphère, on fait des **radiosondages** qui nous donnent le profil de certaines variables (comme la température).

Les radiosondages aident les prévisionnistes lors de déterminer la stabilité, le cisaillement vertical du vent, le mauvais / beau temps, et le potentiel orageux.



L'étude de l'atmosphère : la radiosonde

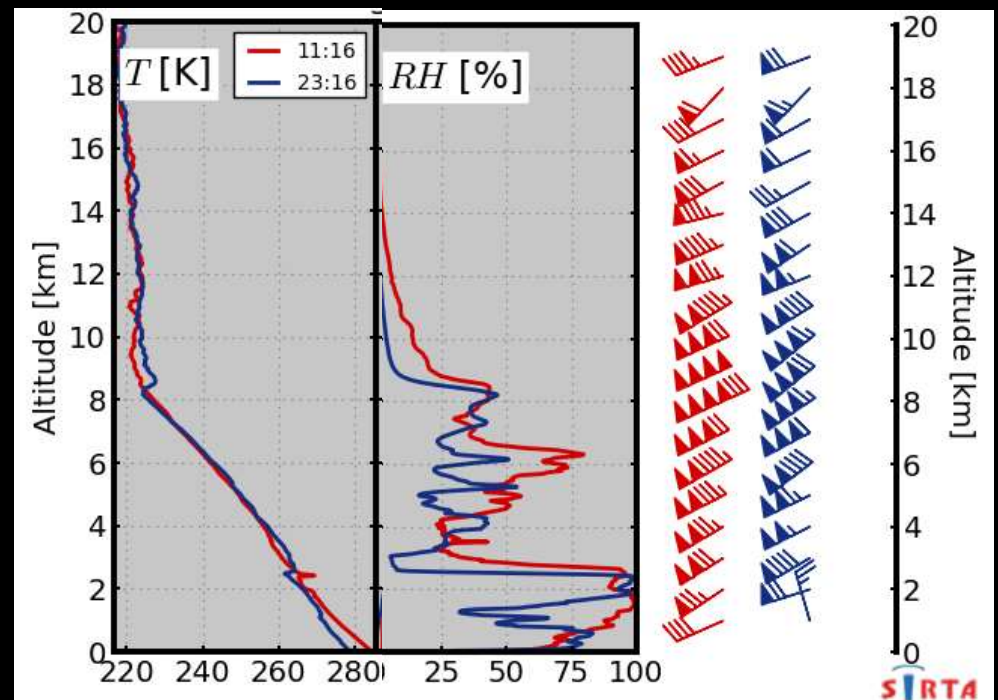
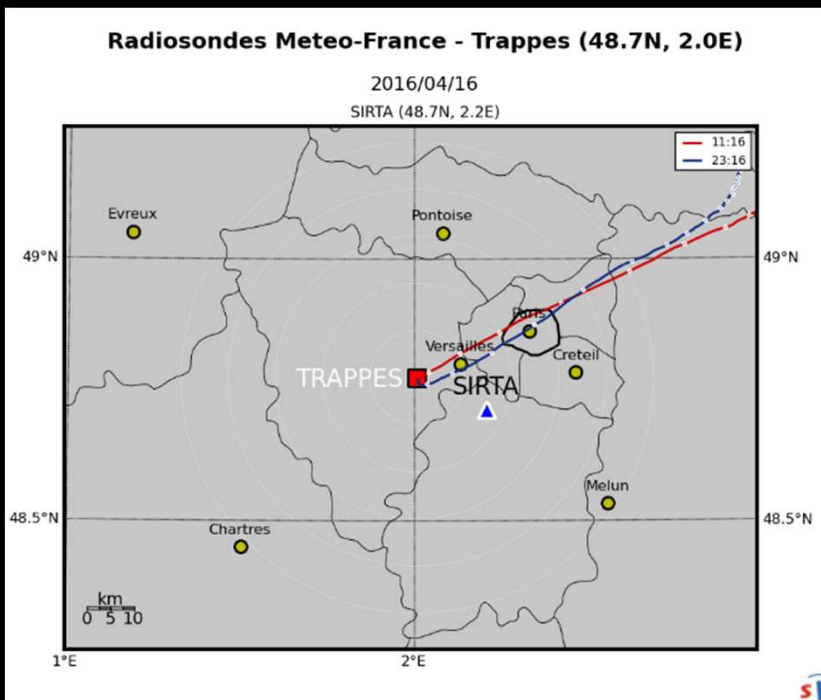
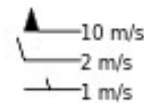


Exemple de visualisation des mesures d'un radiosondage:

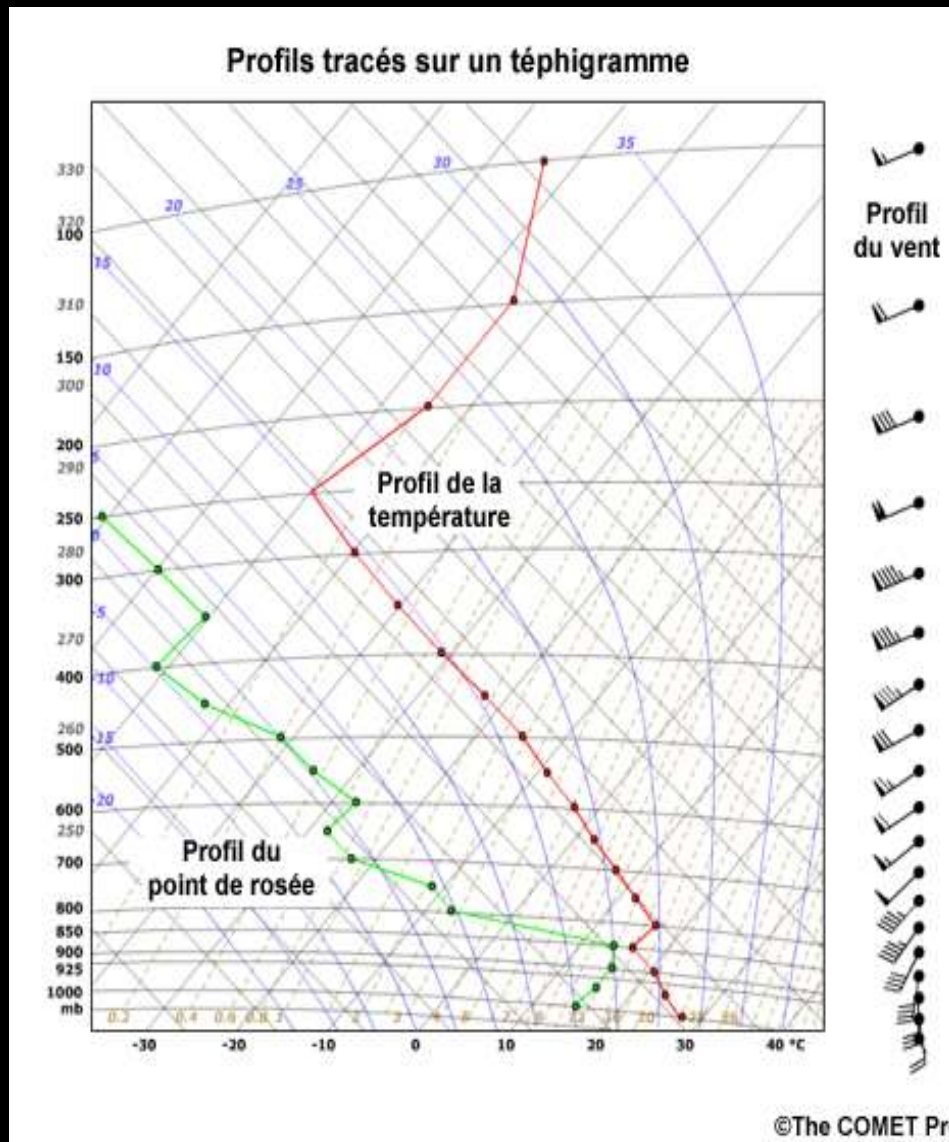
Quicklooks SIRTA

Radiosondes Meteo-France - Trappes (48.7N, 2.0E)

2016/04/16
SIRTA (48.7N, 2.2E)



L'étude de l'atmosphère : la radiosonde



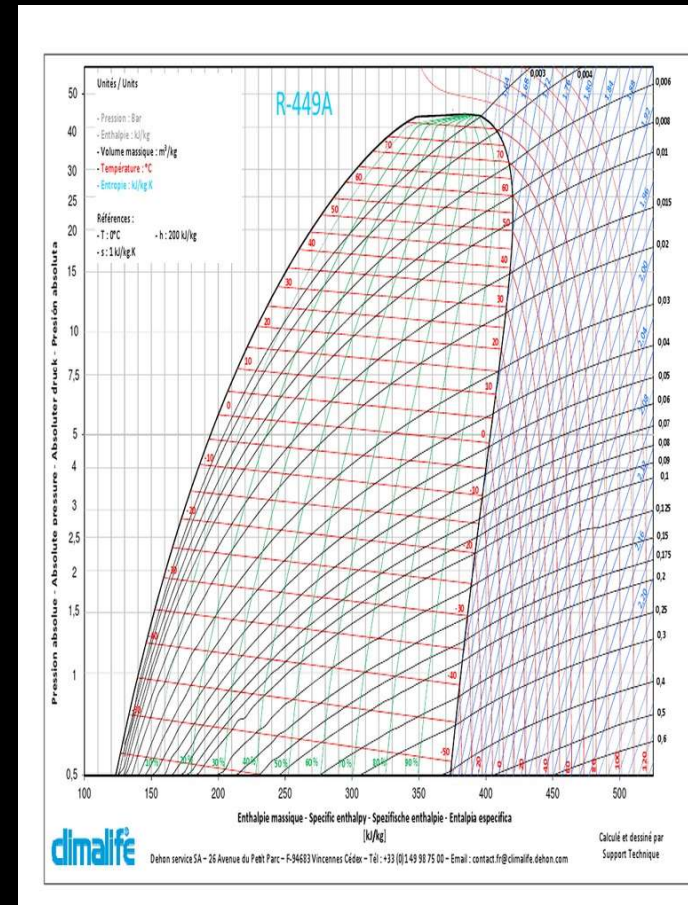
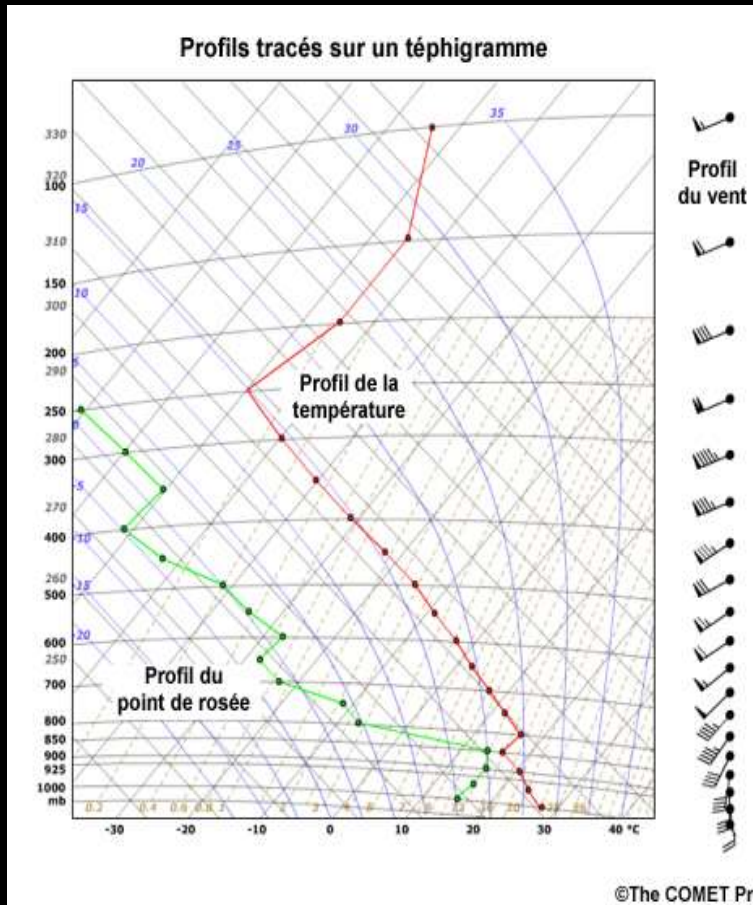
Pour analyser les données d'un radiosondage, il est très utile d'utiliser un diagramme, connu comme **téphigramme**.

Le diagramme « SkewT – log P » est utilisé pour tracer les profils verticaux de température, de température du point de rosée et la force du vent. Il y a des différents types selon la forme des lignes.

L'étude de l'atmosphère : la radiosonde



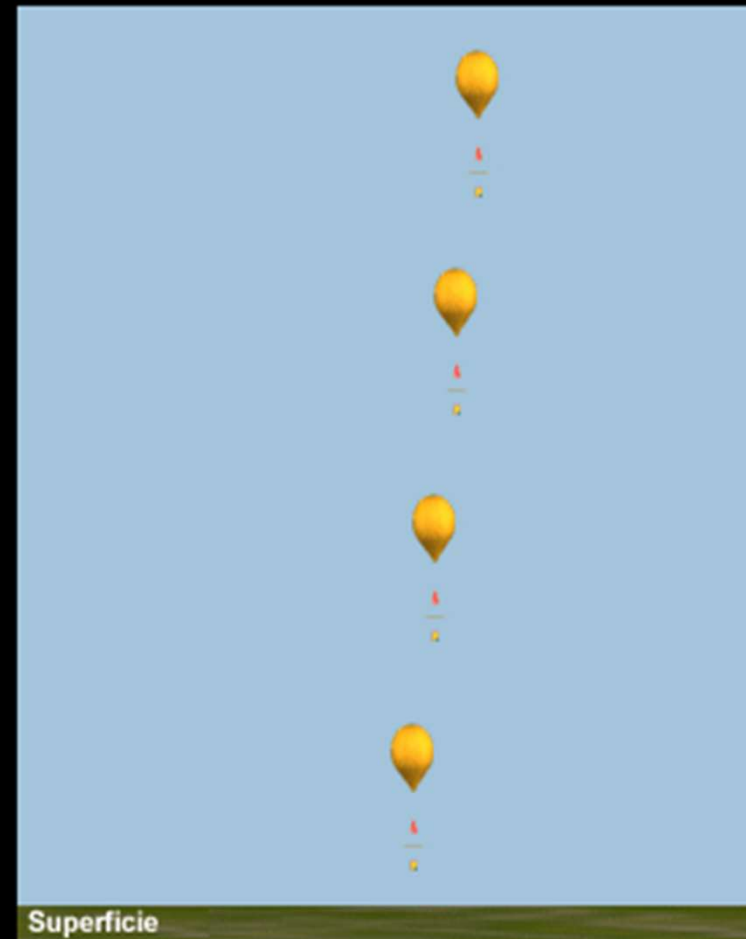
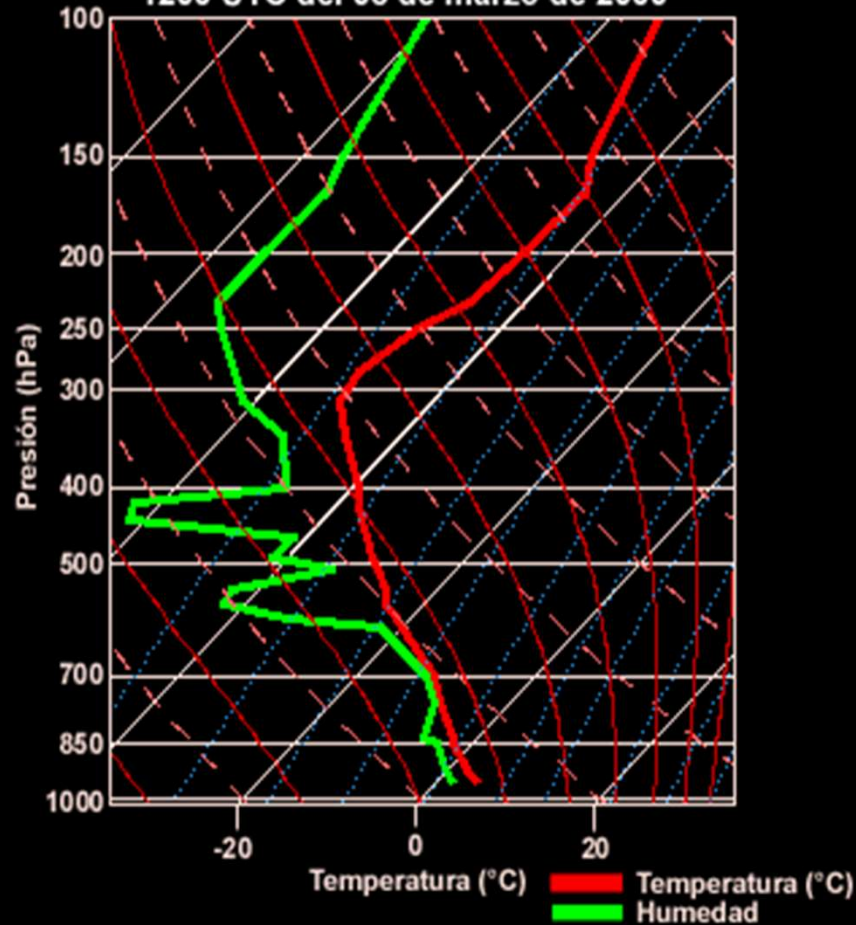
Il s'agit d'un diagramme thermique comme les utiliser pour les moteurs thermiques, adapté pour l'atmosphère!



b

Radiosondeo

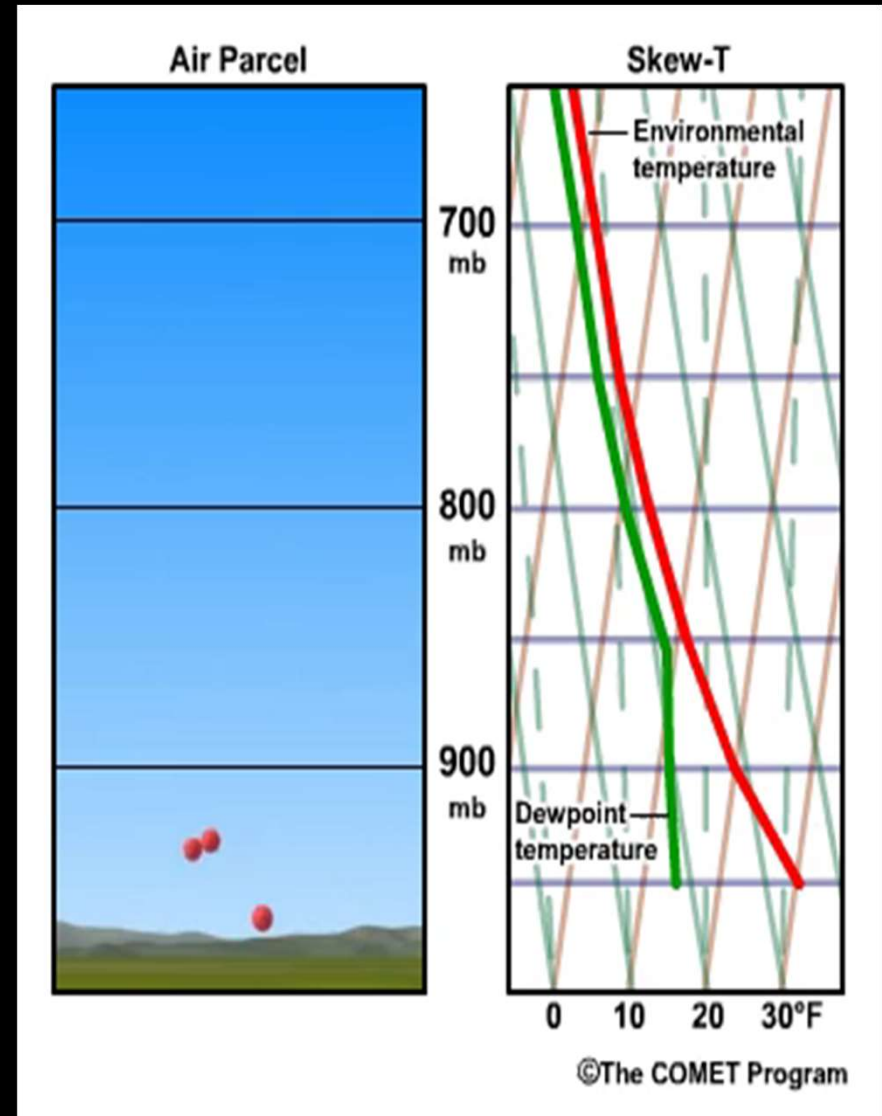
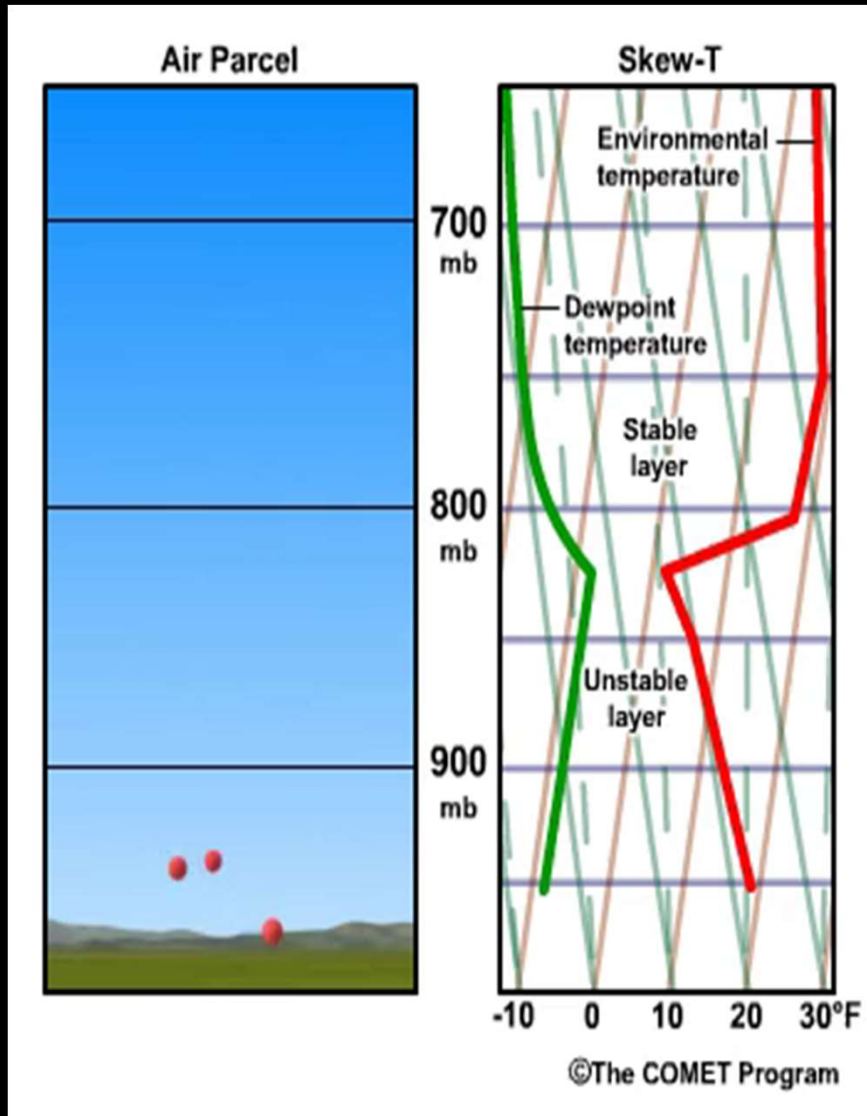
Observación de radiosonda para
Medford (MRF), Oregón, EE.UU.
1200 UTC del 08 de marzo de 2000



©The COMET Program

Le diagramme « SkewT – log P » est utilisé pour tracer les profils verticaux de température, de température du point de rosée et la force du vent. Il y a des différents types selon la forme des lignes.

L'étude de l'atmosphère : la radiosonde



L'étude de l'atmosphère : la radiosonde



??



Qu'est-ce que c'est la
température du point de rosée?



Qu'est-ce que veut dire « saturée »?

L'étude de l'atmosphère : la radiosonde



?? Qu'est-ce que c'est la
température du point de rosée?



Le **température du point de rosée** (T_d) correspond à la température à laquelle une particule d'air à une pression constante devient saturée sans ajout de vapeur d'eau.

L'étude de l'atmosphère : point de rosée



Qu'est-ce que c'est la
température du point de rosée?



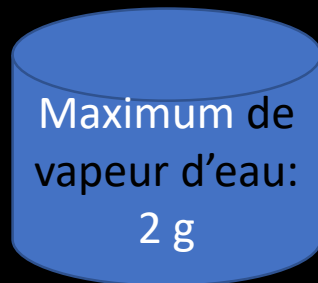
Le **température du point de rosée** (T_d) correspond à la température à laquelle une particule d'air à une pression constante devient saturée sans ajout de vapeur d'eau.

Qu'est-ce que veut dire « saturée »?

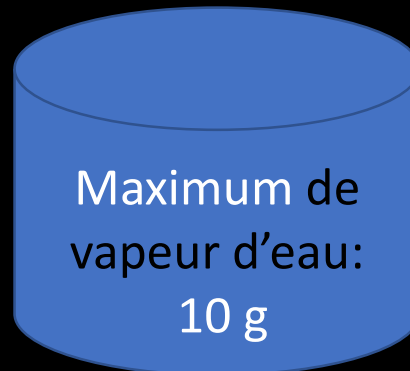
L'étude de l'atmosphère : la radiosonde



La quantité de vapeur d'eau qui peut être contenue dans une parcelle d'air « sec » à une température (T) et pression (P) est limitée.



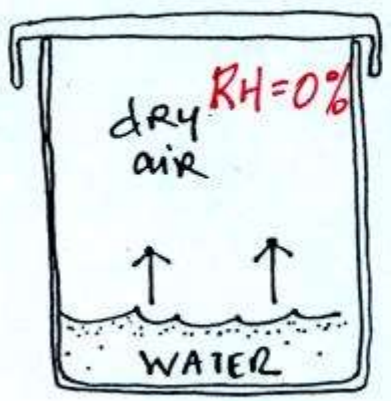
1 kg d'air sec
à $T=-11^{\circ}\text{C}$ et $P=1000$ hPa



1 kg d'air sec
à $T=14^{\circ}\text{C}$ et $P=1000$ hPa

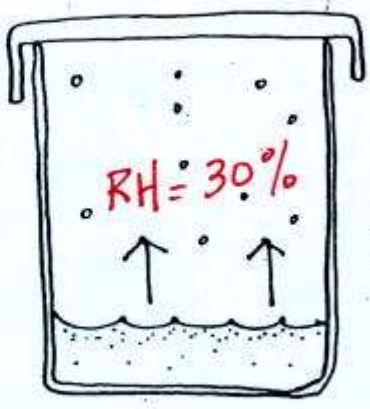
Le **rapport de mélange de saturation**, r_s , correspond à la masse en grammes d'eau par kilogramme d'air nécessaire pour saturer une masse d'air à T et P (unité: en g/Kg)

#1 Cover the glass



evaporation depends on water temp, not on amount of water vapor in the air.

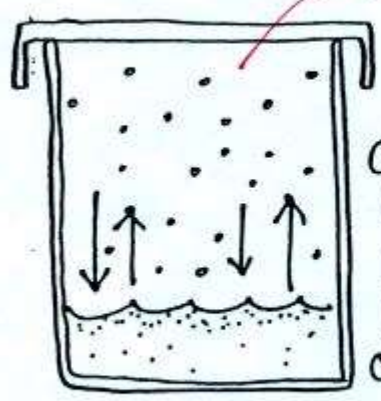
#2



Some of the water vapor will condense



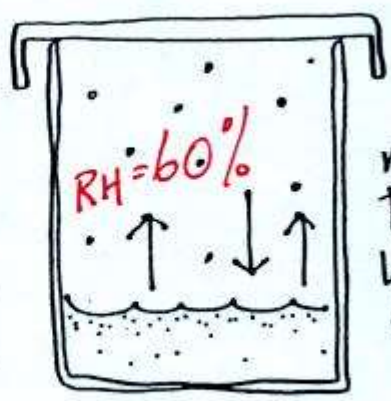
#4



Condensation = evaporation. Equilibrium. Water vapor concentration won't change.

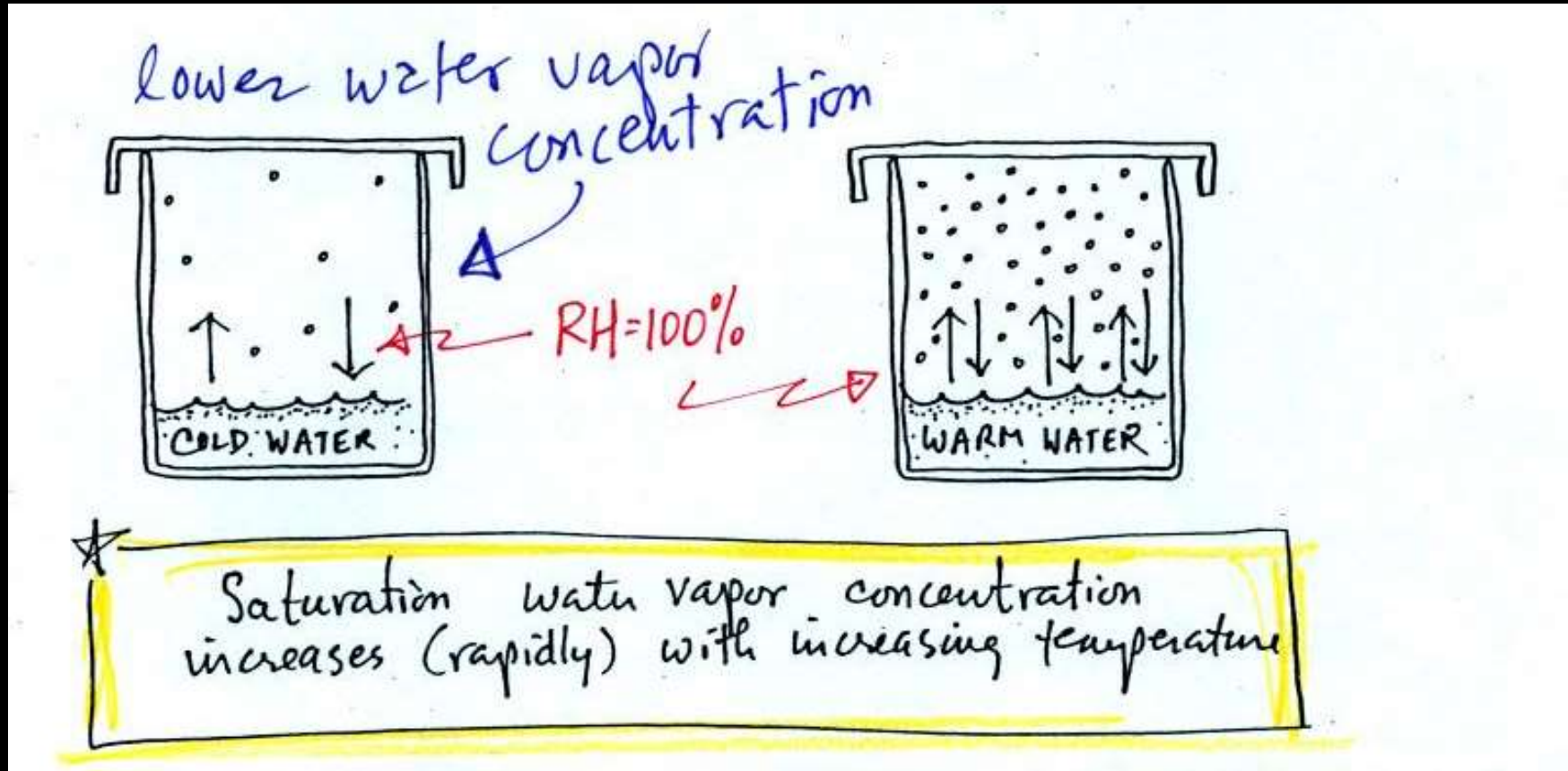
AIR IS SATURATED

#3

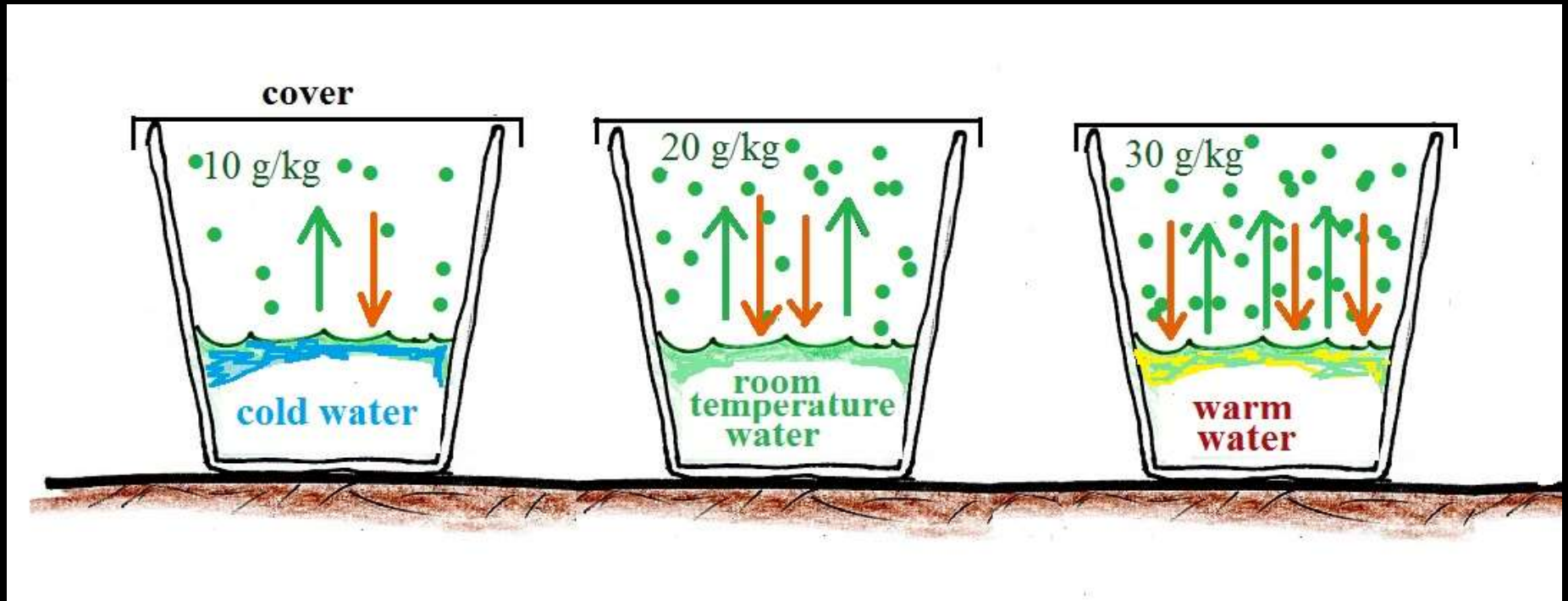


more evaporation than condensation. Water vapor concentration increases.

L'étude de l'atmosphère : point de rosée

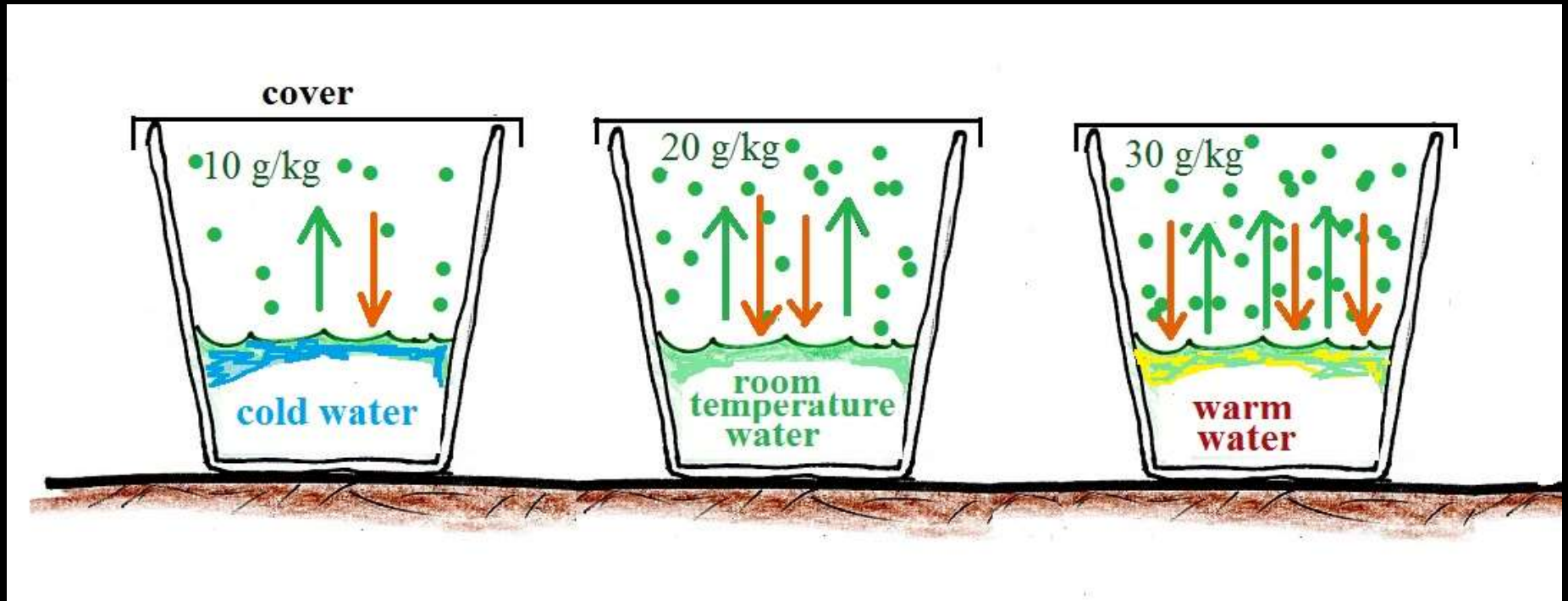


L'étude de l'atmosphère : point de rosée



[http://www.atmo.arizona.edu/students/courselinks/spring08/atmo336s1/courses/spring18/atmo170a1s1/lecture notes/humidity/saturation figs/saturation.html](http://www.atmo.arizona.edu/students/courselinks/spring08/atmo336s1/courses/spring18/atmo170a1s1/lecture%20notes/humidity/saturation%20figs/saturation.html)

L'étude de l'atmosphère : point de rosée



[http://www.atmo.arizona.edu/students/courselinks/spring08/atmo336s1/courses/spring18/atmo170a1s1/lecture notes/humidity/saturation figs/saturation.html](http://www.atmo.arizona.edu/students/courselinks/spring08/atmo336s1/courses/spring18/atmo170a1s1/lecture%20notes/humidity/saturation%20figs/saturation.html)

L'étude de l'atmosphère : point de rosée



Qu'est-ce qui arrive si on ajoutais plus de vapeur d'eau a une masse d'air déjà saturée?

L'étude de l'atmosphère : point de rosée



Qu'est-ce qui arrive si on ajoutais plus de vapeur d'eau a une masse d'air déjà saturée?



Le vapeur d'eau excédentaire condense → gouttes d'eau

L'étude de l'atmosphère : point de rosée

La température du point de rosée?

Si $T_d \ll T$

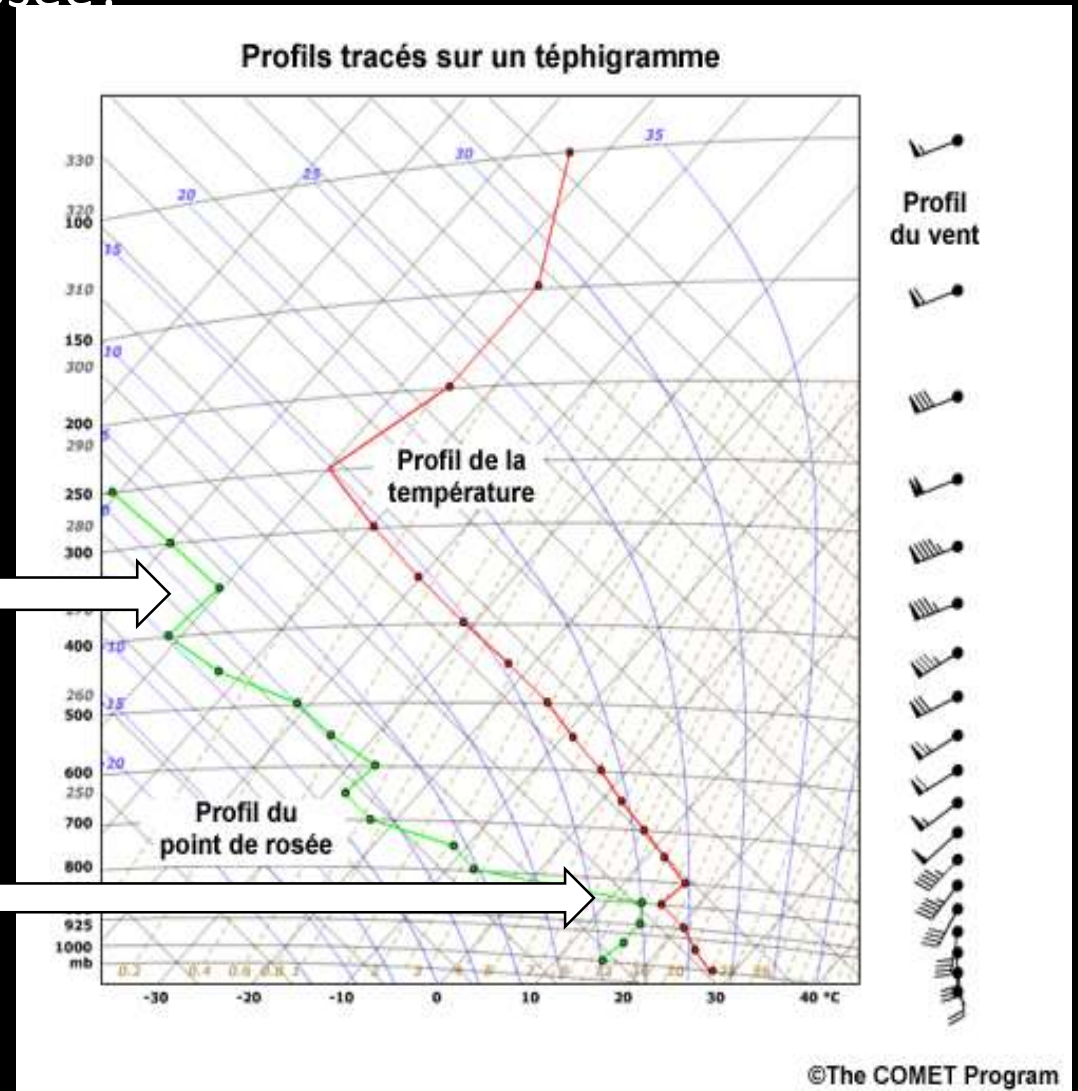
Basse humidité relative

Si $T_d \cong T$

=> air saturé

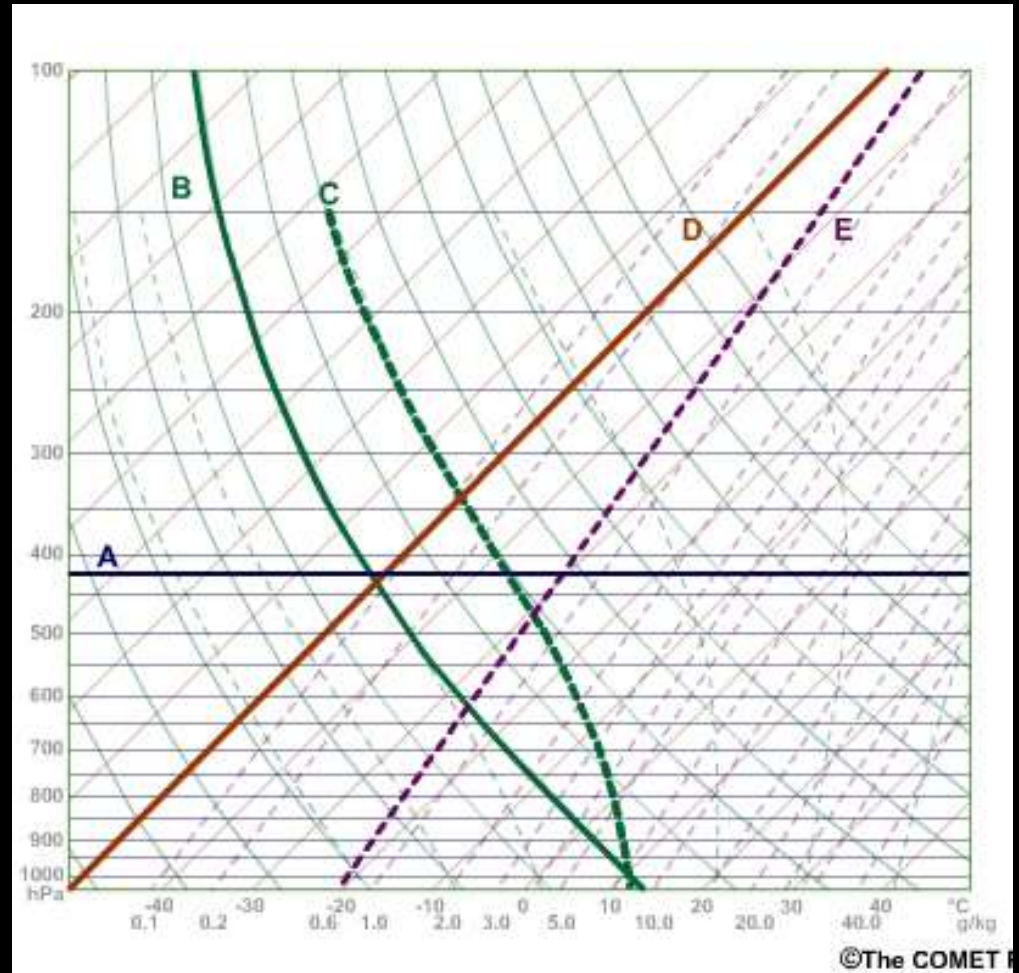
=> Humidité relative = 100%

=> **Nuage !**



L'étude de l'atmosphère : téphigramme

- 5 types des lignes:
 - A) Isobares
 - B) Adiabatiques sèches
 - C) Pseudo-adiabatiques o adiabatiques saturées
 - D) Isothermes
 - E) Lignes de rapport de mélange de saturation

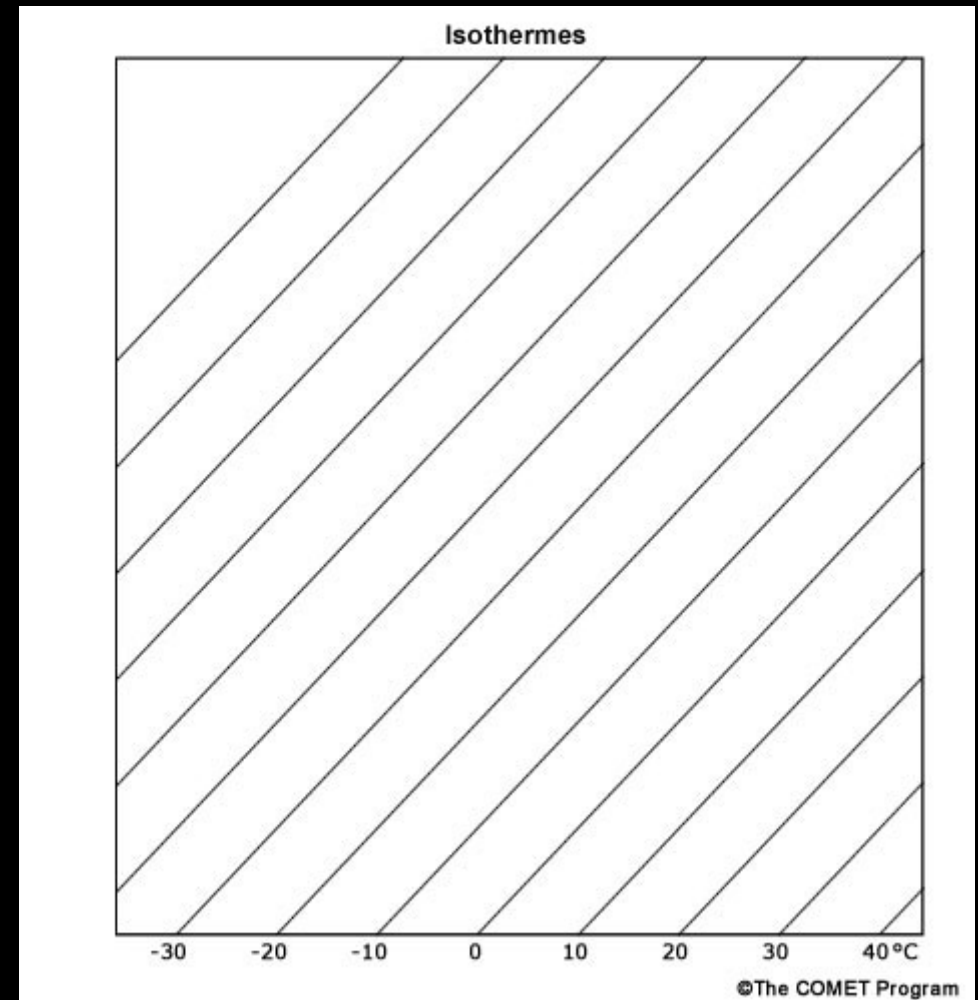
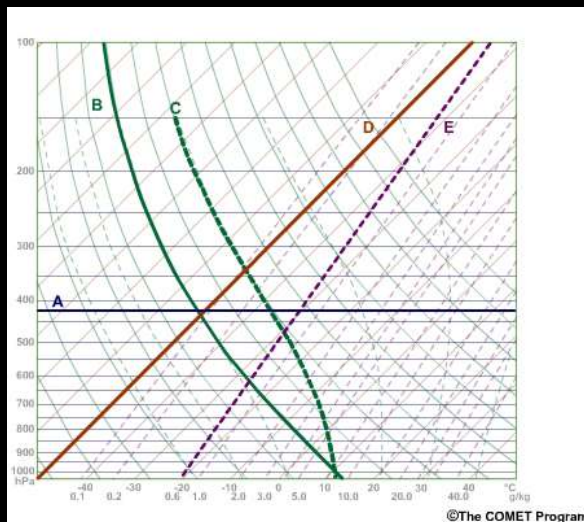


L'étude de l'atmosphère : téphigramme

B) Isothermes :

Lignes de température constante.

Sur le téphigramme, les isothermes sont représentés par des droites obliques tracées du « coin » inférieur gauche vers le « coin » supérieur droit.



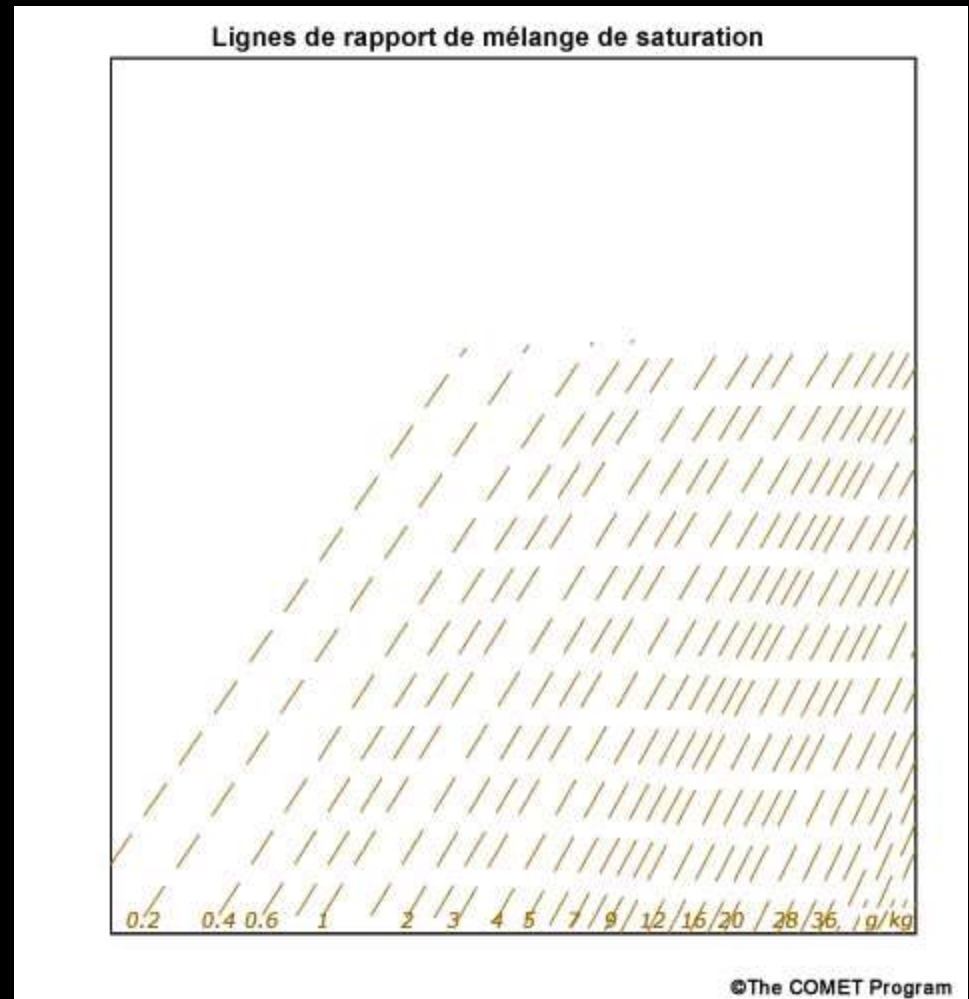
L'étude de l'atmosphère : téphigramme



E) Rapport de mélange de saturation :

Le rapport de mélange de saturation est le **nombre de grammes d'eau requis pour saturer un kilogramme d'air sec** à une température et une pression.

Sur le téphigramme, les lignes de rapport de mélange de saturation (r_s) sont représentées par des droites obliques du « coin » inférieur gauche vers le « coin » supérieur droit.



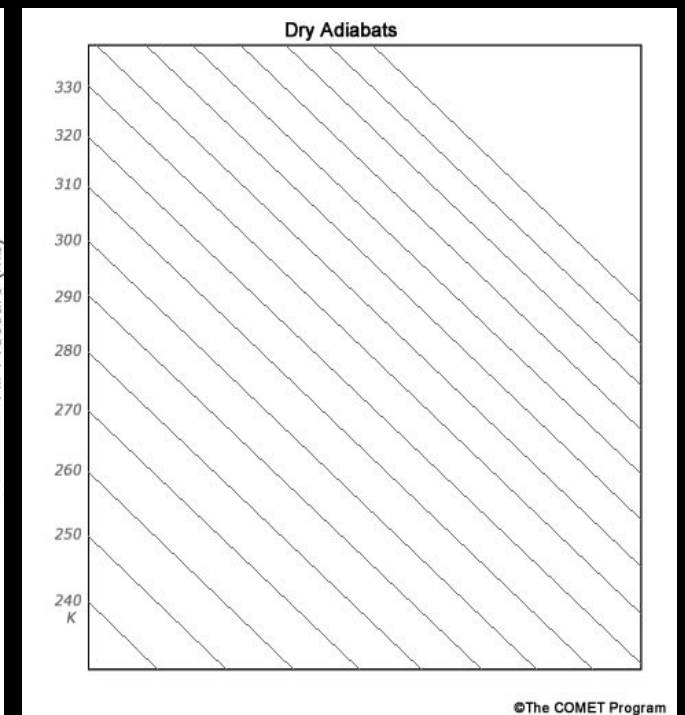
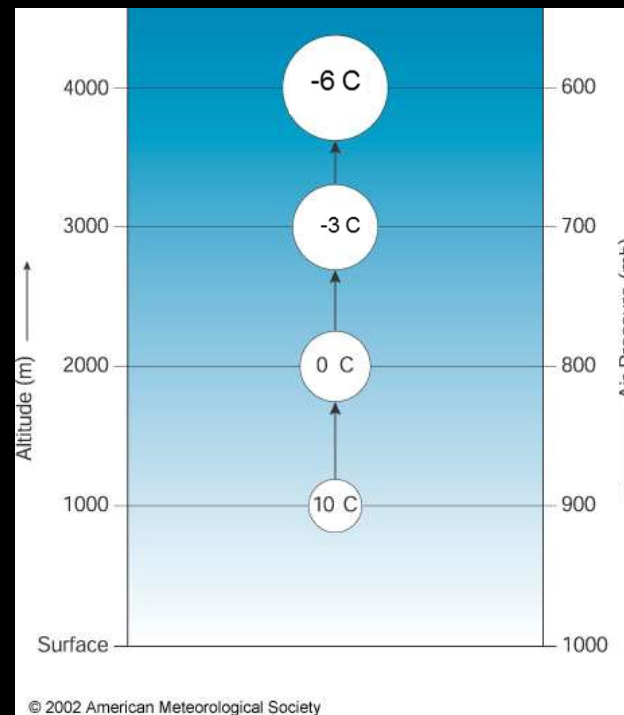
Pour une masse d'air à un certain niveau (T, P), cette ligne indique le rapport de mélange nécessaire pour atteindre la saturation, $r_s(T)$.

L'étude de l'atmosphère : téphigramme

L'ascension d'une bulle d'air dans la colonne atmosphérique se fait sans échanger de chaleur avec son entourage: un processus adiabatique

Cela veut dire, elle se refroidit et en même temps, elle se dilate.

**Adiabatique sèche:
10°C/km
(bulle non saturée)**

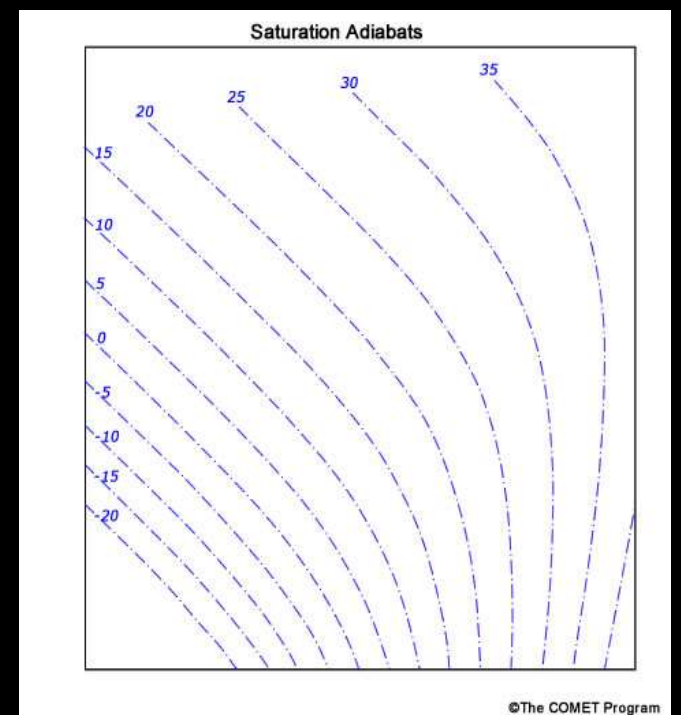
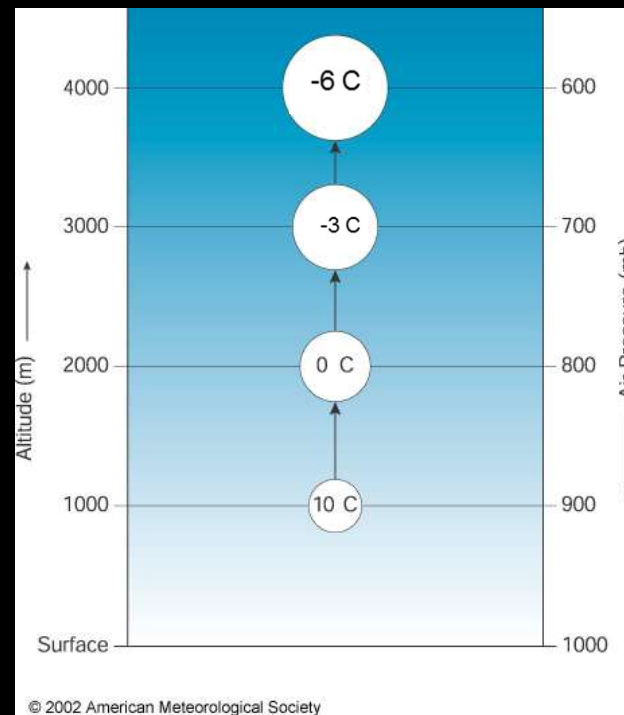


L'étude de l'atmosphère : téphigramme

L'ascension d'une bulle d'air dans la colonne atmosphérique se fait sans échanger de chaleur avec son entourage: un processus adiabatique

Cela veut dire, elle se refroidit et en même temps, elle se dilate.

**Adiabatique sèche:
10°C/km
(bulle non saturée)**



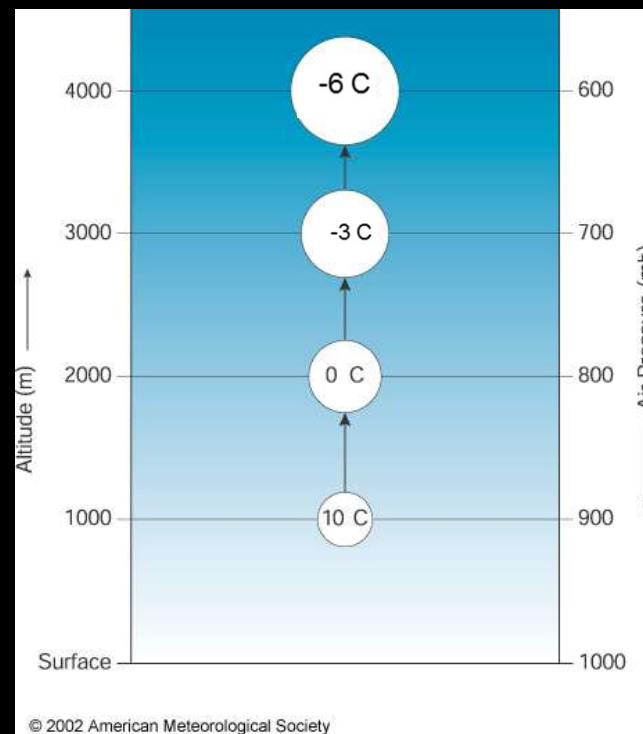
L'étude de l'atmosphère : téphigramme

Si l'air est saturée, le refroidissement est presque adiabatique → **pseudo-adiabatique**

Taux de refroidissement:

Pseudo-adiabatique:
 $3^{\circ}\text{C}/\text{km}$
(bulle saturée)

Adiabatique sèche:
 $10^{\circ}\text{C}/\text{km}$
(bulle non saturée)

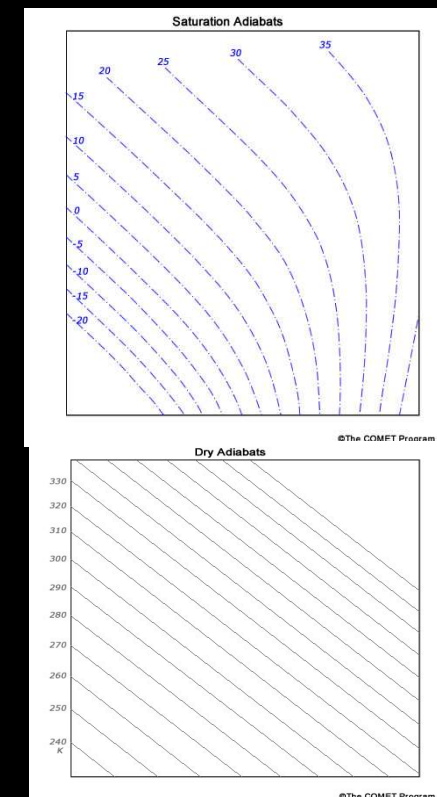
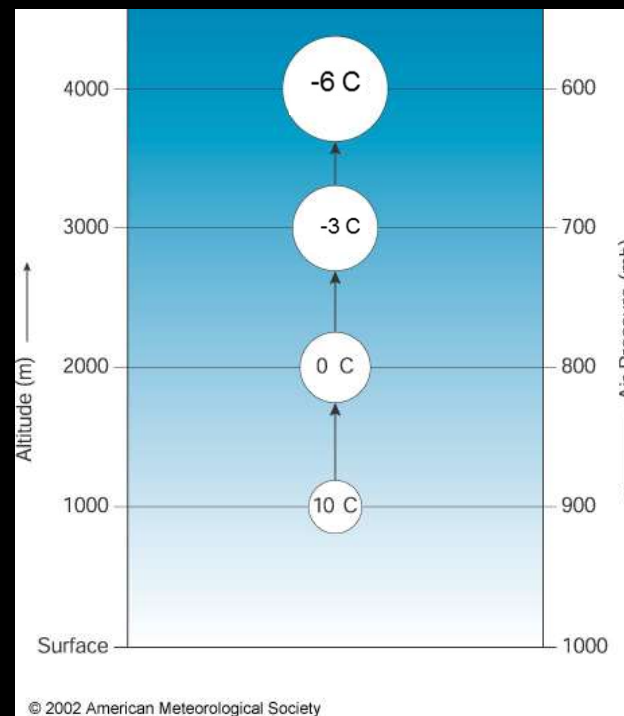


L'étude de l'atmosphère : téphigramme

Taux de refroidissement:

Pseudo-adiabatique:
 $3^{\circ}\text{C}/\text{km}$
(bulle saturée)

Adiabatique sèche:
 $10^{\circ}\text{C}/\text{km}$
(bulle non saturée)

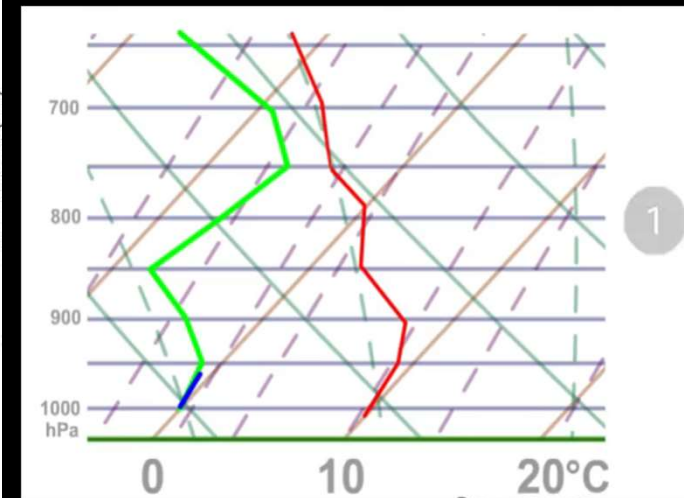
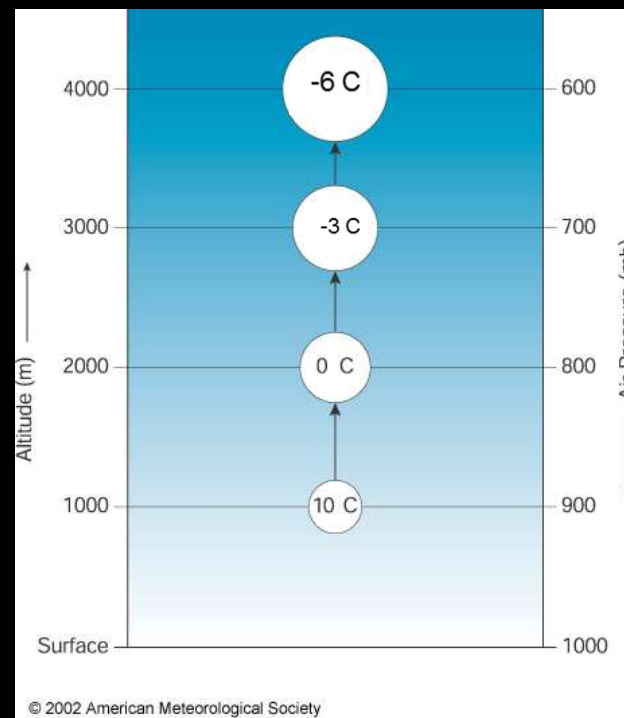


L'étude de l'atmosphère : téphigramme

Taux de refroidissement:

Pseudo-adiabatique:
3°C/km
(bulle saturée)

Adiabatique sèche:
10°C/km
(bulle non saturée)



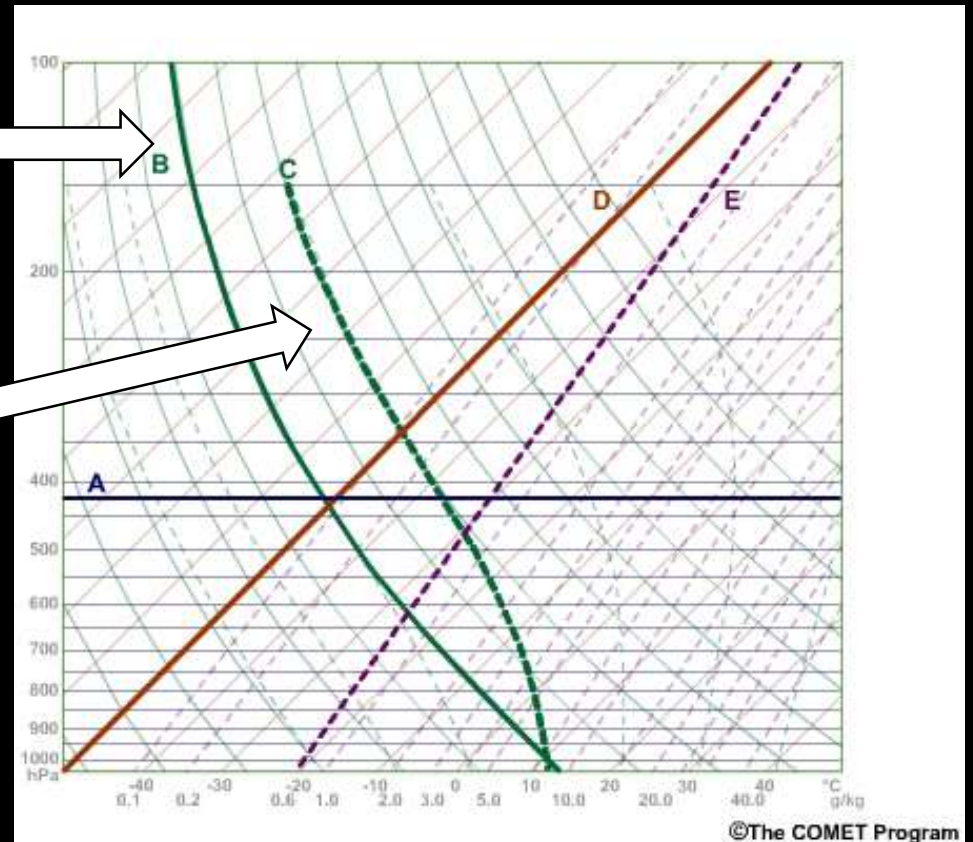
L'étude de l'atmosphère : téphigramme

* B) Adiabatiques sèches :

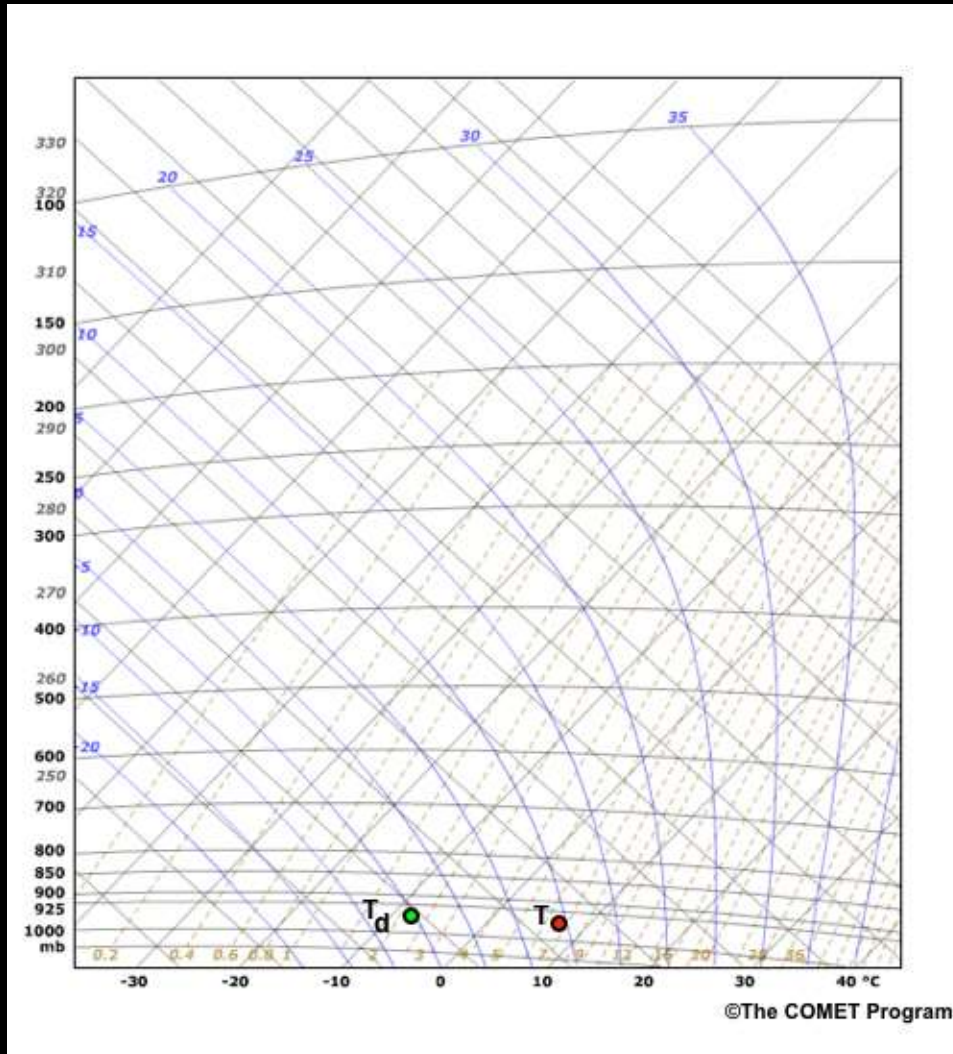
Les adiabatiques sèches sont des courbes partant des abscisses vers le « coin » supérieur gauche.

* C) Pseudo-adiabatiques :

Les pseudo-adiabatiques sont des courbes en pointillés partant des abscisses vers le « coin » supérieur gauche.



L'étude de l'atmosphère : téphigramme



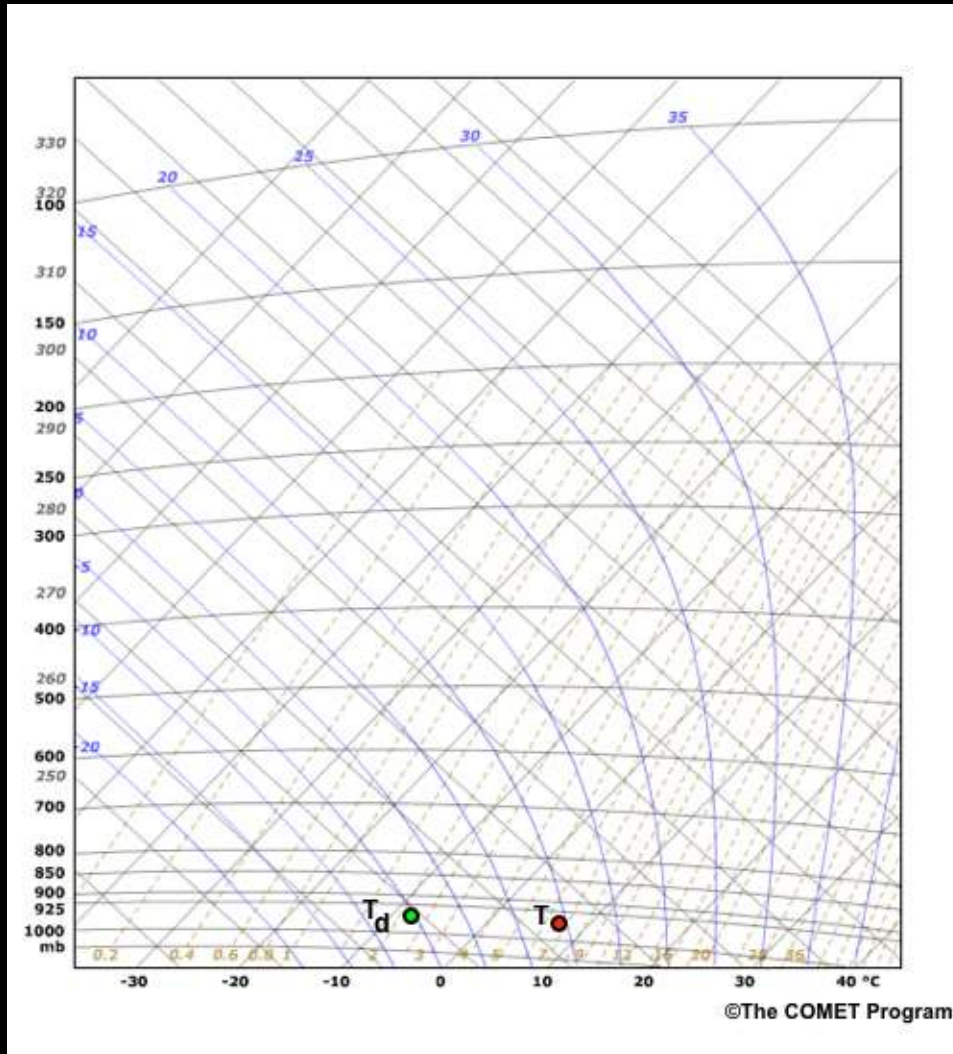
Identifier les valeurs au niveau présenté, de :

Pression

T

T_d

L'étude de l'atmosphère : téphigramme



Identifier les valeurs au niveau
présenté, de :

- Pression ➤ 950 hPa
- T ➤ 7 °C
- T_d ➤ -8 °C

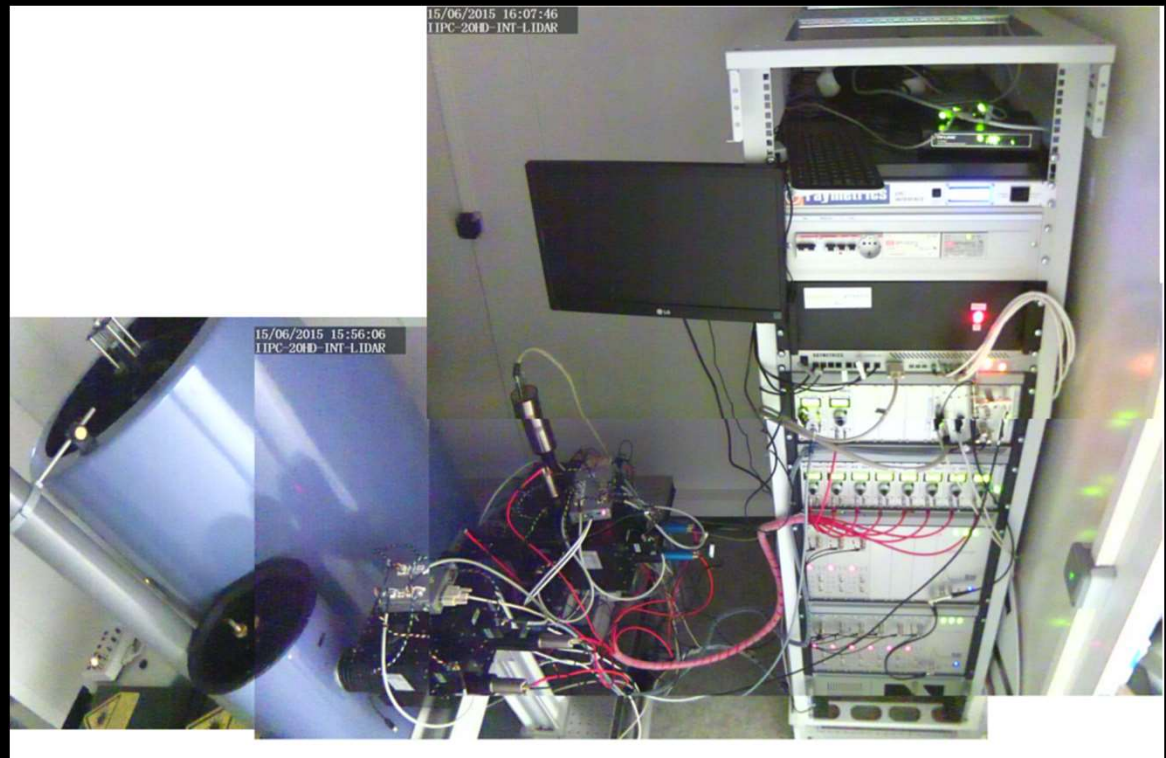
L'étude de l'atmosphère : Le LIDAR



Le LIDAR (Light Detecting And Ranging)

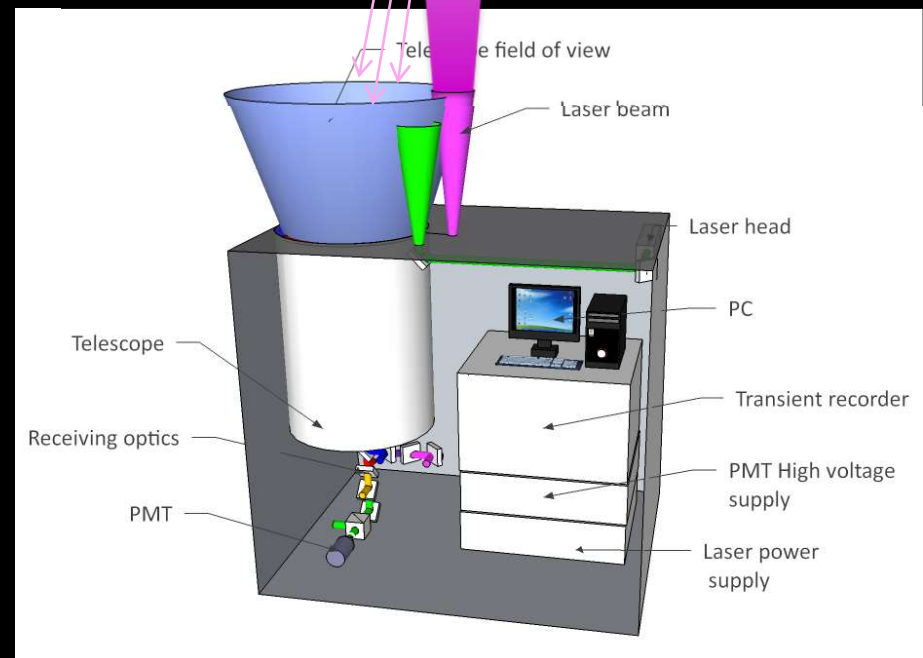
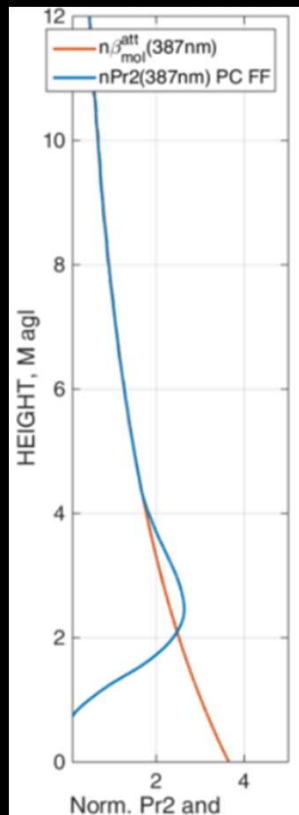
Les bases de fonctionnement d'un LIDAR sont les mêmes que celles des RADAR (Radio DAR), ou le SODAR (Sound DAR). C'est la longueur d'onde qui change ...

Le lidar est utilisé pour étudier les aérosols atmosphériques et les nuages.



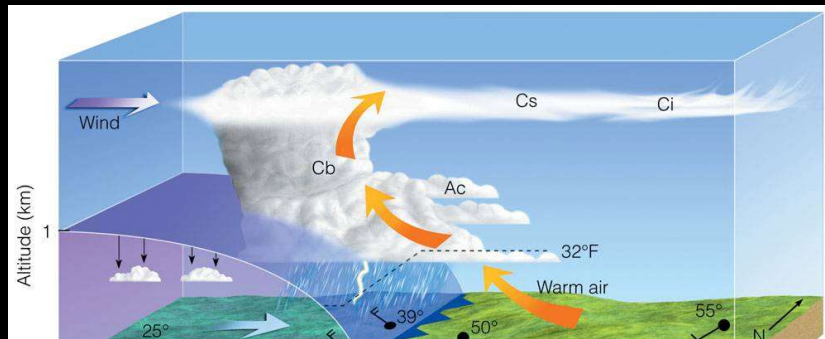
L'étude de l'atmosphère : Le LIDAR

- 1) Un faisceau de lumière laser est émis vers l'atmosphère
- 2) La lumière rétrodiffusée par des cibles (aérosols ...) est collectée par un télescope
- 3) Le signal lumineux est converti en signal électrique et enregistré

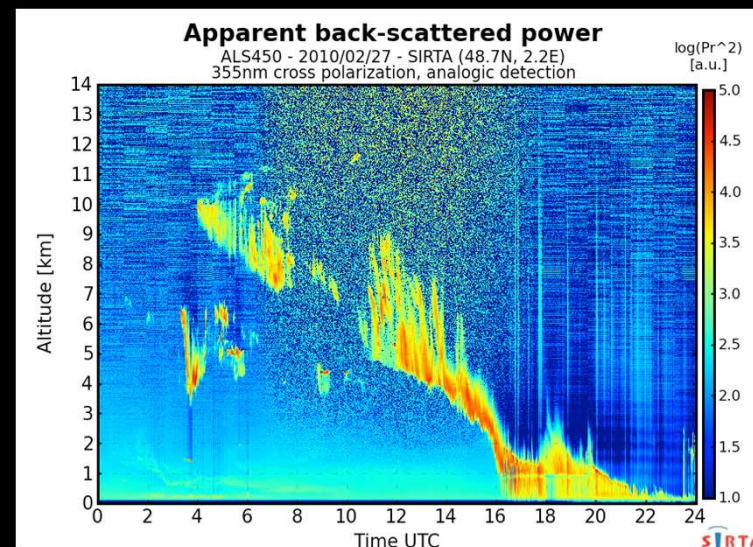


L'étude de l'atmosphère : Le LIDAR

Tempête en mouvement



fixé



Introduction au téphigramme : Exercice 0



Objectif:

- Identifier les lignes d'un téphigramme, la température mesurée et la température du point de rosée mesurée.

Outils: radiosondage du 15/03/2016

Conceptes:

- Isobares
- Adiabatiques sèches
- Pseudo-adiabatiques o adiabatiques saturées
- Isothermes
- Rapport de mélange de saturation

Exercice 0:

Température du point de rosée mesurée

Température mesurée

Isothermes

Isobare

Emagramme/Skew_t



Date: 15/03/16 09:38

Station : SIRTA

Eclatement : 26192m (18.6hPa)

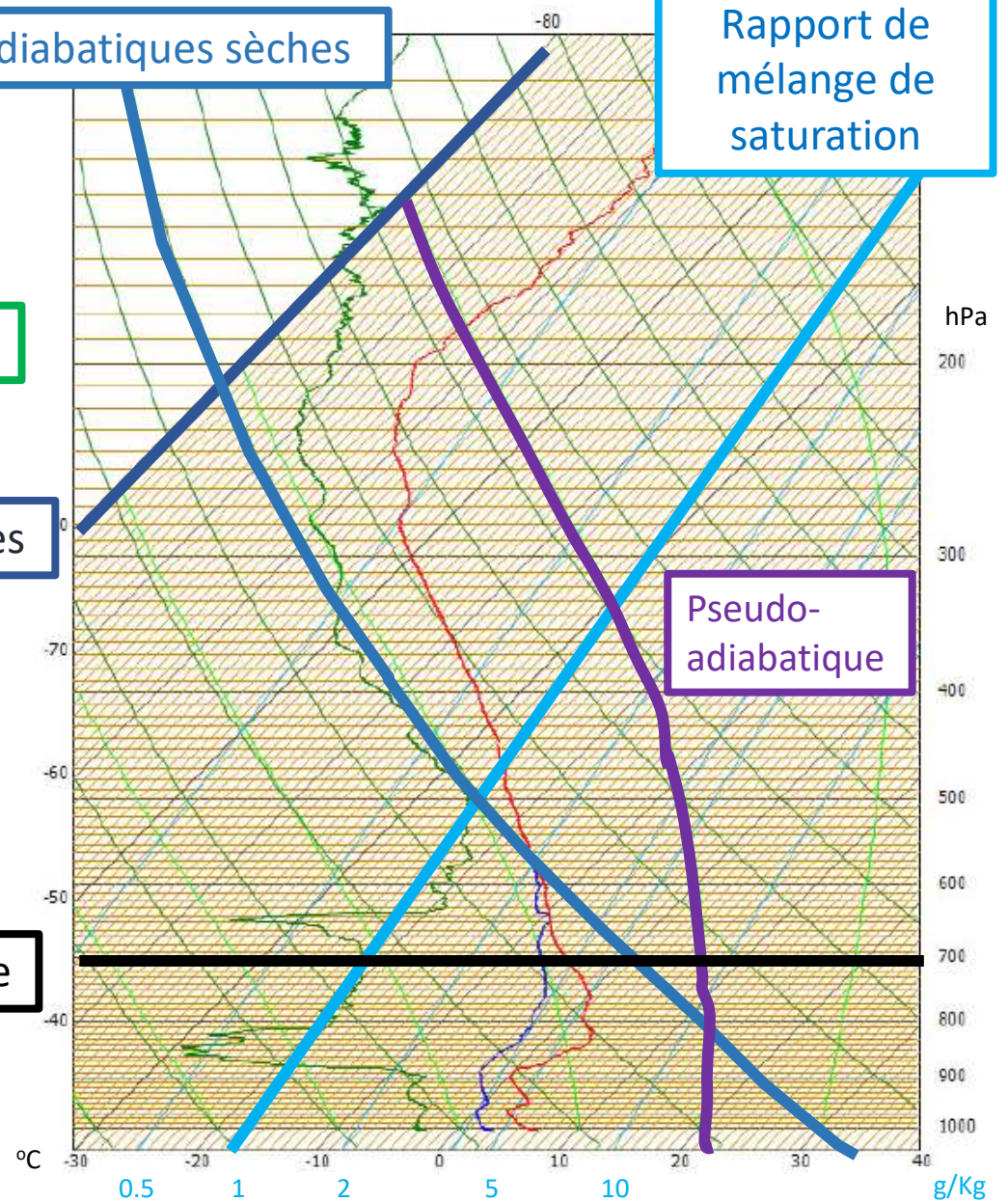
Vz G->300 : 5.1m/s

Vz 300->100 : 4.9m/s

Adiabatiques sèches

Rapport de mélange de saturation

Pseudo-adiabatique

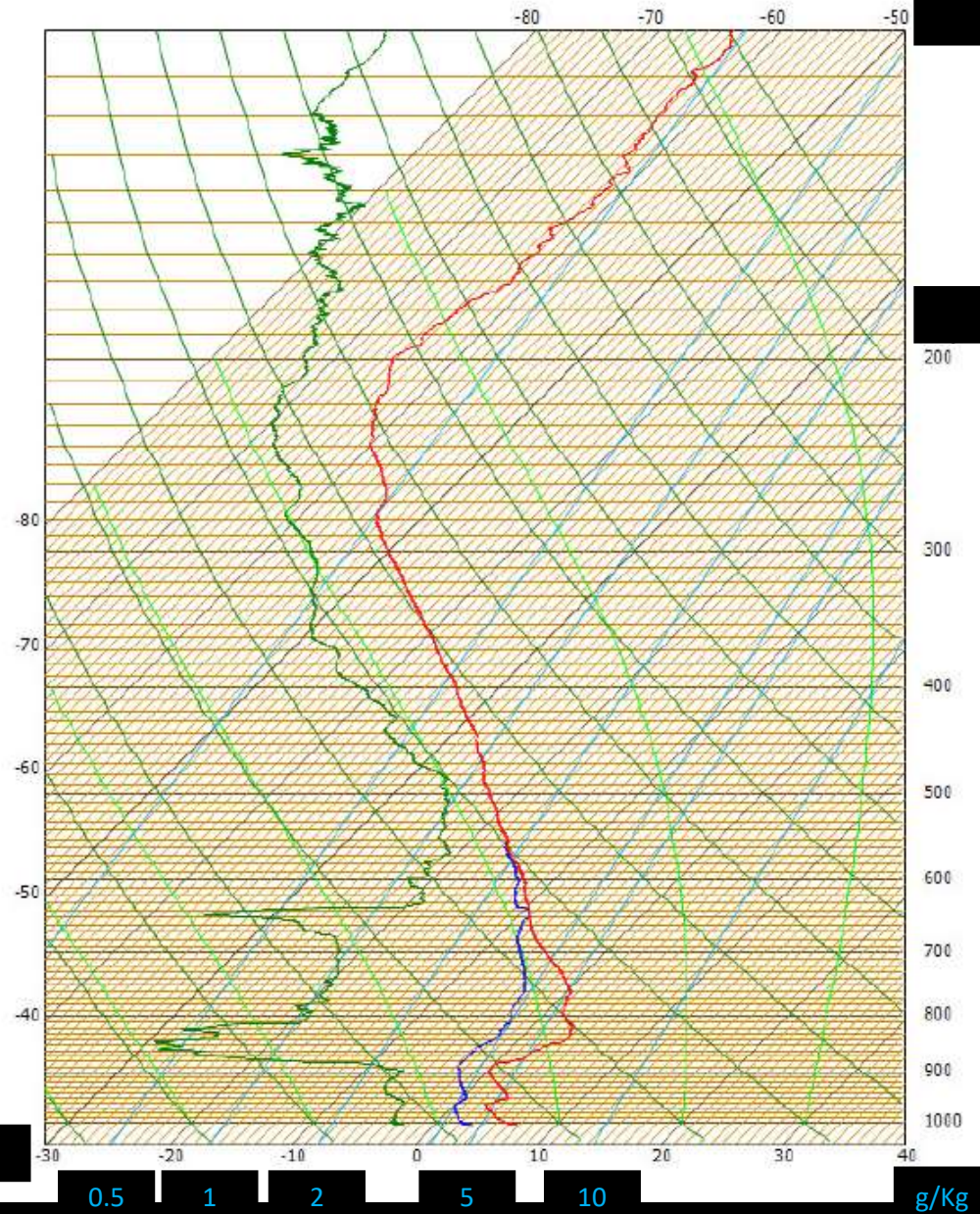


15/03/2016

Emagramme/Skew_t



Date: 15/03/16 09:38 Station : SIRTA
Eclatement : 26192m (18.6hPa)
Vz G->300 : 5.1m/s Vz 300->100 : 4.9m/s



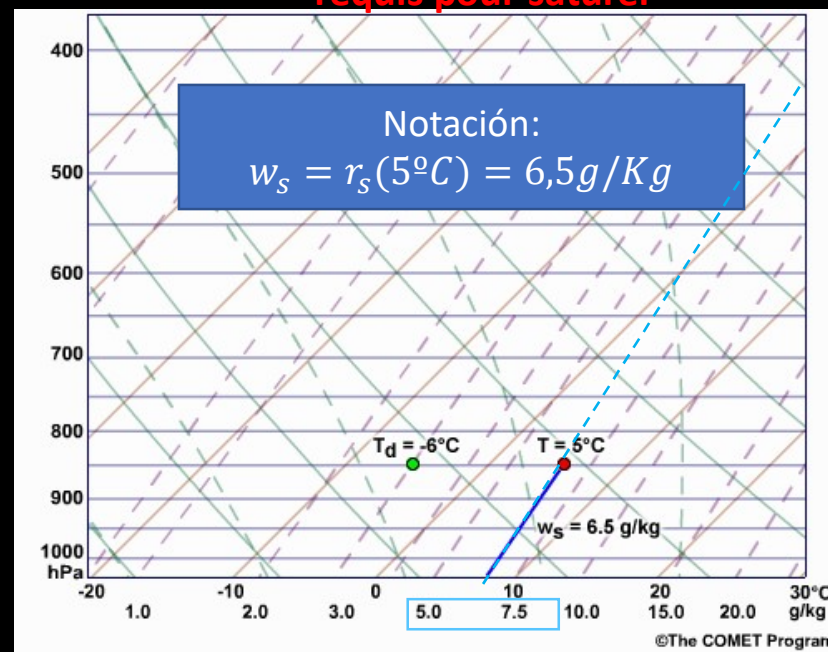
Exemple : Calculer l'humidité relative

La humidité relative est le rapport de la quantité de vapeur d'eau contenue dans l'air sur la quantité de vapeur d'eau maximale possible:

$$U(\%) = 100 \cdot \frac{\text{quantité de vapeur d'eau contenue}}{\text{quantité de vapeur d'eau maximale possible}}$$

$$U(\%) = 100 \cdot \frac{\text{quantité de vapeur d'eau contenue}}{6,5 \text{ g/Kg}}$$

Rapport de mélange de saturation r_s est le nombre de **grammes d'eau requis pour saturer**



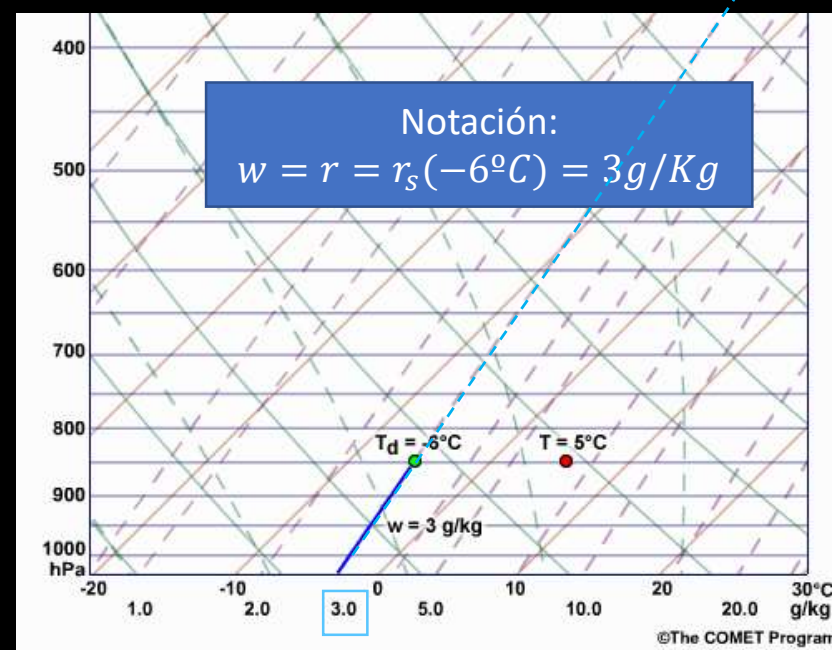
Exemple : Calculer l'humidité relative

La humidité relative est le rapport de la quantité de vapeur d'eau contenue dans l'air sur la quantité de vapeur d'eau maximale possible:

$$U(\%) = 100 \cdot \frac{\text{quantité de vapeur d'eau contenue}}{\text{quantité de vapeur d'eau maximale possible}}$$

$$U(\%) = 100 \cdot \frac{3 \frac{g}{Kg}}{6,5 \frac{g}{Kg}} = \sim 50\%$$

Température du point de rosée (T_d) correspond à la température à laquelle une particule d'air à une pression constante devient saturée sans ajout de vapeur d'eau



Calculer l'humidité relative

L'humidité relative est le rapport de la quantité de vapeur d'eau contenue dans l'air sur la quantité de vapeur d'eau maximale possible:

$$U(\%) = 100 \cdot \frac{\text{quantité de vapeur d'eau contenue}}{\text{quantité de vapeur d'eau maximale possible}}$$

Il faut utiliser le rapport de mélange de saturation, r_s , et les profils de températures T_d et T

Ex: évaluez RH : au sol et à 650 hPa.

Emagramme/Skew_t

MODEM
Meteomodem.com

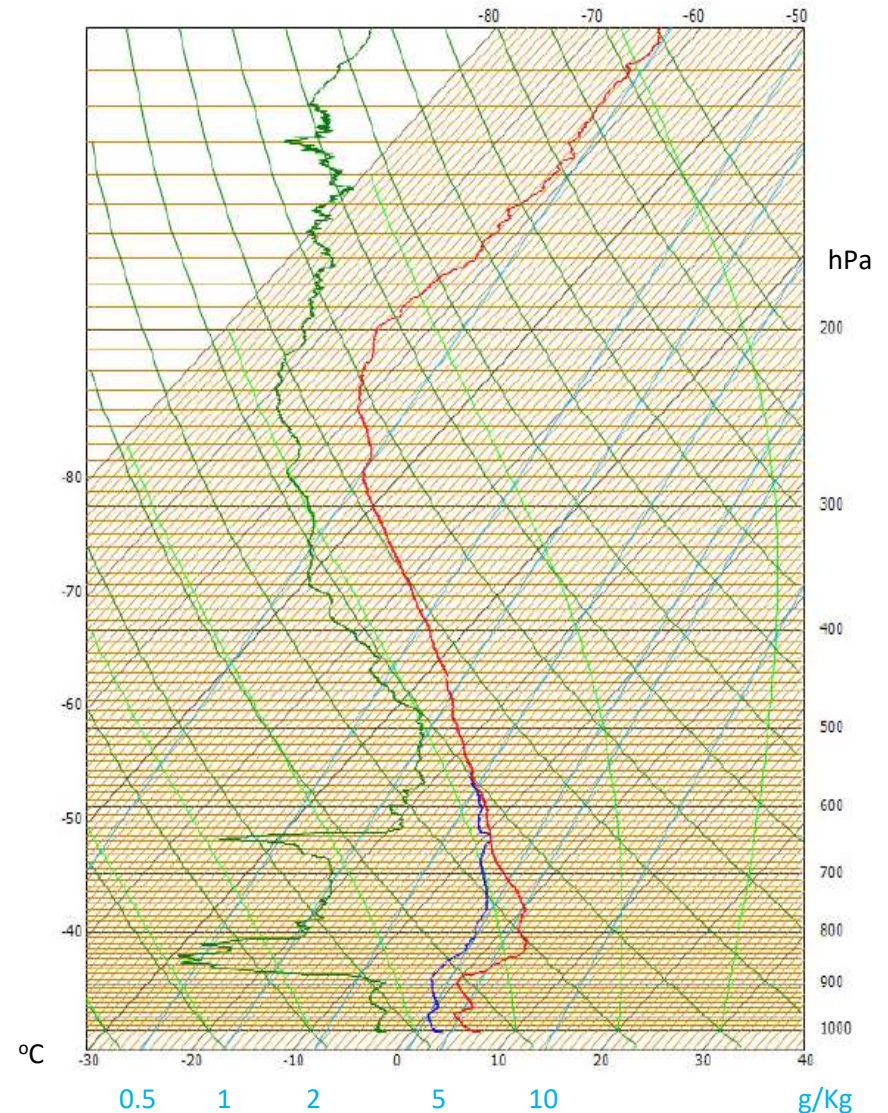
Date: 15/03/16 09:38

Station : SIRTA

Eclatement : 26192m (18.6hPa)

Vz G->300 : 5.1m/s

Vz 300->100 : 4.9m/s



Exercise 1: saturation

Objectif:

- Déterminer la humidité relative à 1000 hPa (~260 m) et à 820hPa (~2 km) en utilisant l'émmagramme du 04/04/2017

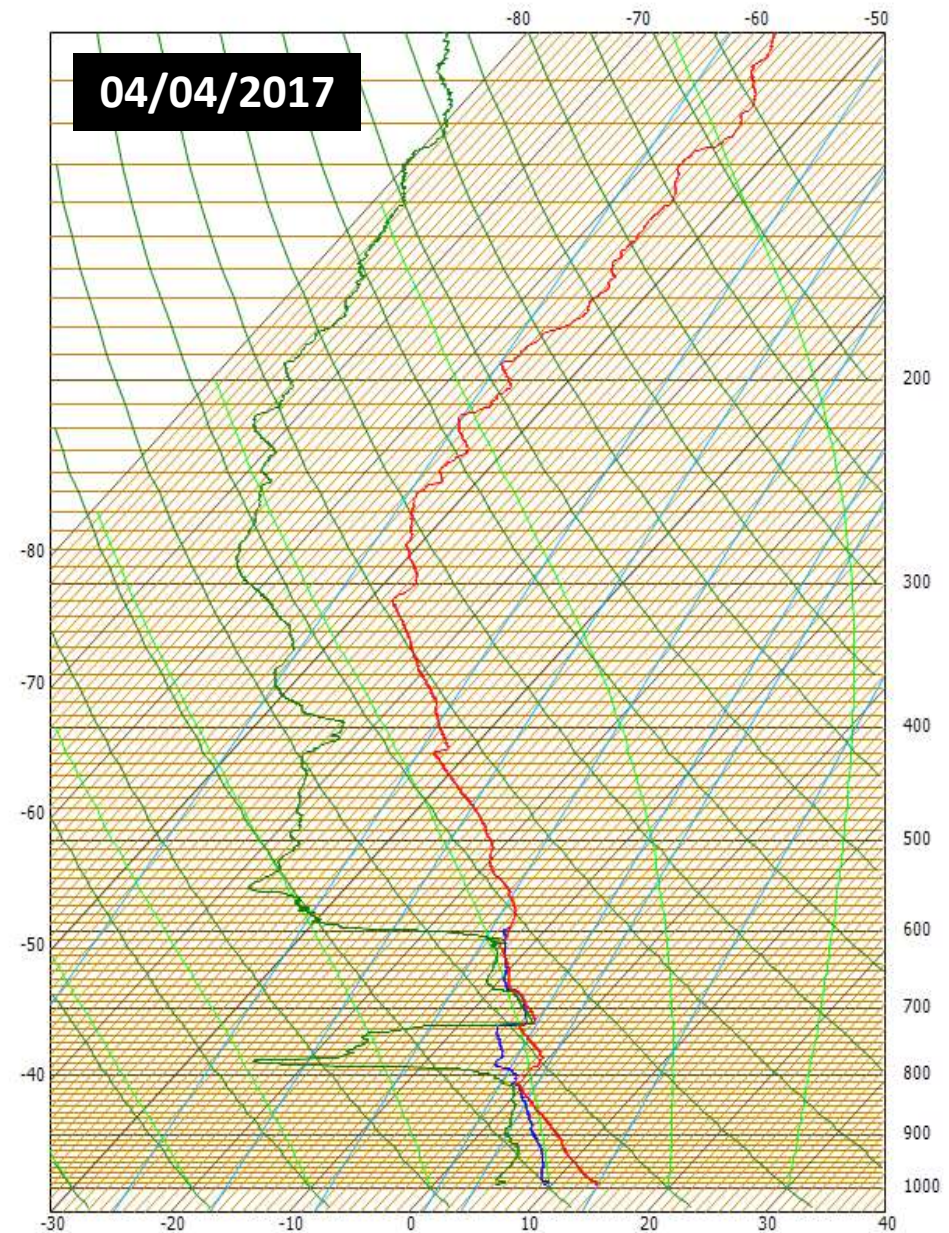
Outils: radiosondage et quicklook lidar du 04/04/2017

Concepts:

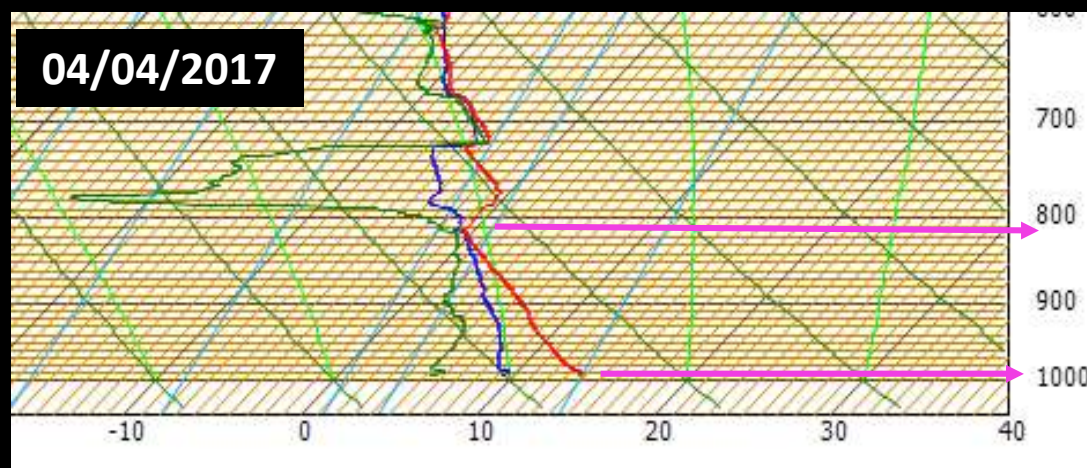
- Température du point rosée
- Humidité relative
- Hygroscopicité

Exercice 1

- Déterminer la humidité relative à 1000hPa (~260 m) et à 820hPa (~2 km) en utilisant le téphigramme.
- Est-ce que la humidité à 1000 hPa est la même que au niveau du sol?
- Est-ce que les résultats du radiosondage et du lidar sont cohérents?



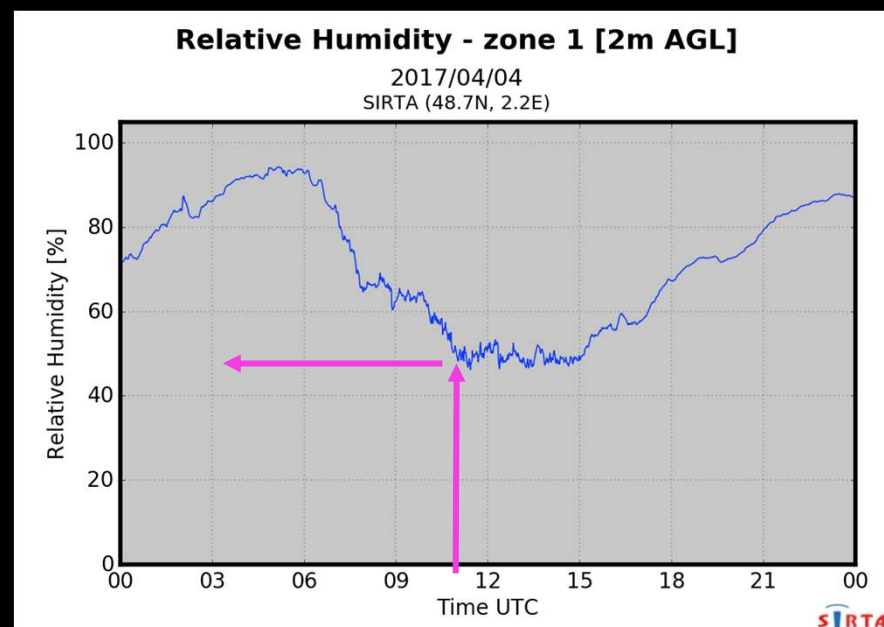
Exercise 1: discussion



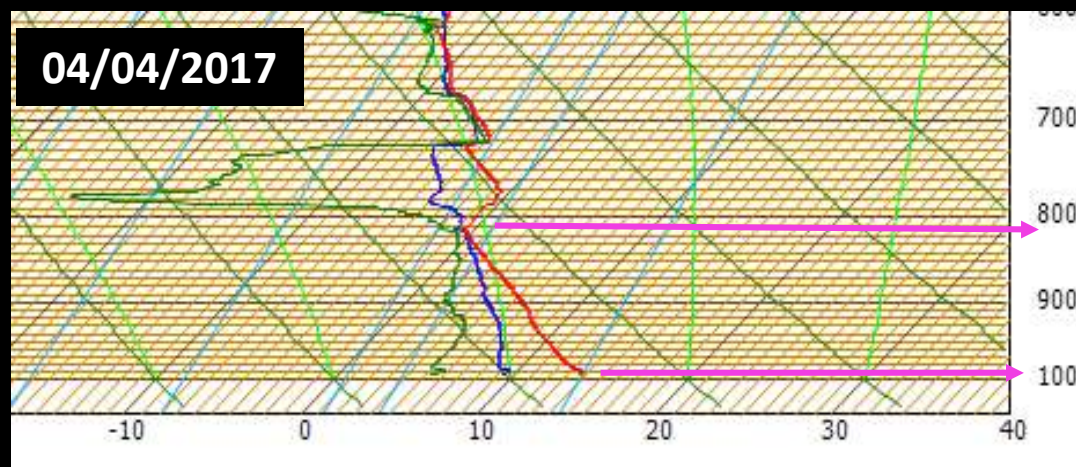
HR (810hPa) ~ 98%

HR (1000hPa) ~ 60%

- Déterminer la humidité relative à 1000hPa (~260 m) et à 820hPa (~2 km) en utilisant le téphigramme.
- Est-ce que la humidité à 1000 hPa est la même que au niveau du sol?



Exercise 1: discussion

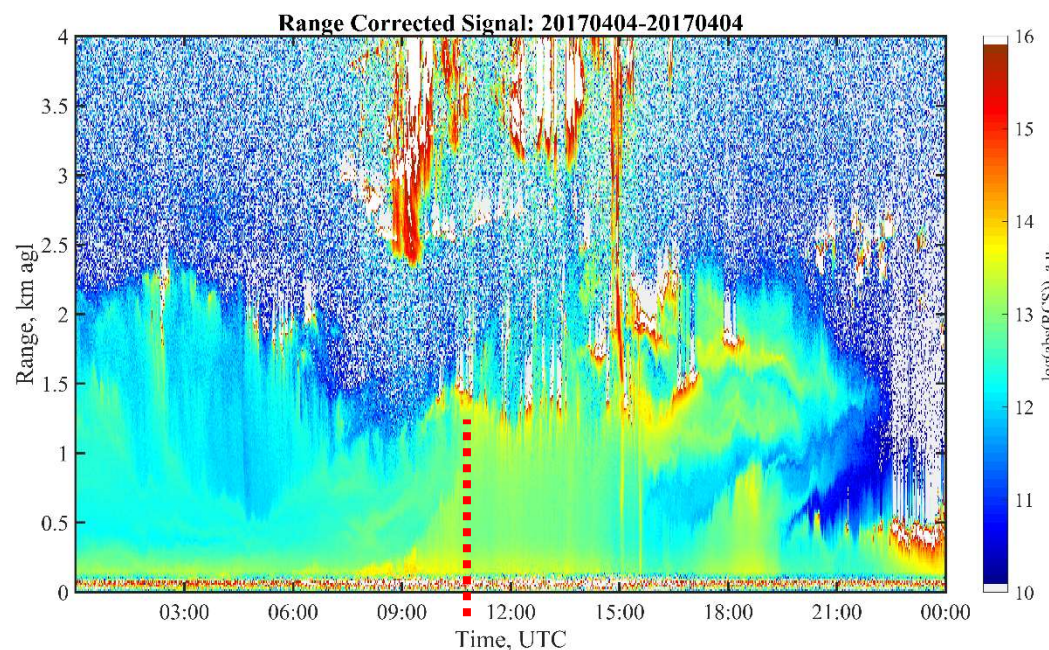


HR (810hPa) ~ 98%

HR (1000hPa) ~ 60%

- Est-ce que les résultats du radiosondage et du lidar sont cohérents?

Base de nuage :
Radiosonde : 2 km
Lidar : ~1,5 km



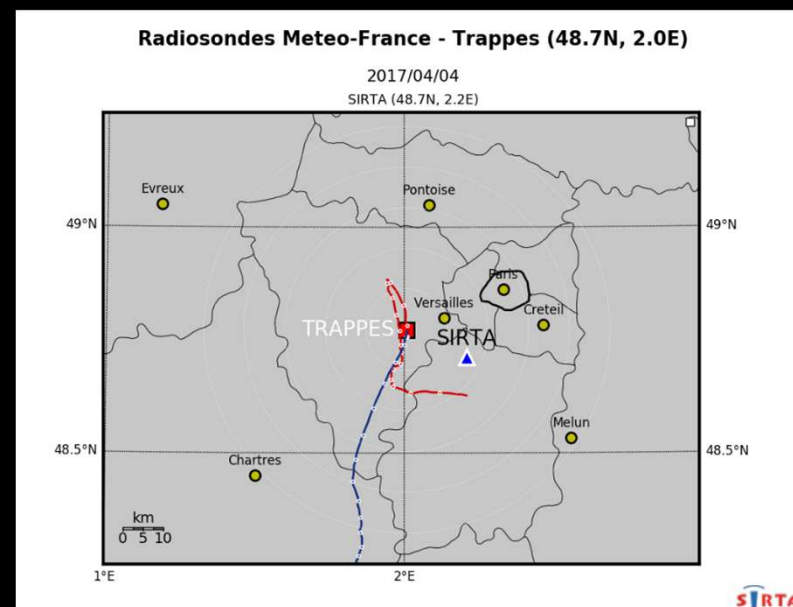
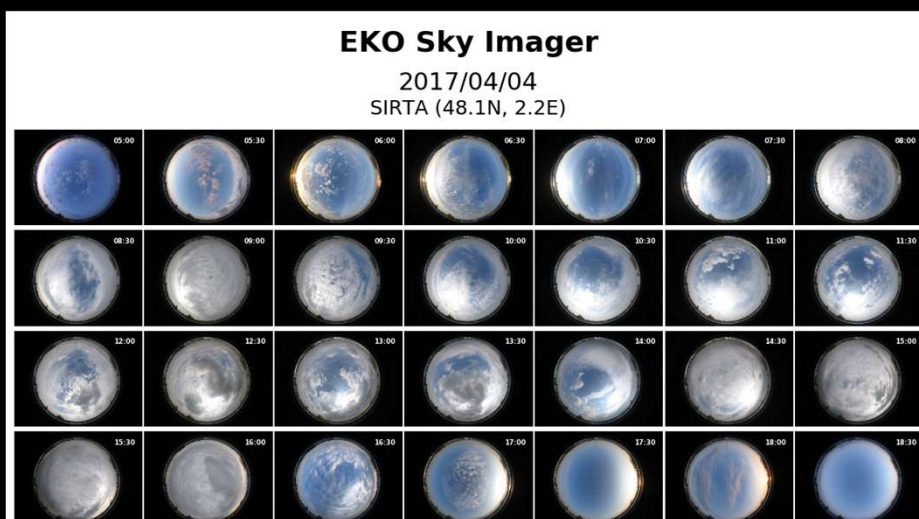
Exercice 1: discussion

Croissance hygroscopique des aérosols atmosphériques

- Est-ce que les résultats du radiosondage et du lidar sont cohérents?

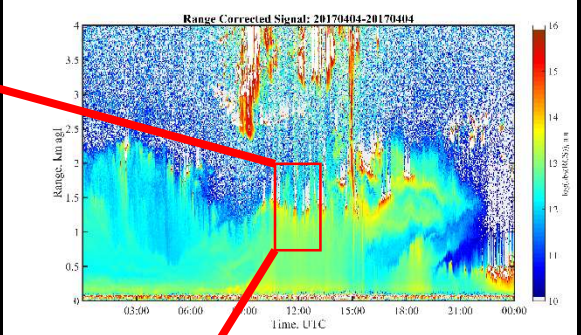
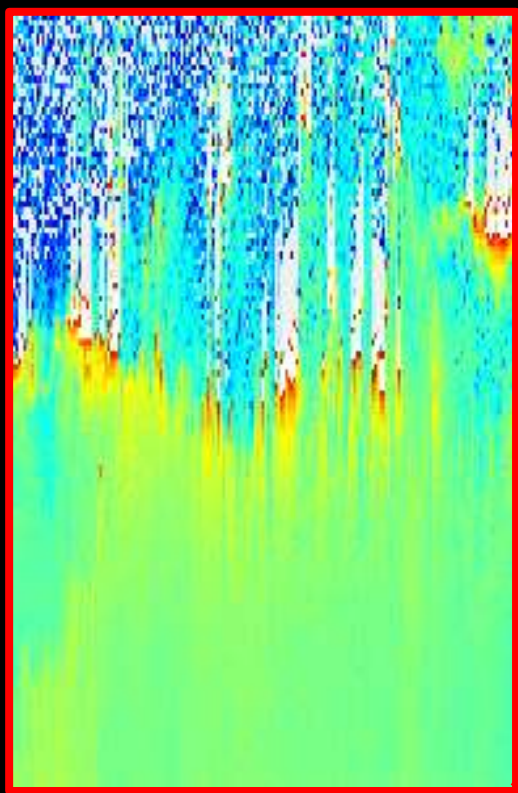
Oui parce que ils mesurent le même procès mais ils ne sont pas les mêmes car :

- 1) Le lidar « vois » seulement ça qu'il y a au zénith
- 2) La radiosonde est lancé à Trappes et il se déplace horizontalement selon le vent

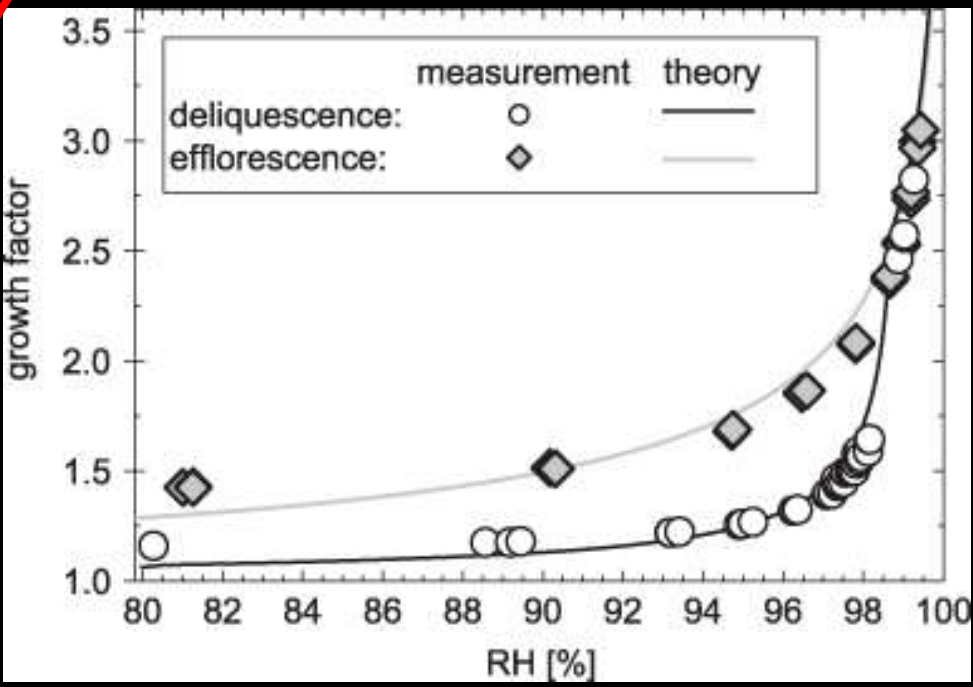


Exercise 1: discussion

Croissance hygroscopique des aérosols atmosphériques



Les particules augmentent de taille par absorption du vapeur d'eau.



Exercice 2: Tropopause

Objectif:

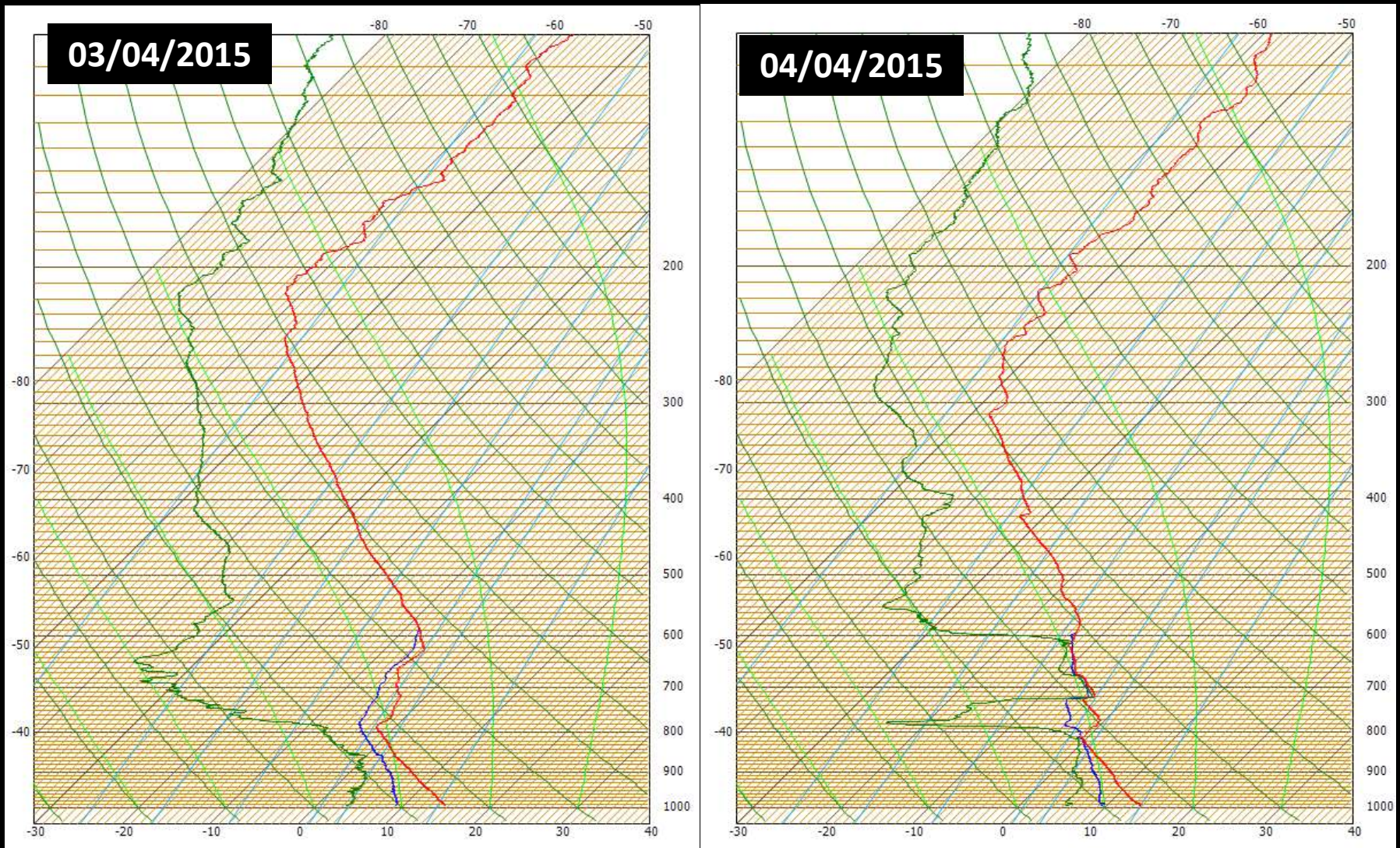
- Déterminer la hauteur de la tropopause en utilisant les radiosondages.
(appuyez-vous sur internet)
- Est-ce que l'on peut « voir » la tropopause?

Outils: radiosondages du 03/04/2017 et 04/04/2017

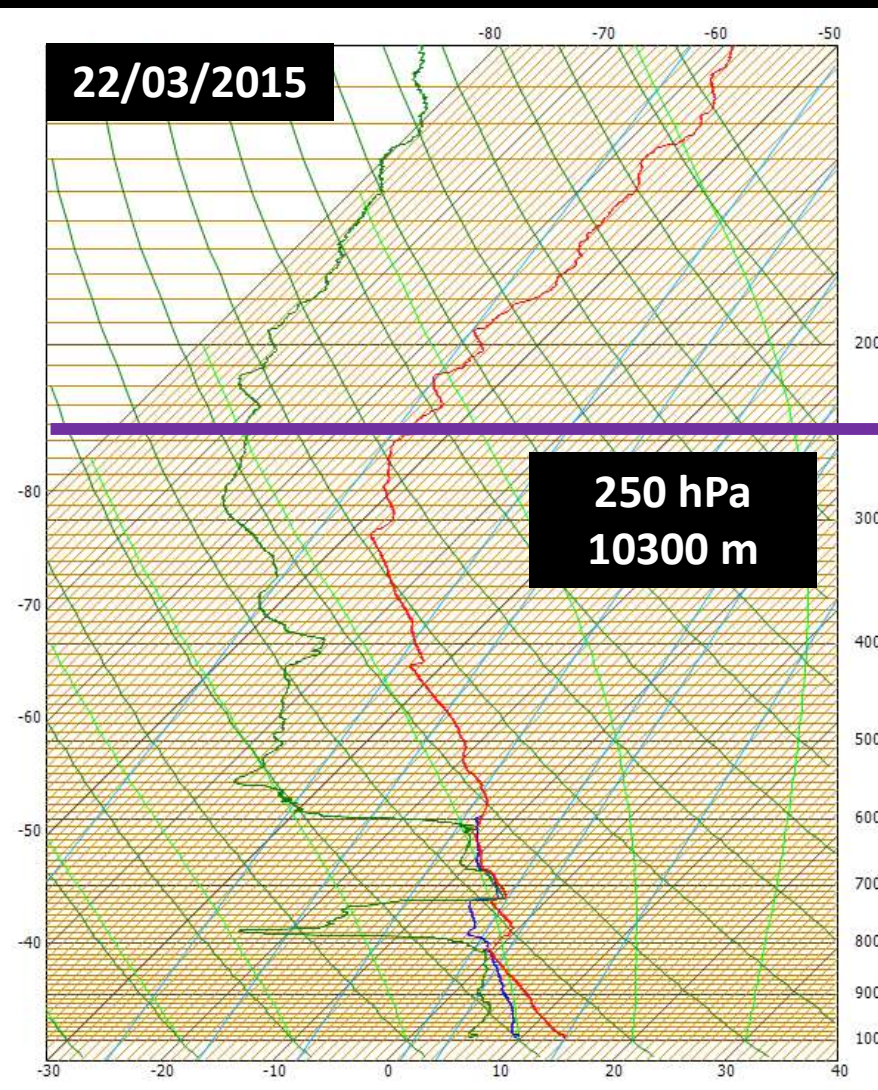
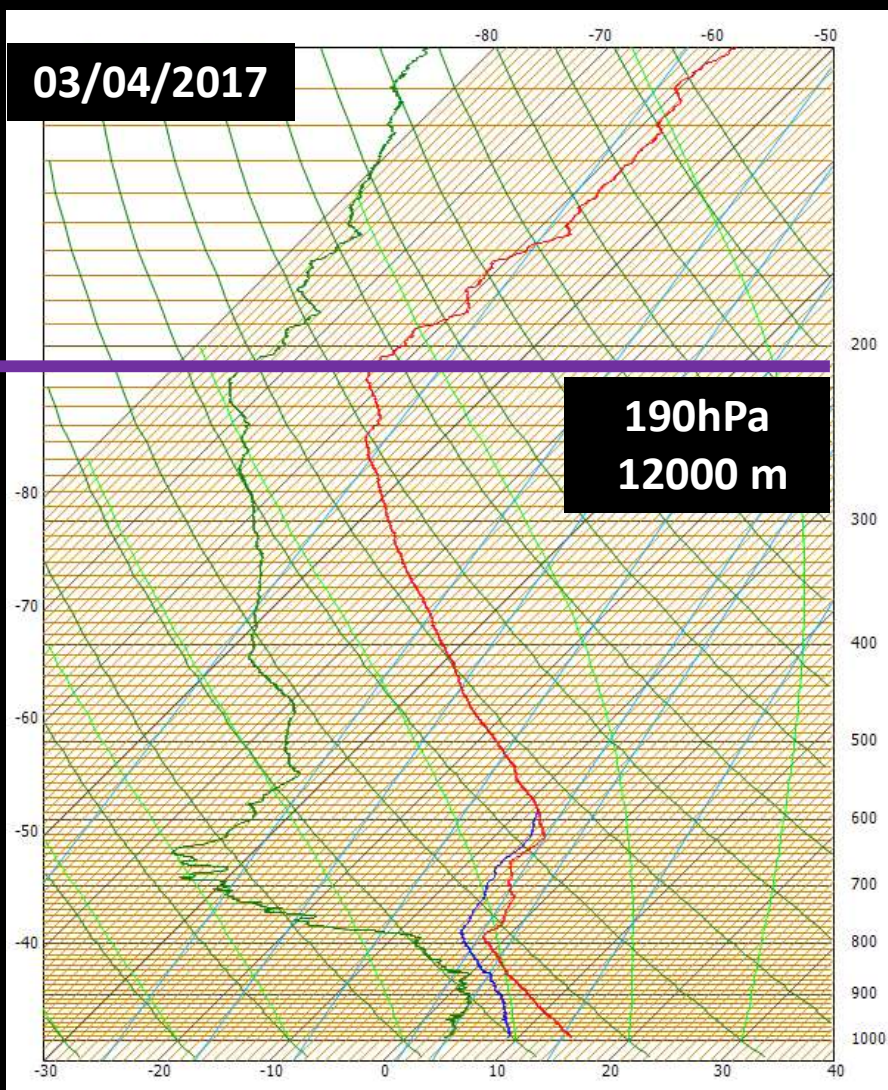
Concepts:

- Isotherme
- Tropopause

Exercise 2: Tropopause

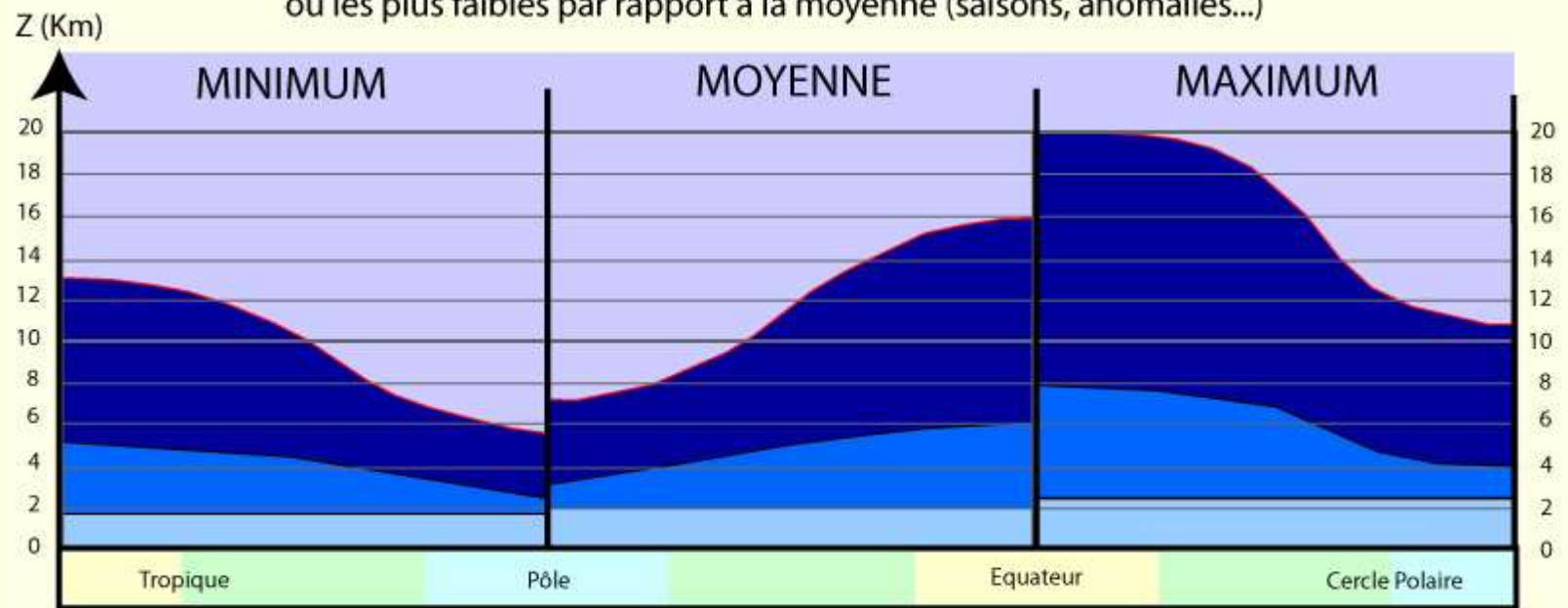


Exercise 2: Tropopause



Exercice 2: Tropopause

Épaisseur de la Troposphère,
en fonction de la latitude sur le globe terrestre,
et en tenant compte des variations enregistrées les plus fortes
ou les plus faibles par rapport à la moyenne (saisons, anomalies...)



MétéOBell.com

- Couche inférieure (nuages de basse altitude)
- Couche moyenne (nuages de moyenne altitude)
- Couche supérieure (nuages de haute altitude)
- Stratosphère
- Tropopause

Les échelles ne sont bien sûr pas respectées,
l'atmosphère étant très mince par rapport à l'échelle de la Terre.

Tropopause

TROPOPAUSE

- Est-ce que l'on peut « voir » la tropopause?

