

# Mise en pratique : faire un modèle de météo simpliste

Louis Lutun (CNRM)

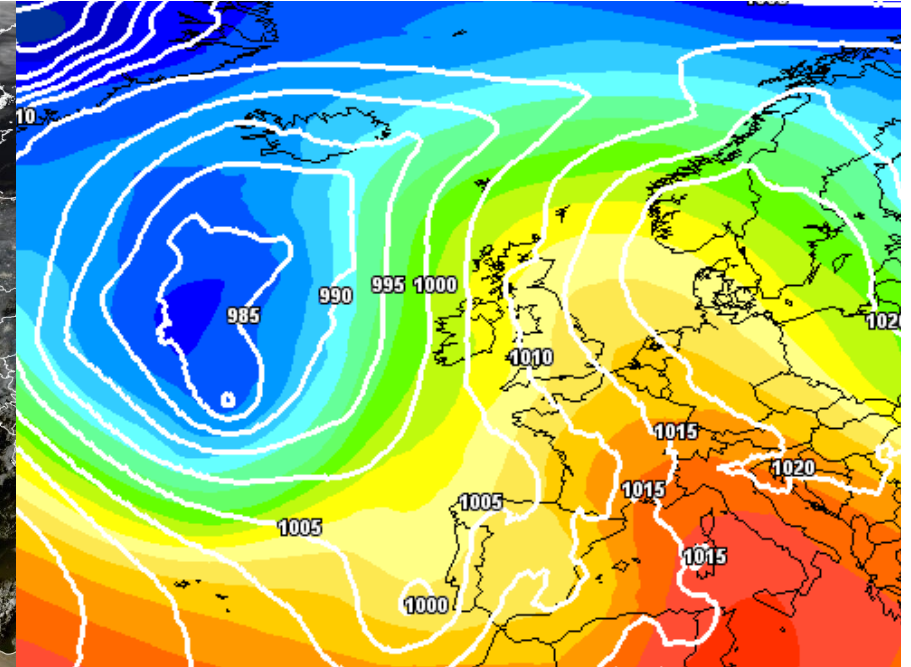
Stage secondes 2025

# Quel modèle météo ?

Circulation de grande échelle, prévision à moyenne échance



Observation satellite  
d'une dépression



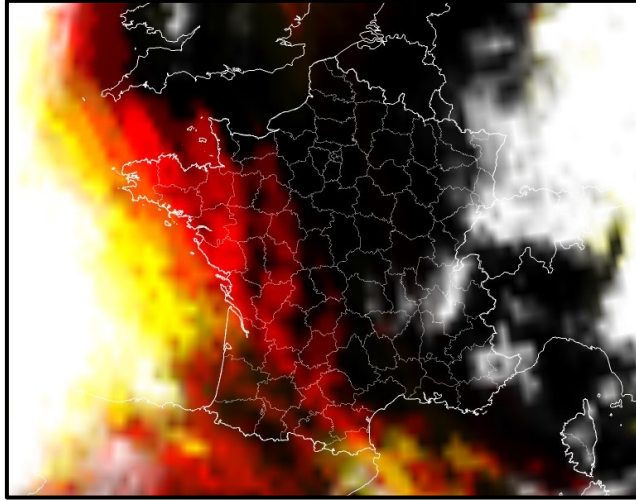
Prévision modèle gfs  
résolution de 25km,  
prévision jusqu'à 2 semaines

# Quel modèle météo ?

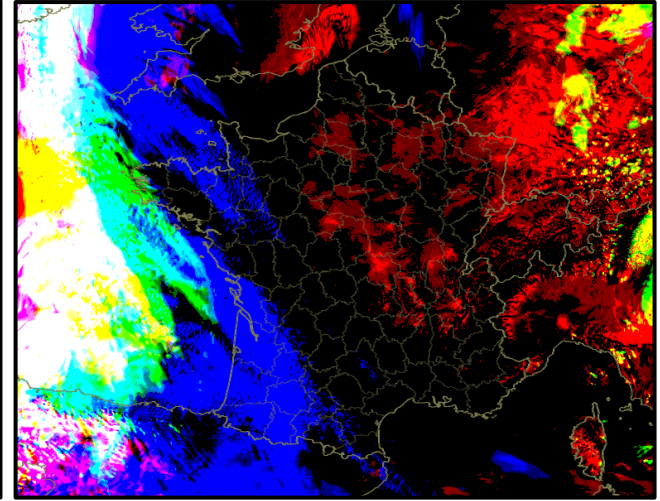
Phénomènes locaux, prévision haute résolution à court terme



Observation satellite de  
nuages locaux



Prévision modèle gfs  
résolution de 25km



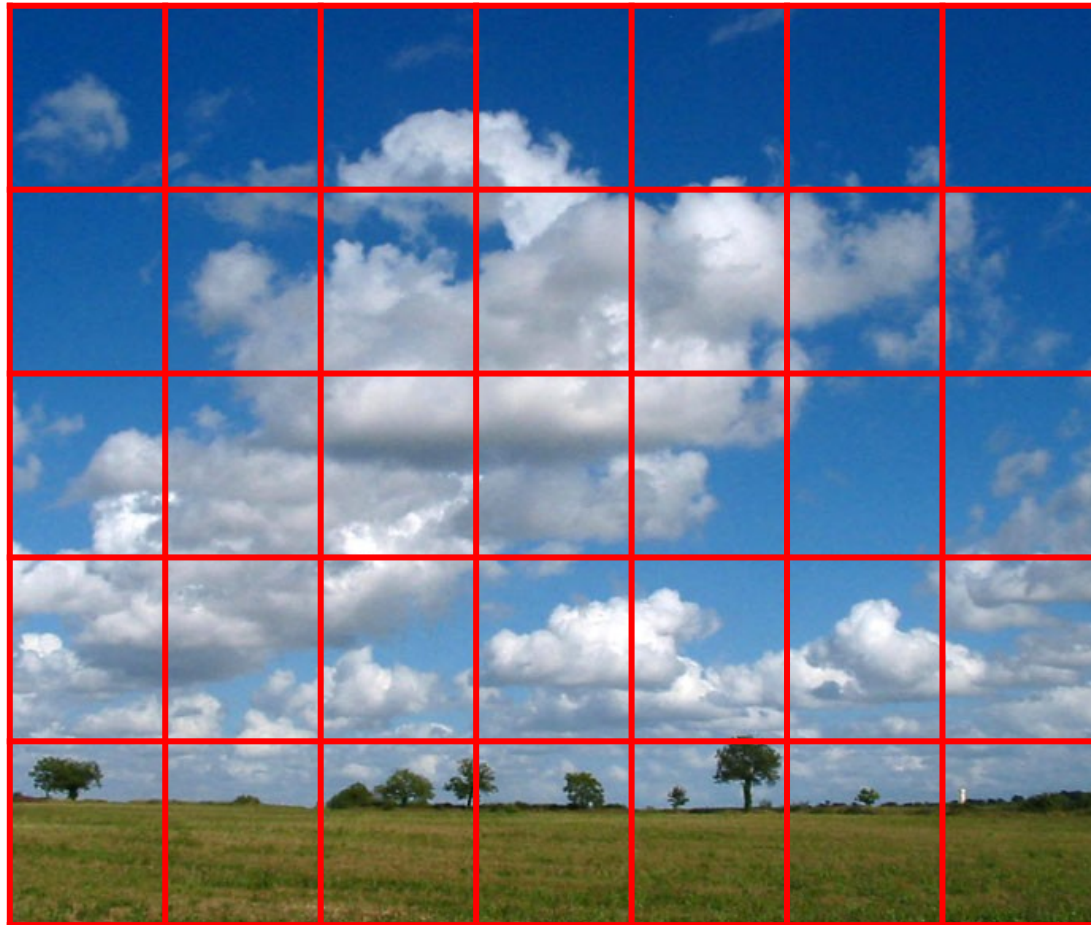
Prévision modèle arome  
résolution de 1.3km

# Intéressons nous aux cumulus de beau temps

Vidéo d'illustration du développement des cumulus  
par temps calme : <https://www.youtube.com/watch?v=EM0HtxieJGo>

# Mettre l'atmosphère dans un ordinateur : discrétiser l'espace et le temps

15H00



Résolution verticale (dz)

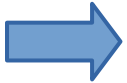
3 dz

2 dz

dz

0

15H55



15H55

0

dx

2 dx

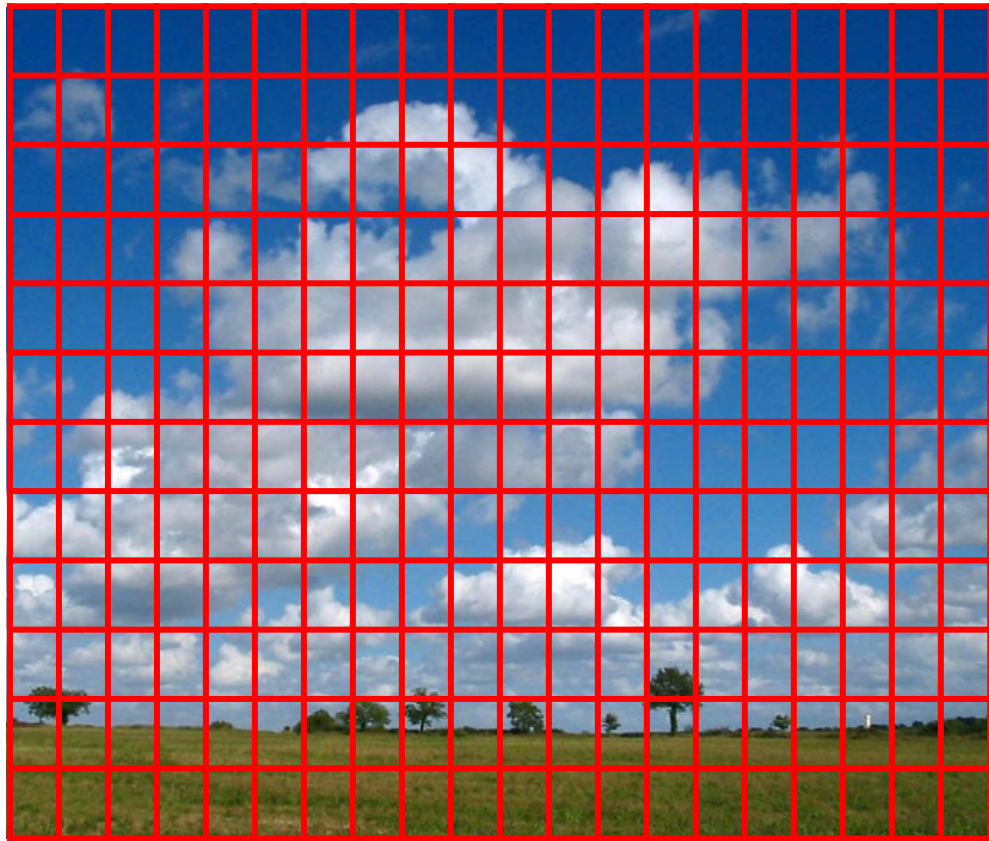
3 dx



Résolution horizontale (dx)



# Les prérequis : résolutions, ...



Nuages finement modélisés mais  
attention au temps de calcul !



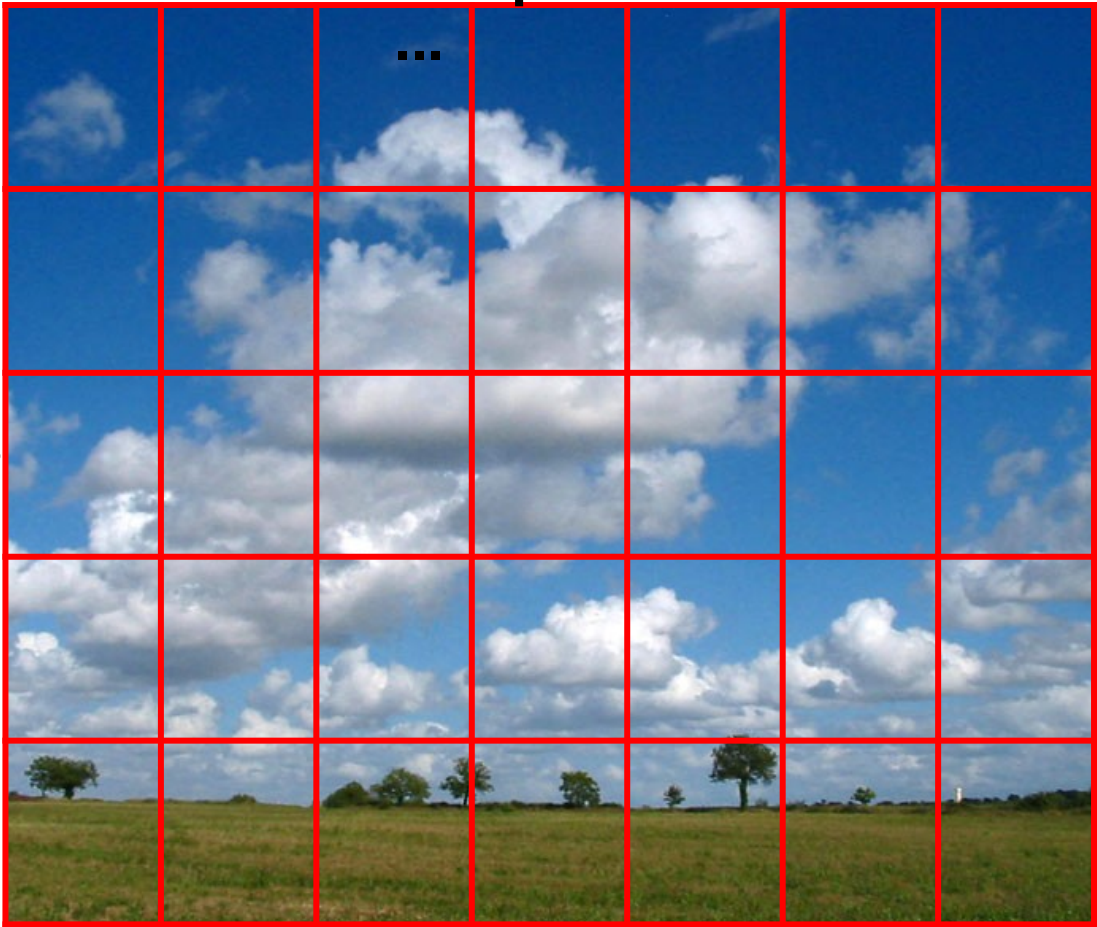
Impossible de représenter les nuages

**Conditions aux  
bords du domaine ...**

**Vent ?  
Température ?**

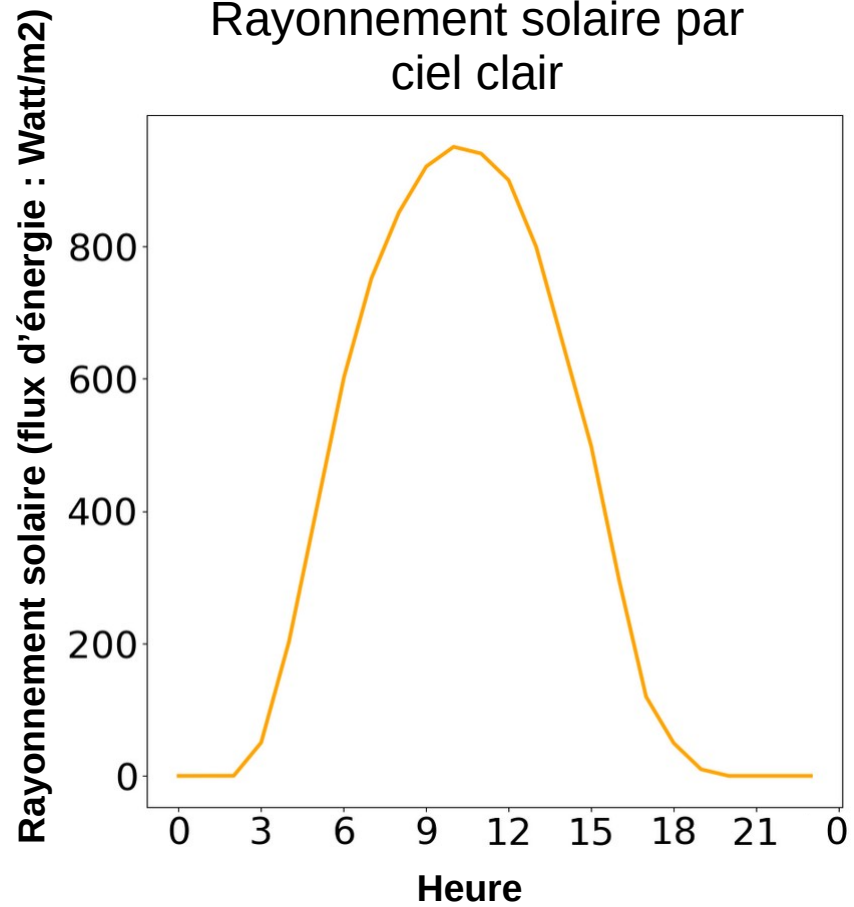
**Vent ?  
Température ?  
...**

**Vent ?  
Température ?  
...**



**Échanges avec la surface terrestre**

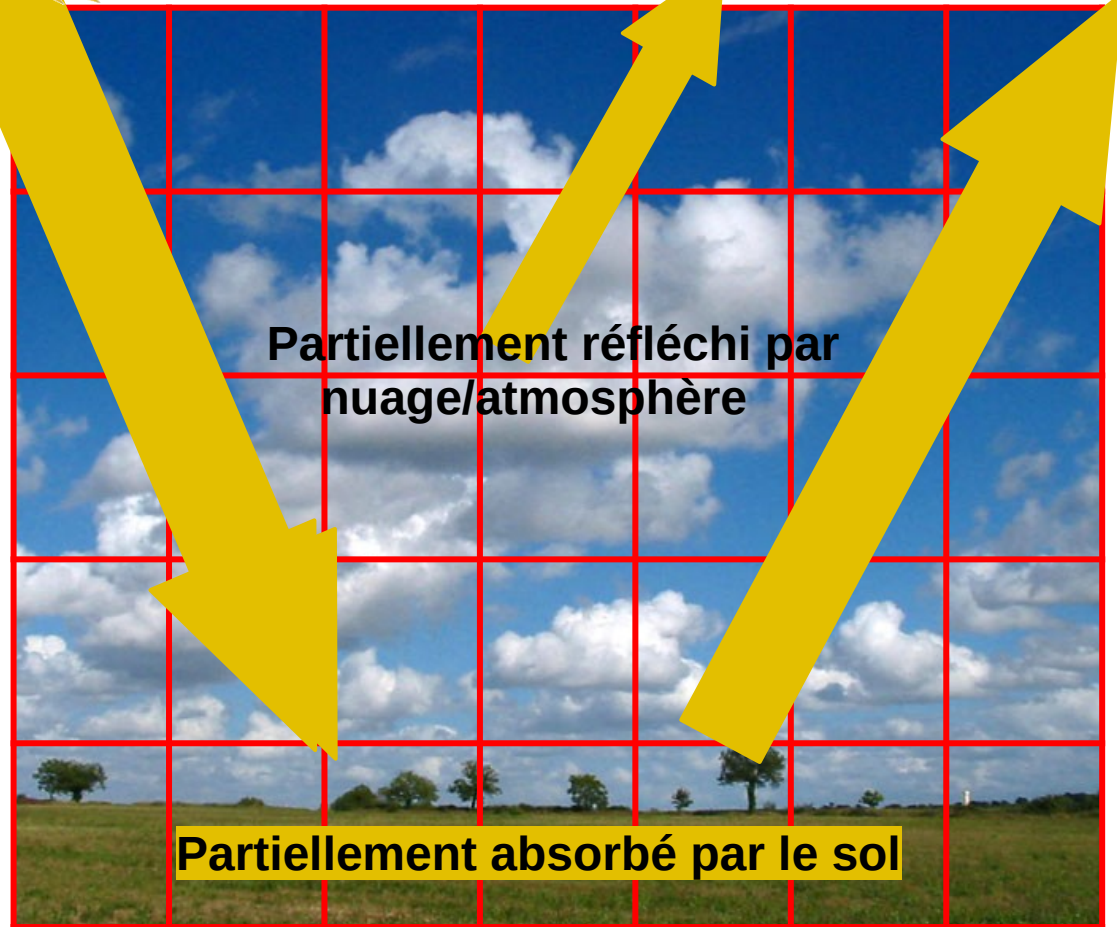
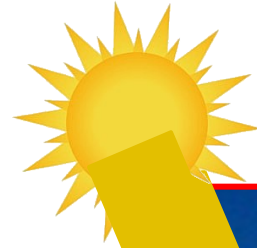
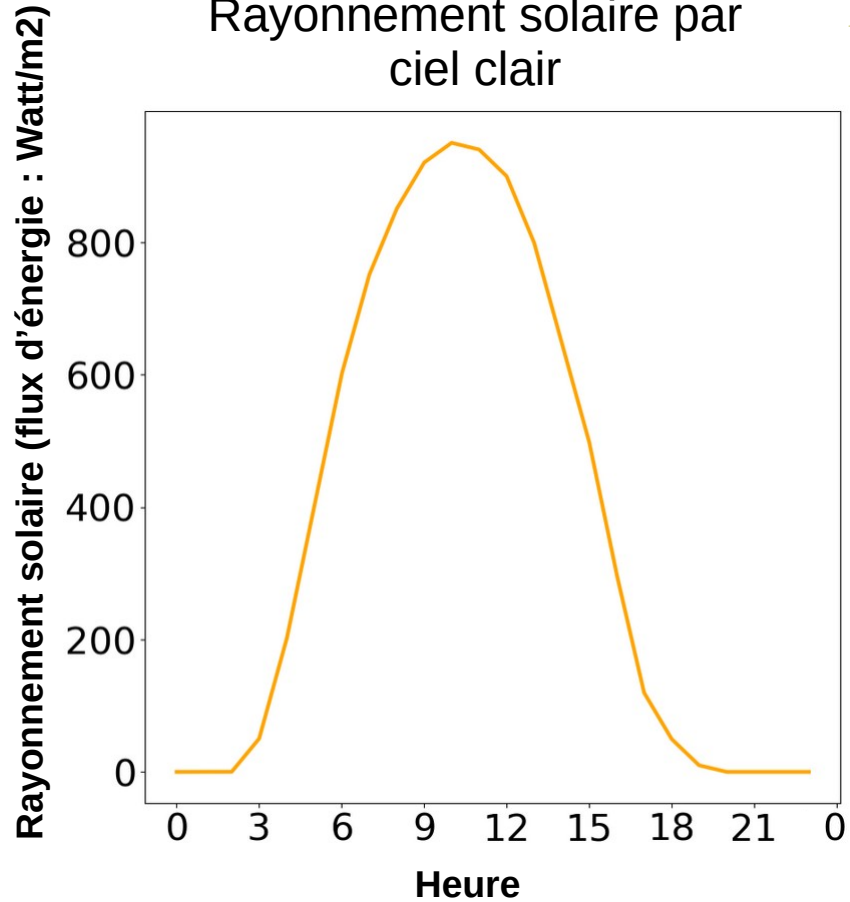
# Rayonnement solaire



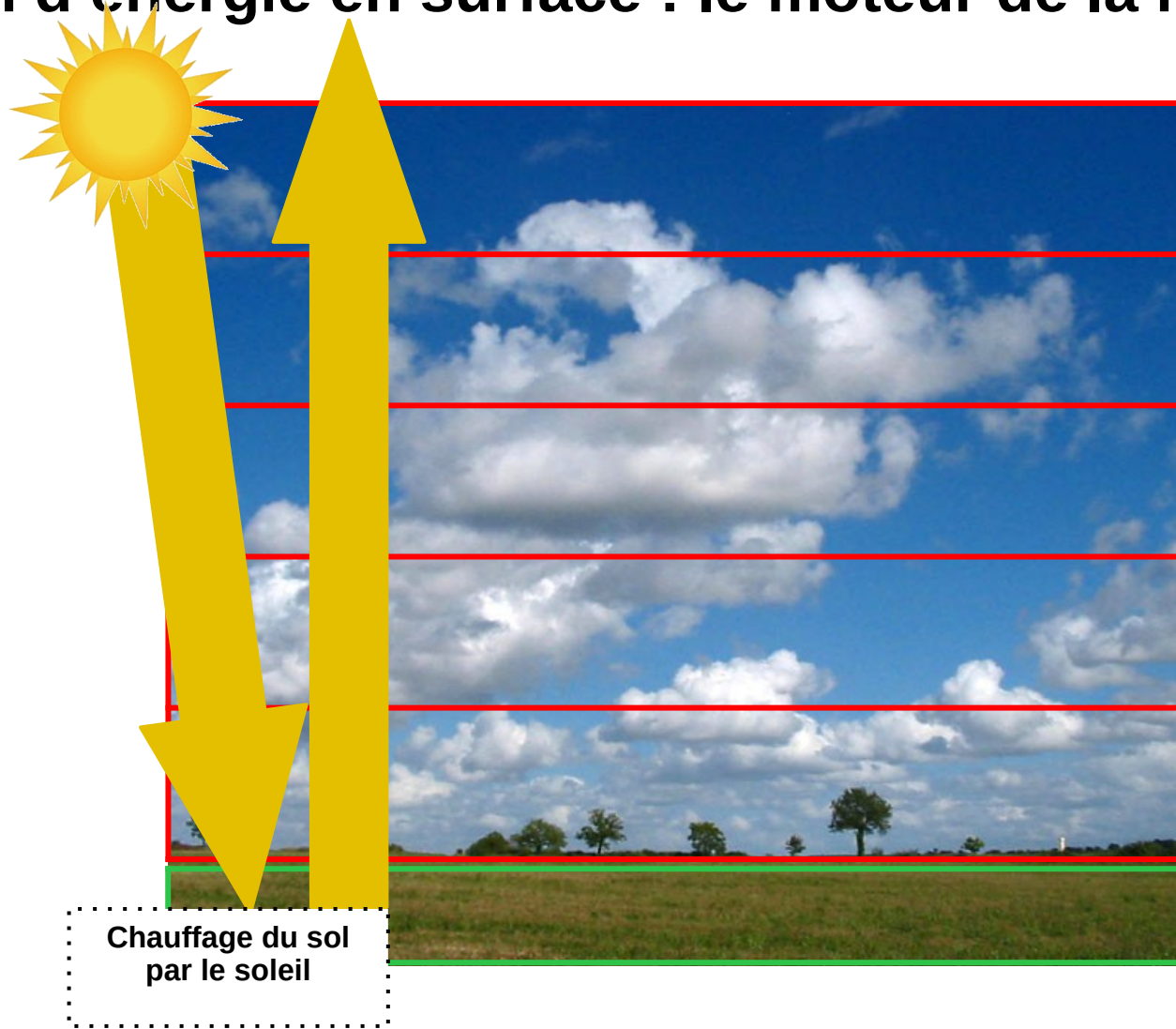


# Rayonnement solaire

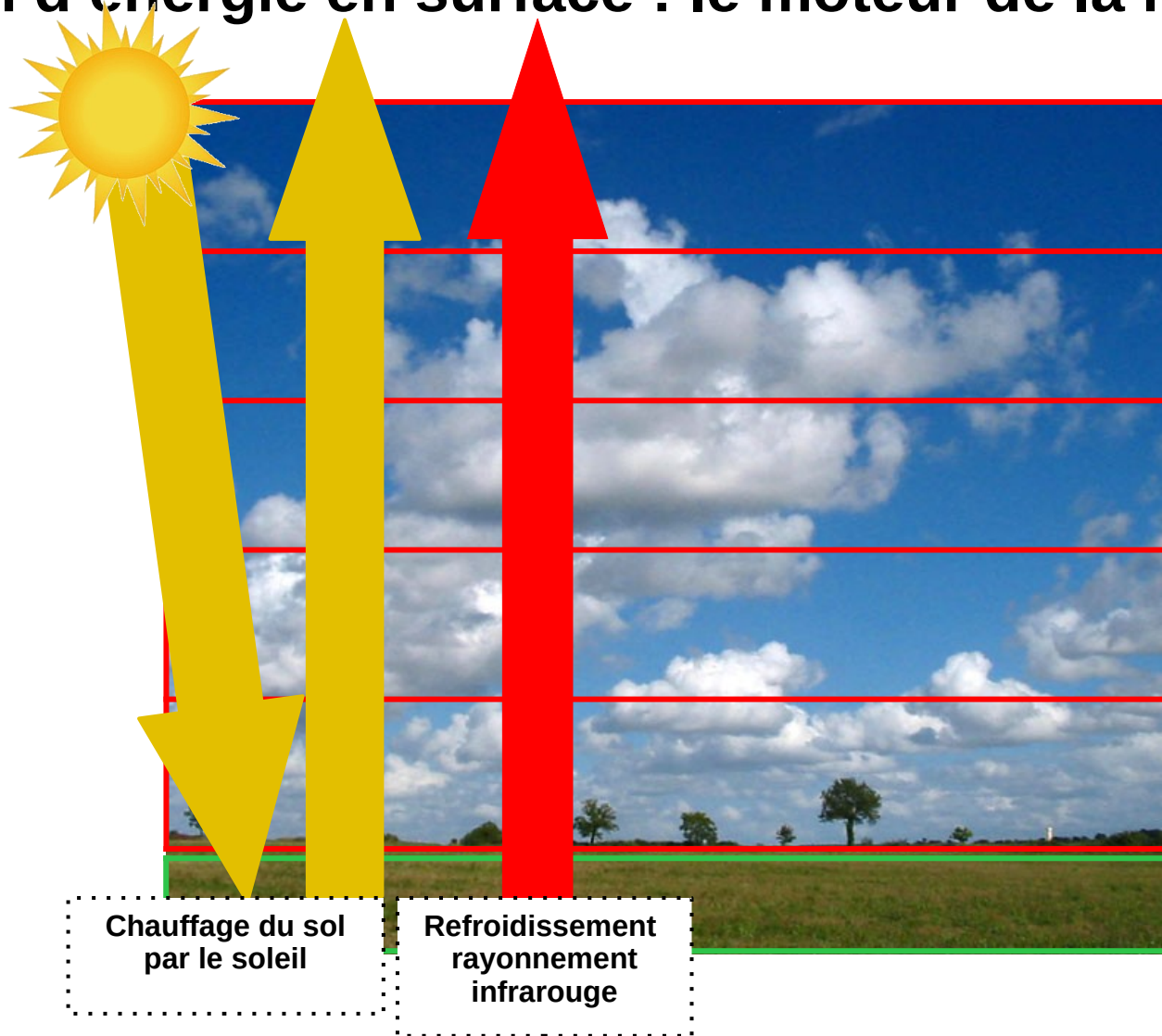
Rayonnement solaire par  
ciel clair



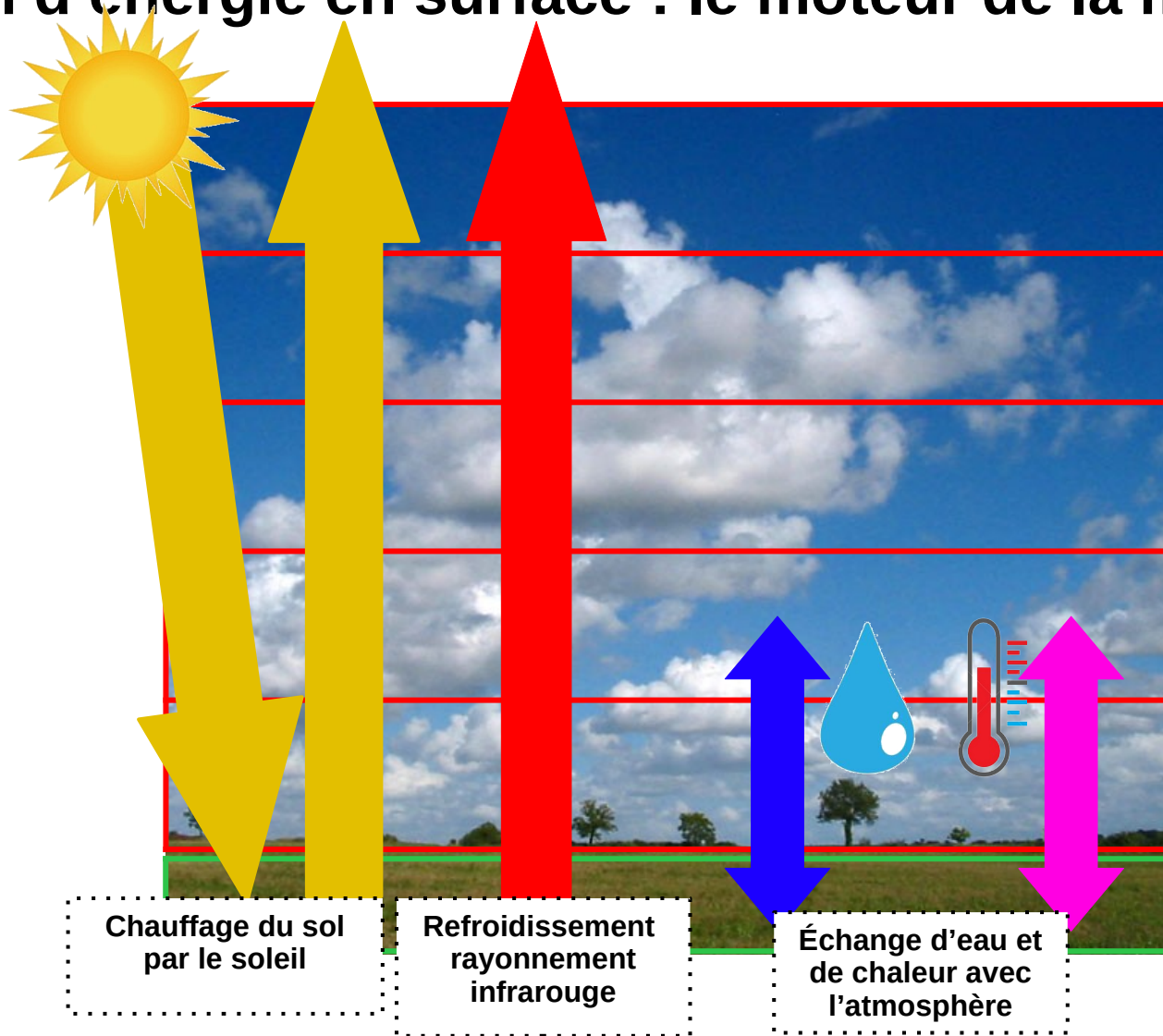
# Bilan d'énergie en surface : le moteur de la météo locale



# Bilan d'énergie en surface : le moteur de la météo locale

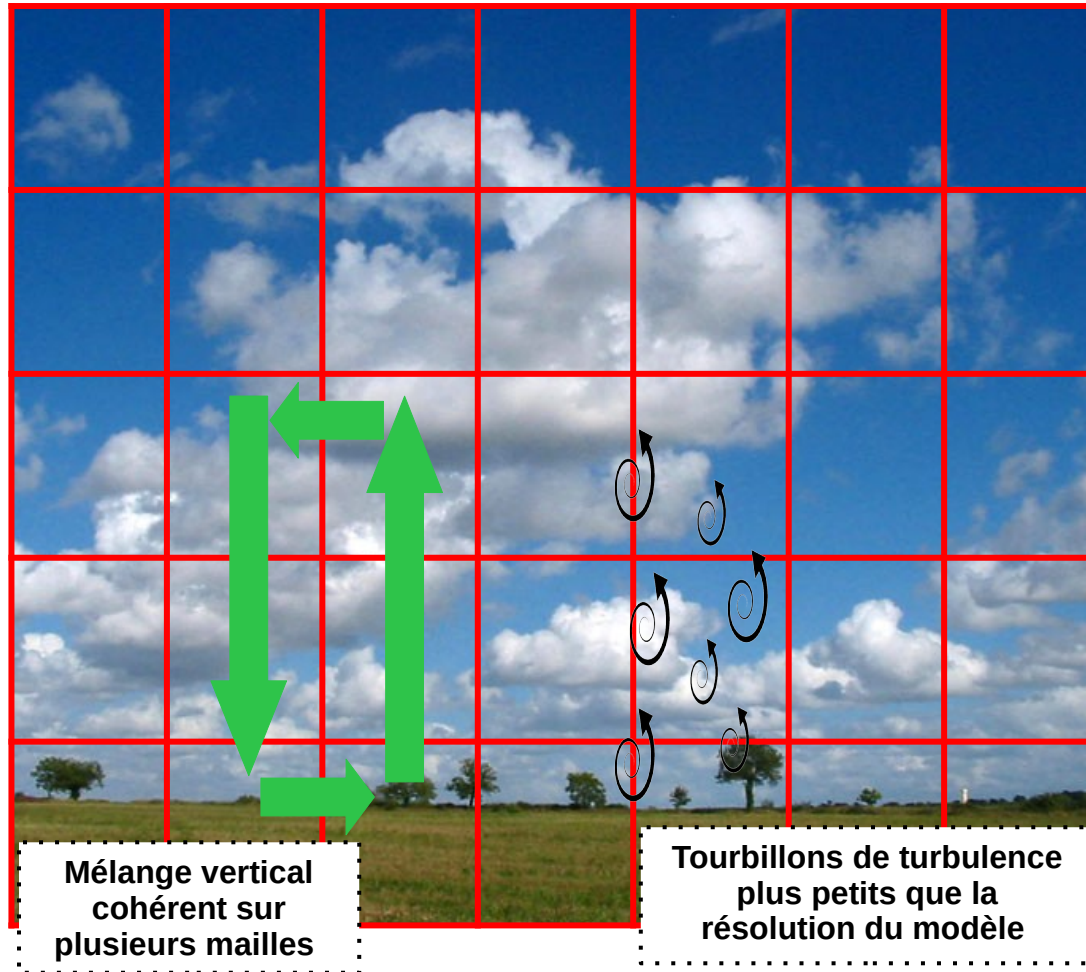


# Bilan d'énergie en surface : le moteur de la météo locale

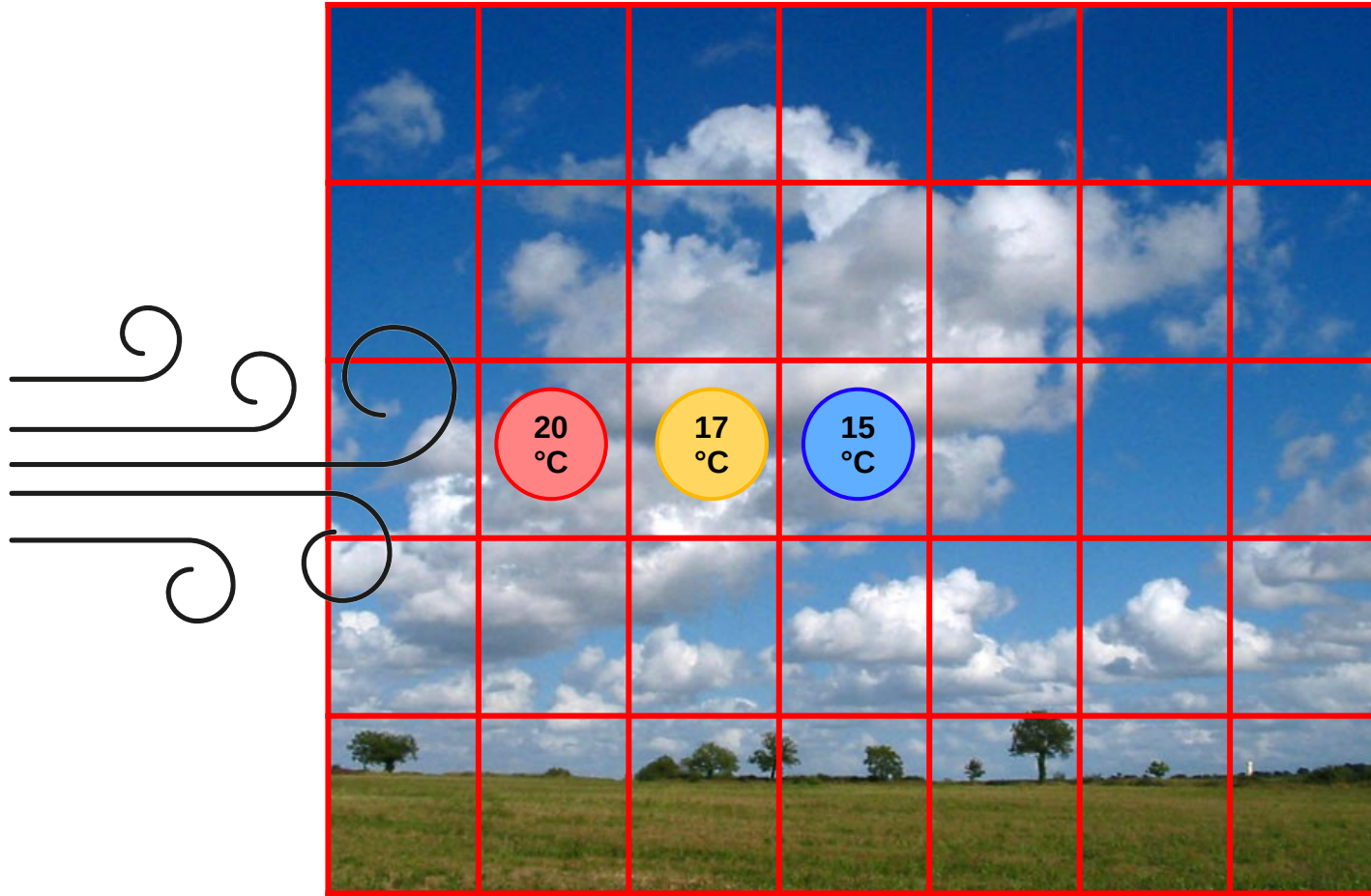




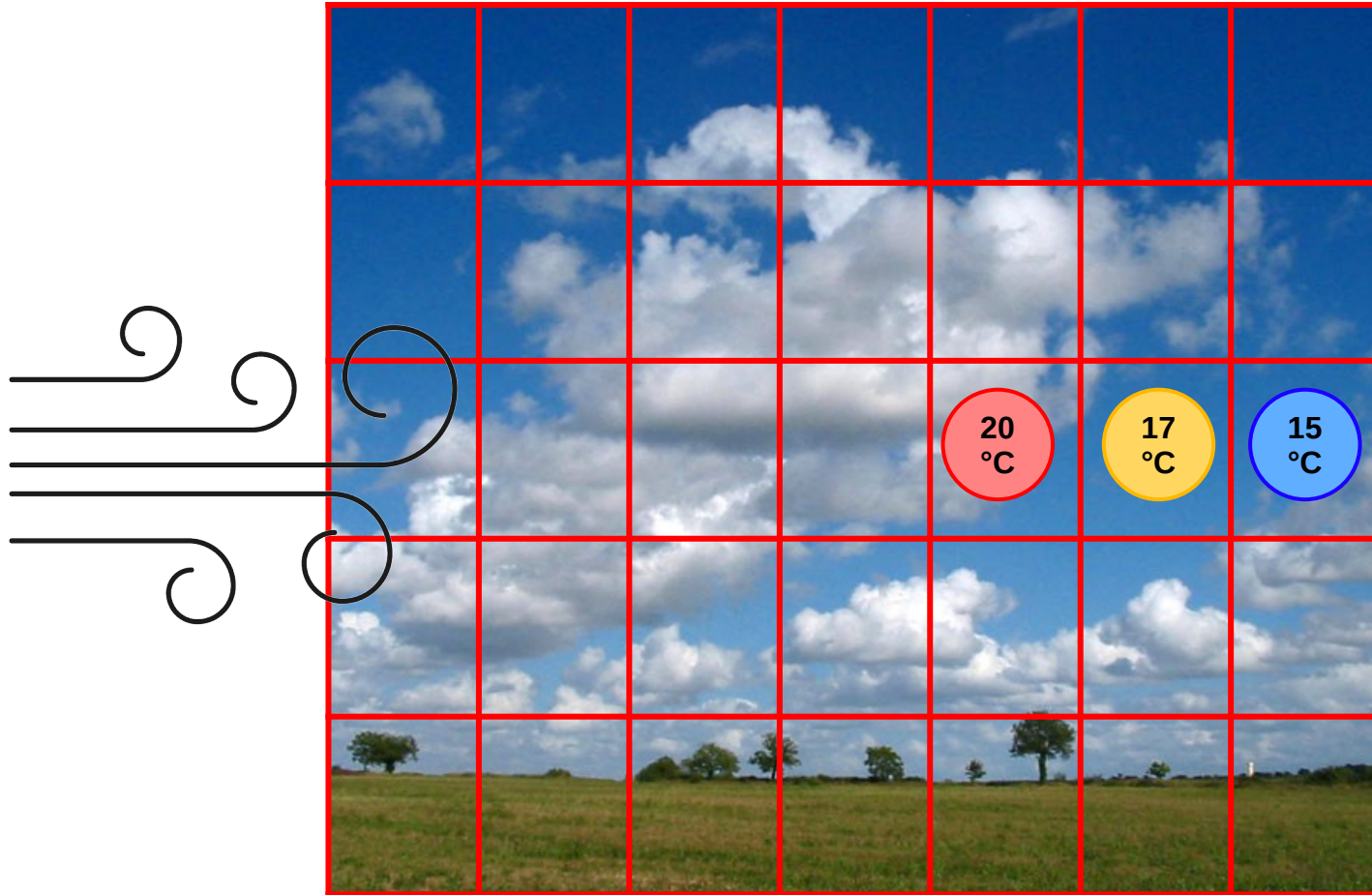
# Transport vertical / convection



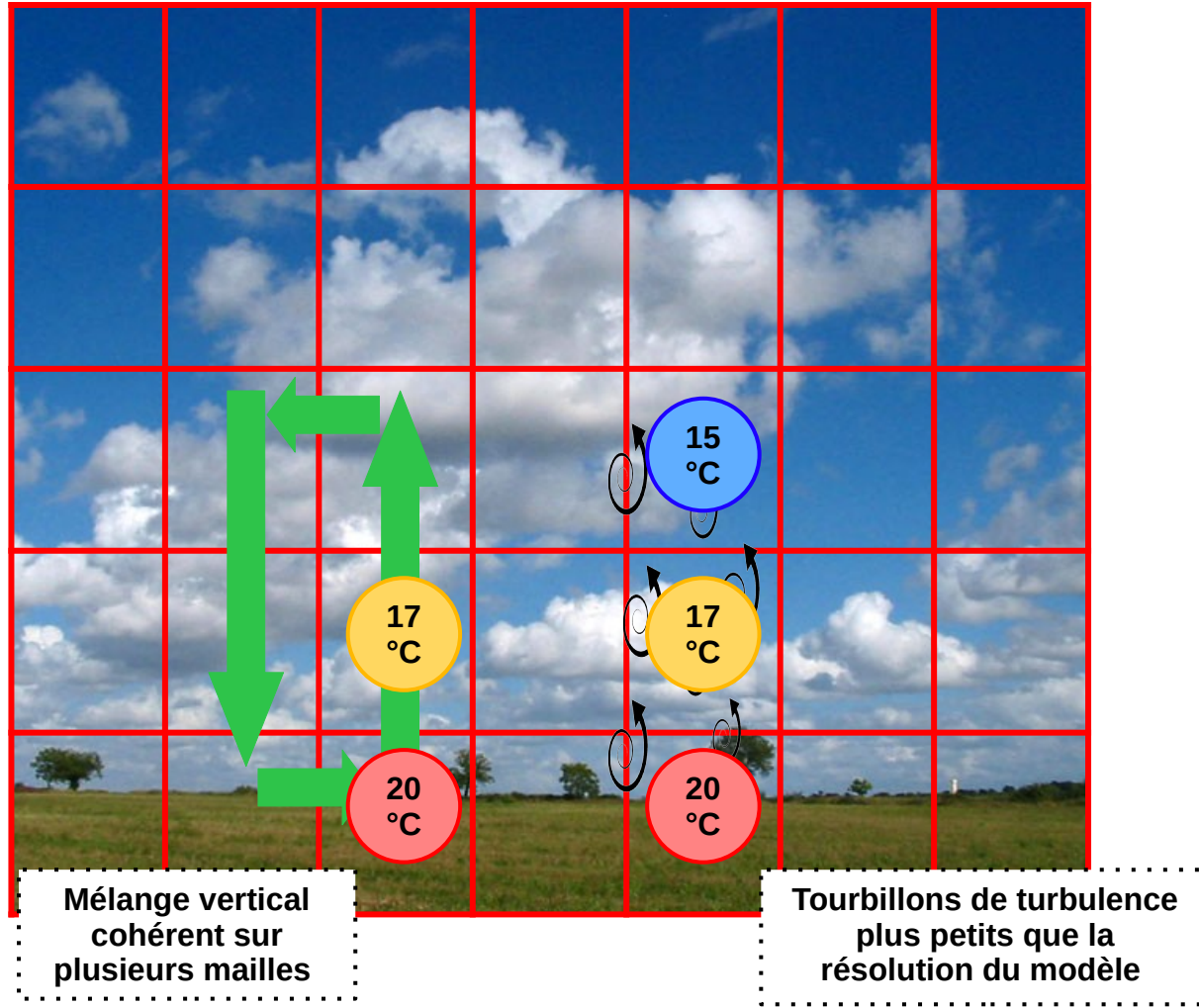
# Transport par le vent : advection



# Transport par le vent : advection

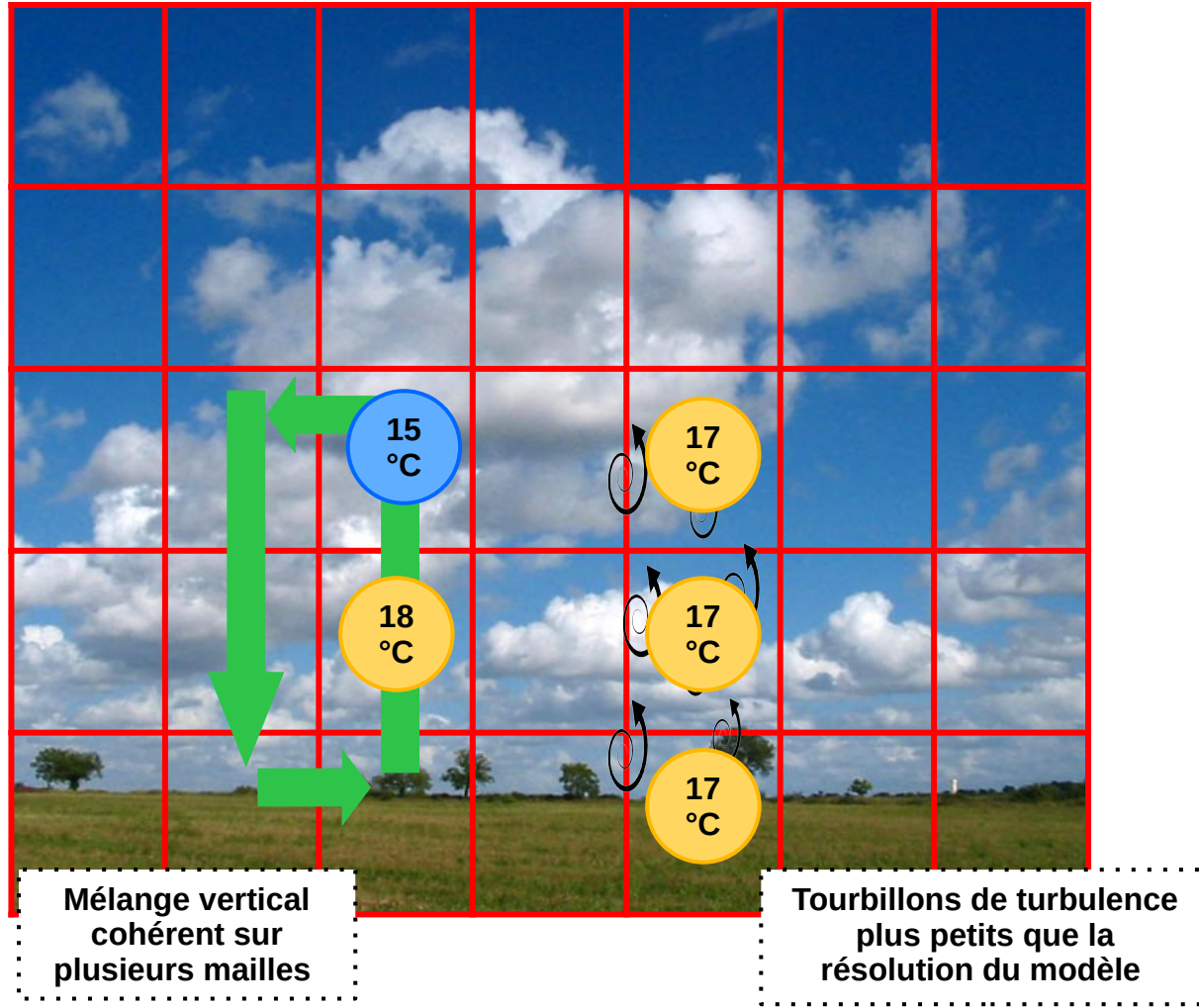


# Transport vertical / convection



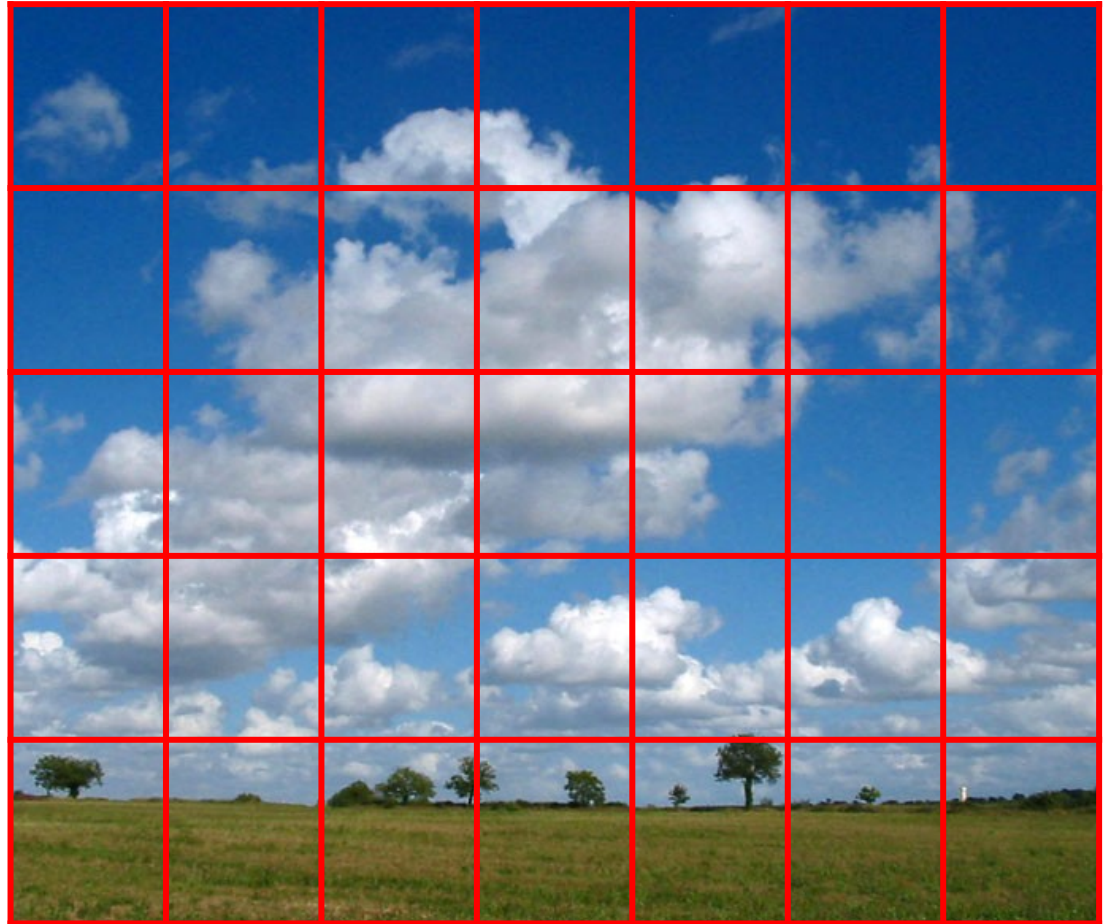


# Transport vertical / convection



# Changement de phase de l'eau

- La transformation de la vapeur d'eau en eau liquide (condensation) libère de la chaleur (réchauffement)
- L'évaporation d'eau liquide en vapeur d'eau absorbe de la chaleur (refroidissement)
- Plus l'air est froid, moins il peut contenir de vapeur d'eau. Si l'air contient trop de vapeur d'eau, il est saturé, et commence à condenser



# Changement de phase de l'eau

- La transformation de la vapeur d'eau en eau liquide (condensation) libère de la chaleur (réchauffement)
- L'évaporation d'eau liquide en vapeur d'eau absorbe de la chaleur (refroidissement)
- Plus l'air est froid, moins il peut contenir de vapeur d'eau. Si l'air contient trop de vapeur d'eau, il est saturé, et commence à condenser



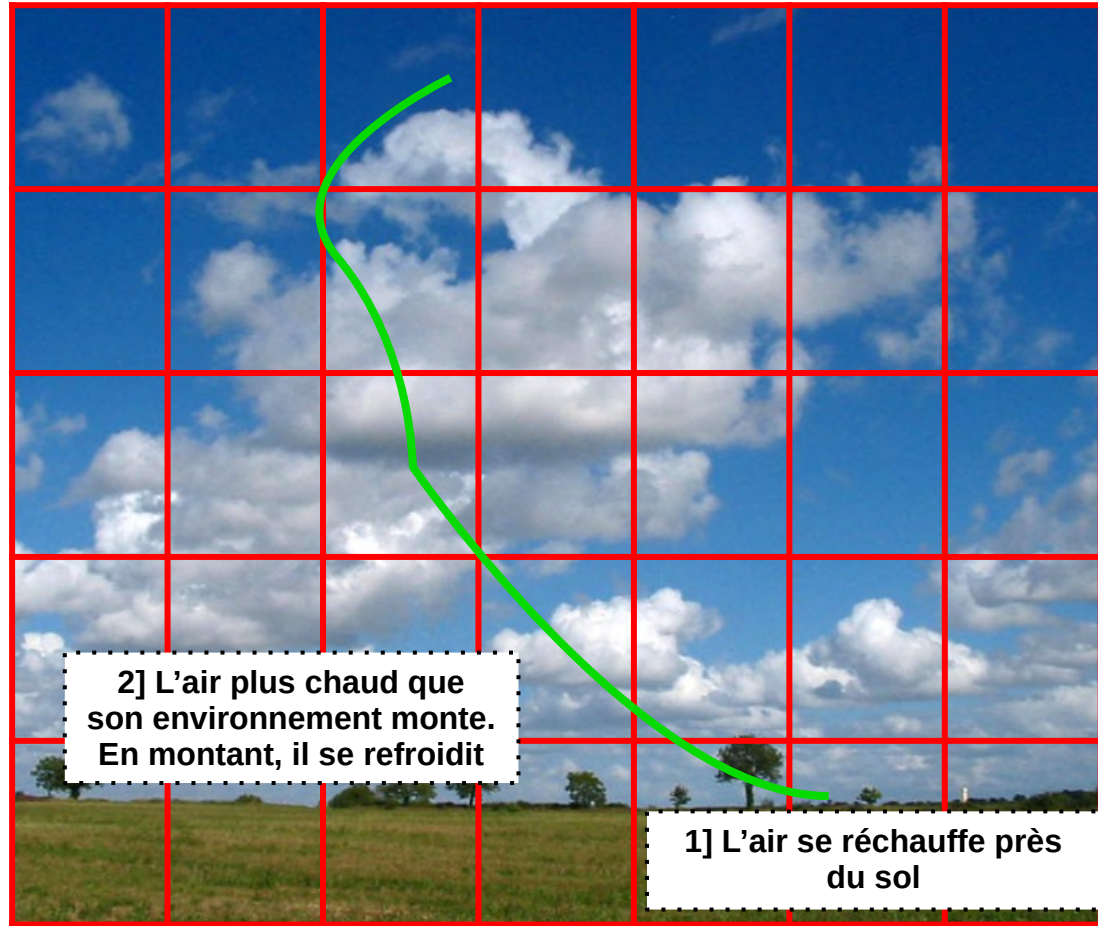
Température -



Température +

# Changement de phase de l'eau

- La transformation de la vapeur d'eau en eau liquide (condensation) libère de la chaleur (réchauffement)
- L'évaporation d'eau liquide en vapeur d'eau absorbe de la chaleur (refroidissement)
- Plus l'air est froid, moins il peut contenir de vapeur d'eau. Si l'air contient trop de vapeur d'eau, il est saturé, et commence à condenser



Température -

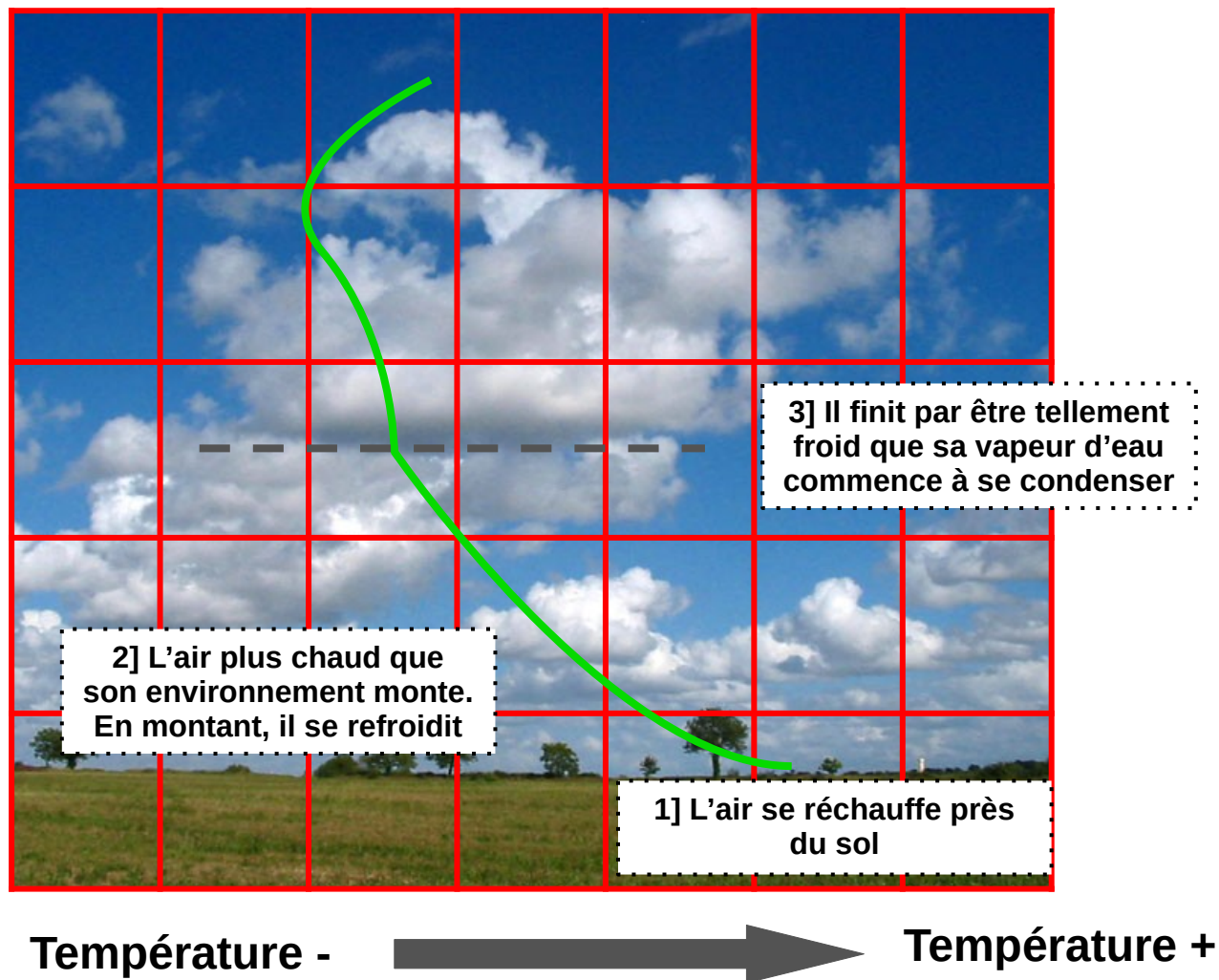


Température +



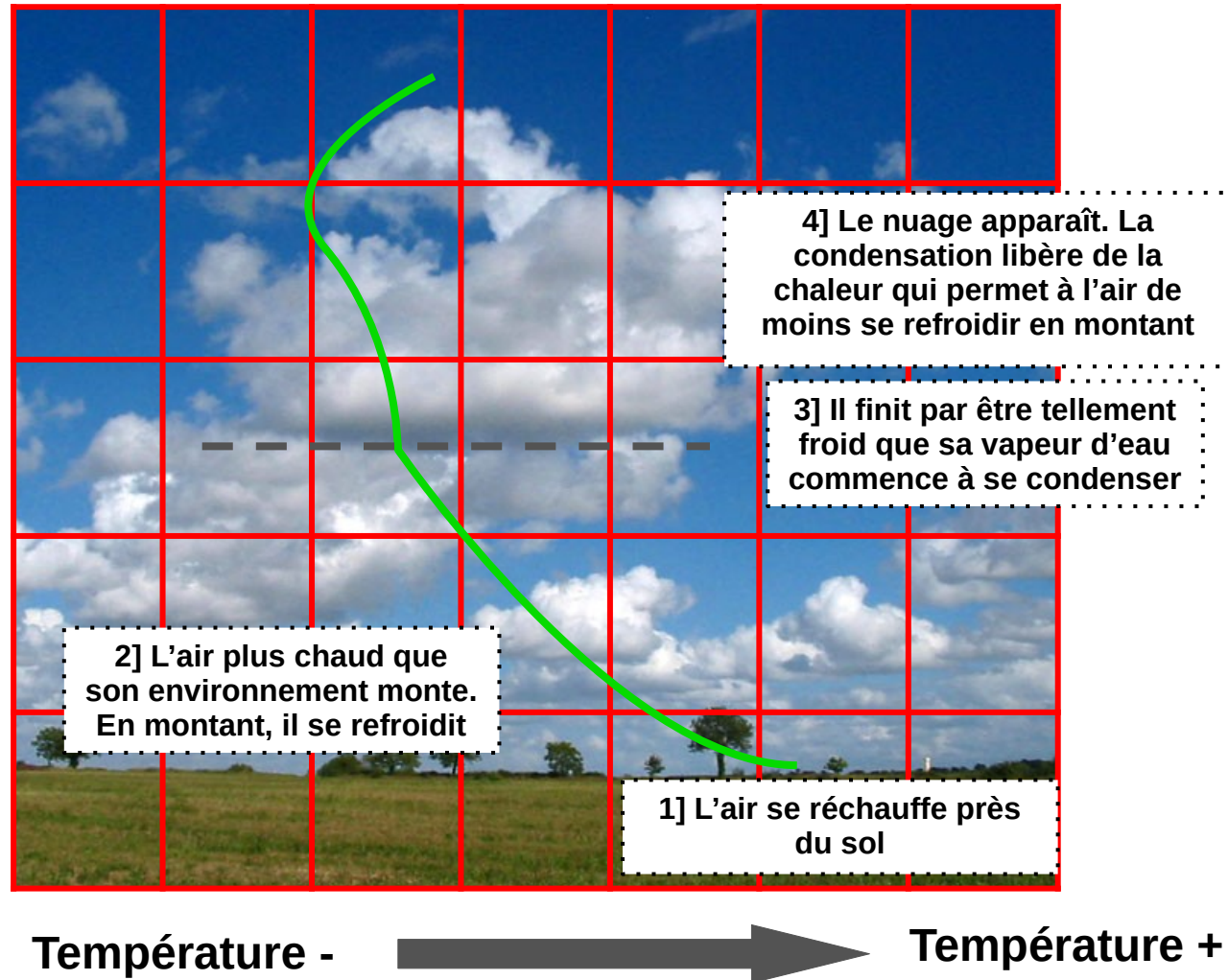
# Changement de phase de l'eau

- La transformation de la vapeur d'eau en eau liquide (condensation) libère de la chaleur (réchauffement)
- L'évaporation d'eau liquide en vapeur d'eau absorbe de la chaleur (refroidissement)
- Plus l'air est froid, moins il peut contenir de vapeur d'eau. Si l'air contient trop de vapeur d'eau, il est saturé, et commence à condenser



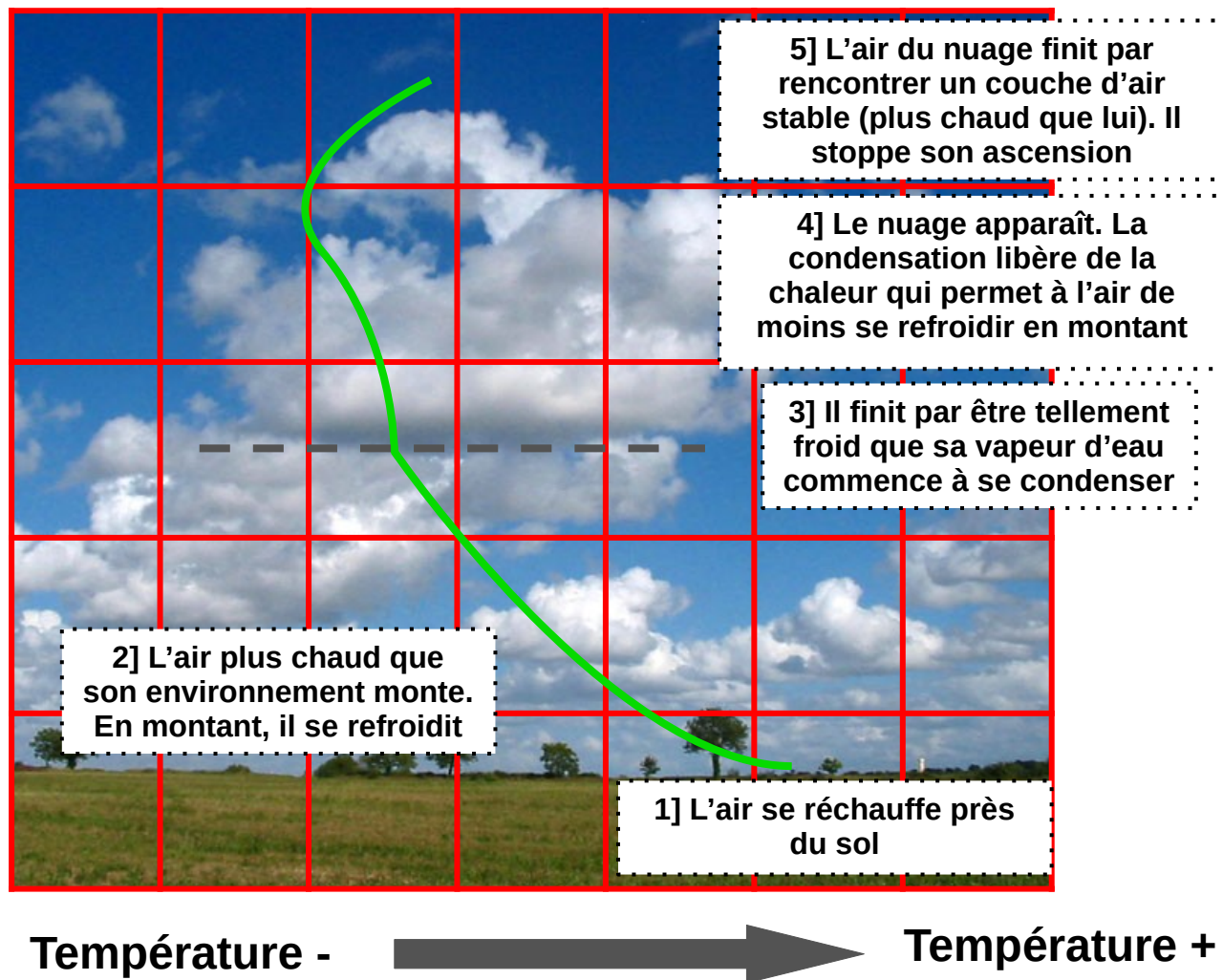
# Changement de phase de l'eau

- La transformation de la vapeur d'eau en eau liquide (condensation) libère de la chaleur (réchauffement)
- L'évaporation d'eau liquide en vapeur d'eau absorbe de la chaleur (refroidissement)
- Plus l'air est froid, moins il peut contenir de vapeur d'eau. Si l'air contient trop de vapeur d'eau, il est saturé, et commence à condenser



# Changement de phase de l'eau

- La transformation de la vapeur d'eau en eau liquide (condensation) libère de la chaleur (réchauffement)
- L'évaporation d'eau liquide en vapeur d'eau absorbe de la chaleur (refroidissement)
- Plus l'air est froid, moins il peut contenir de vapeur d'eau. Si l'air contient trop de vapeur d'eau, il est saturé, et commence à condenser



# Expérience avec un modèle préconstruit

**Le corps du modèle est déjà codé.** On va simplement changer :

- l'état initial (température, humidité, ... sol et atmosphère)
- l'environnement de la surface terrestre (nature du sol)
- les pas de discrétisation (dt, dx, dz)

Aller sous

<https://colab.research.google.com/github/utunl/TP-intro-modelisation/blob/main/Model.ele.ipynb>

*C'est un fichier de code python qui contient un modèle de couche limite atmosphérique, et quelques fonctions pour visualiser le résultat des simulations*