

MEHmed

MEDITERRANEAN ENVIRONMENTAL CHANGE MANAGEMENT

MASTER STUDY 6 - ECOSYSTEM BUILDING

Coordinator



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

info@mastermehmed.com
www.mastermehmed.com

PROJECT NUMBER: 598826-EPP-1-2018-1-ES-EPPKA2-CBHE-JP

Partners

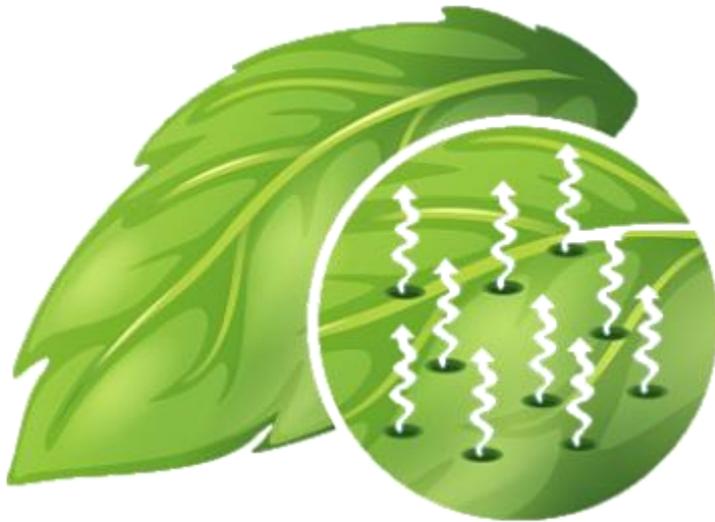




Bases physiques de l'évapotranspiration et méthodes de mesure

Asma Lasram

ISA CM



Utilisation de l'eau par la plante



Espèce	Le besoin en eau m ³ /ha	Production t/ha
Blé	5000	8
Betterave à sucre	7000	50
Tomate	7000	80
Pomme de terre	7000	25

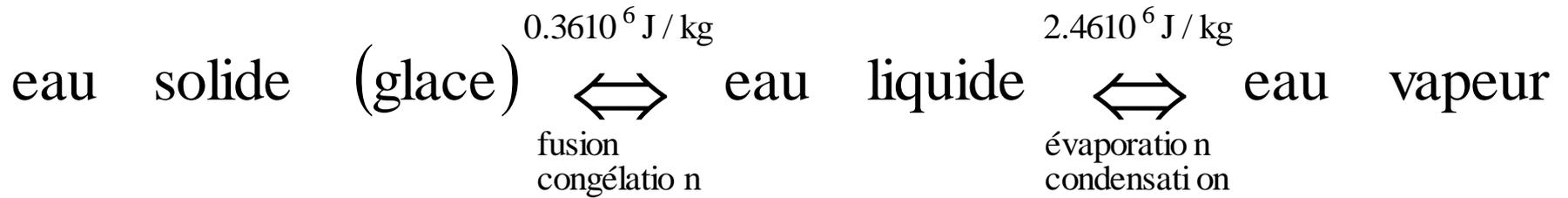


Utilisation de l'eau par la plante

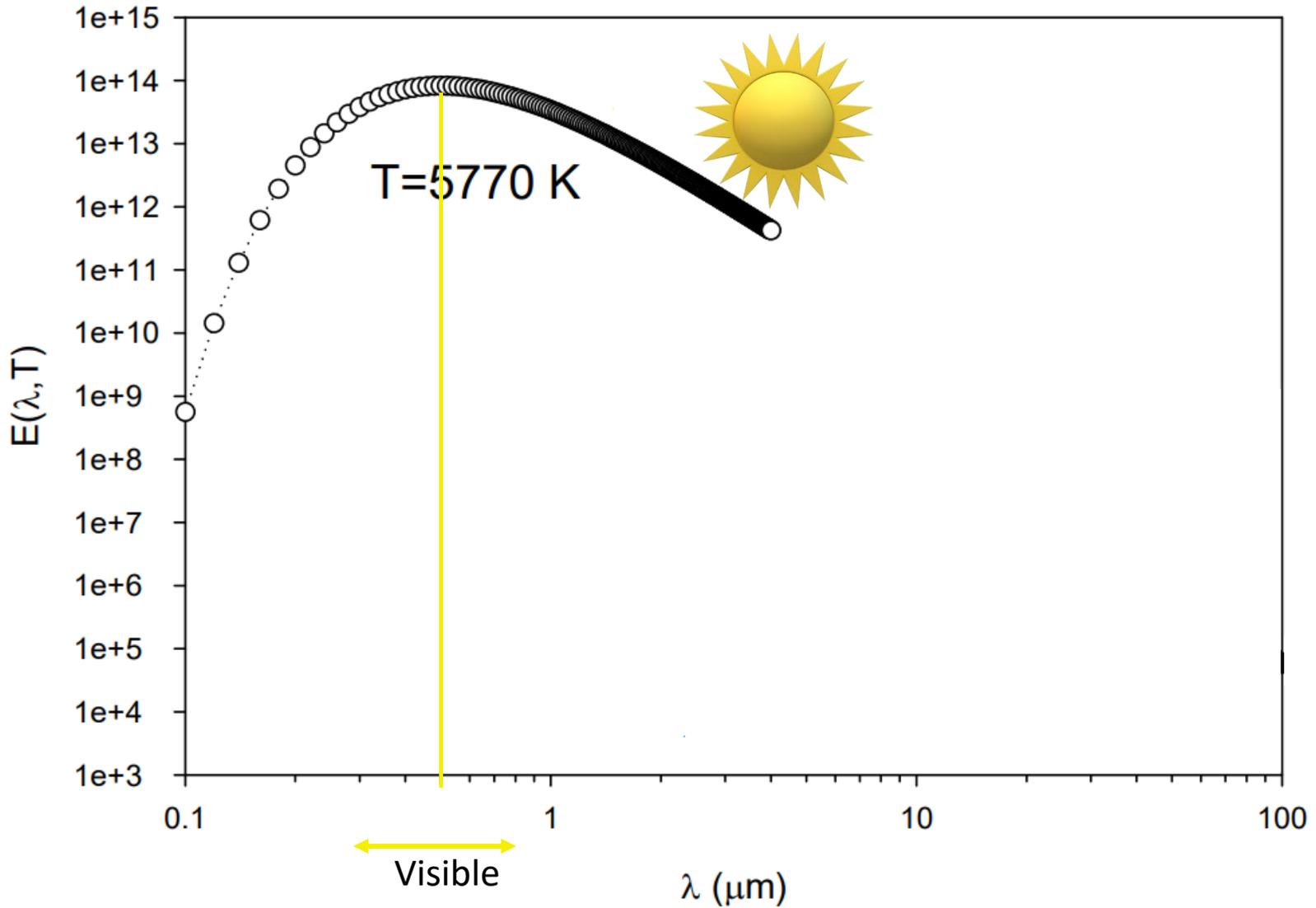
Espèce	Le besoin en eau m ³ /ha	Production t/ha	% en masse
Blé	5000	8	0.16
Betterave à sucre	7000	50	0.71
Tomate	7000	80	1.14
Pomme de terre	7000	25	0.35

La plante perd plus que 98% de l'eau absorbée par transpiration
2% au plus sert au processus de photosynthèse

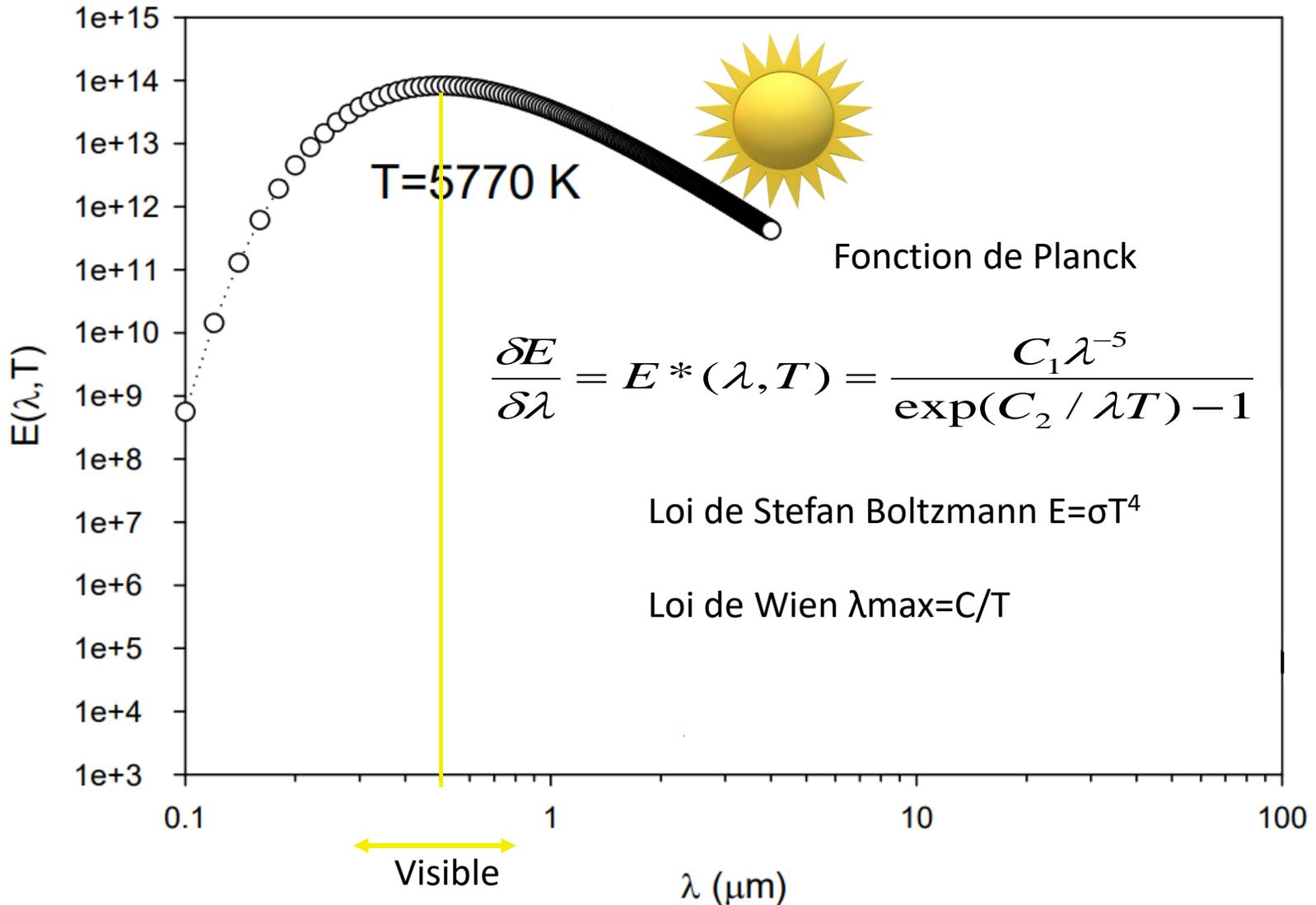
Changement de phase de l'eau



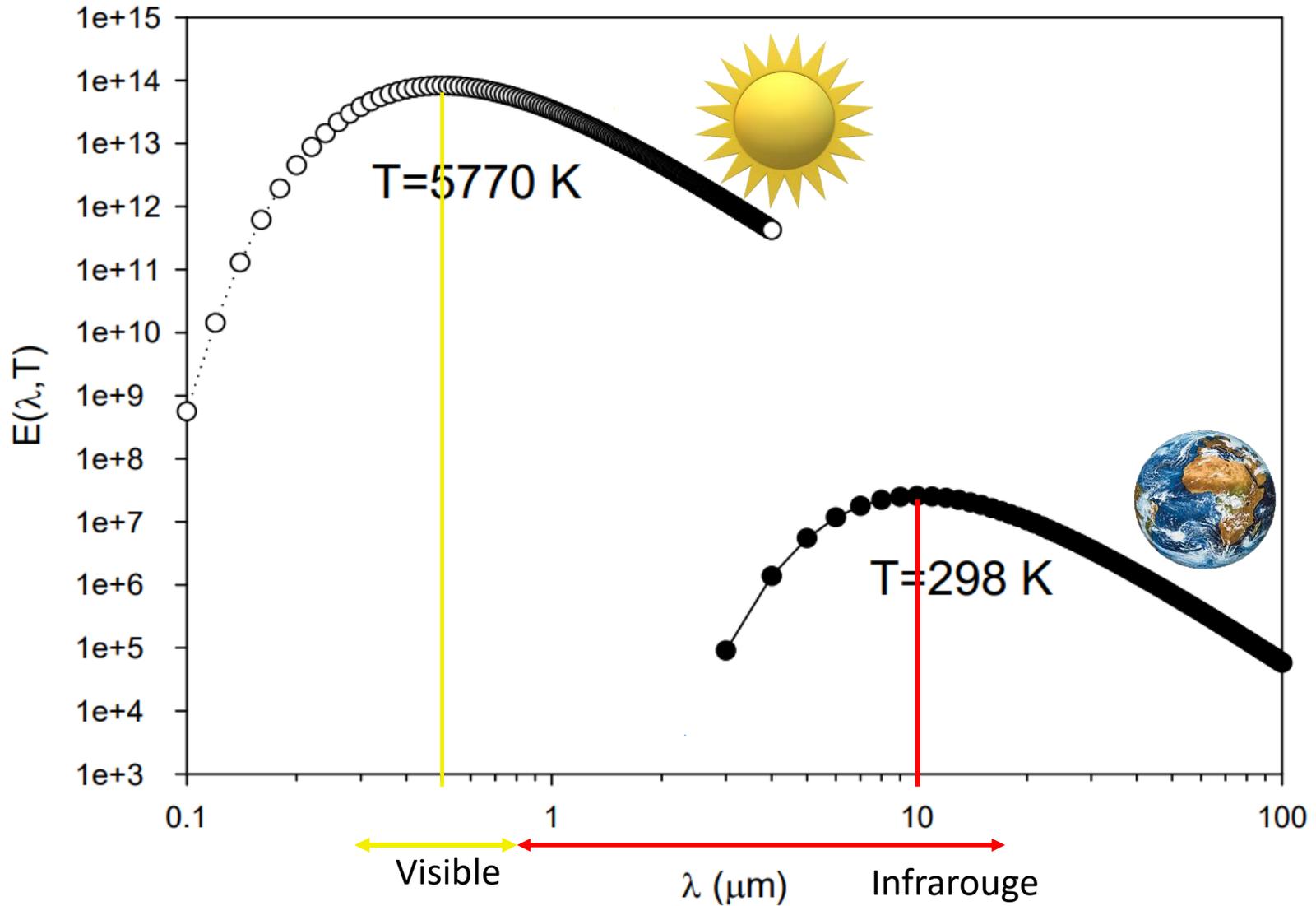
Bilan radiatif



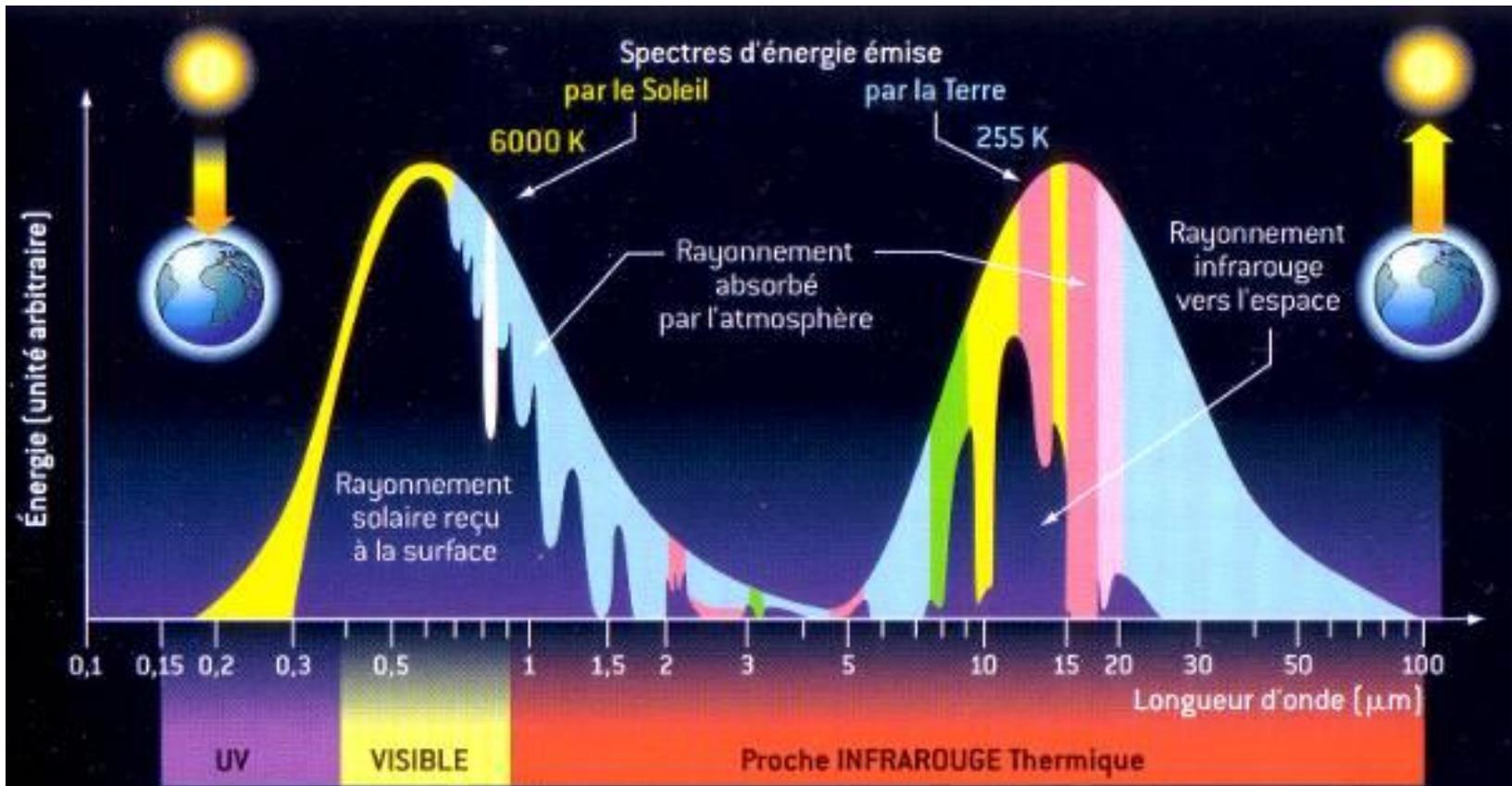
Bilan radiatif



Bilan radiatif



Bilan radiatif



Spectres d'énergie émise

Vapeur d'eau

Gaz carbonique

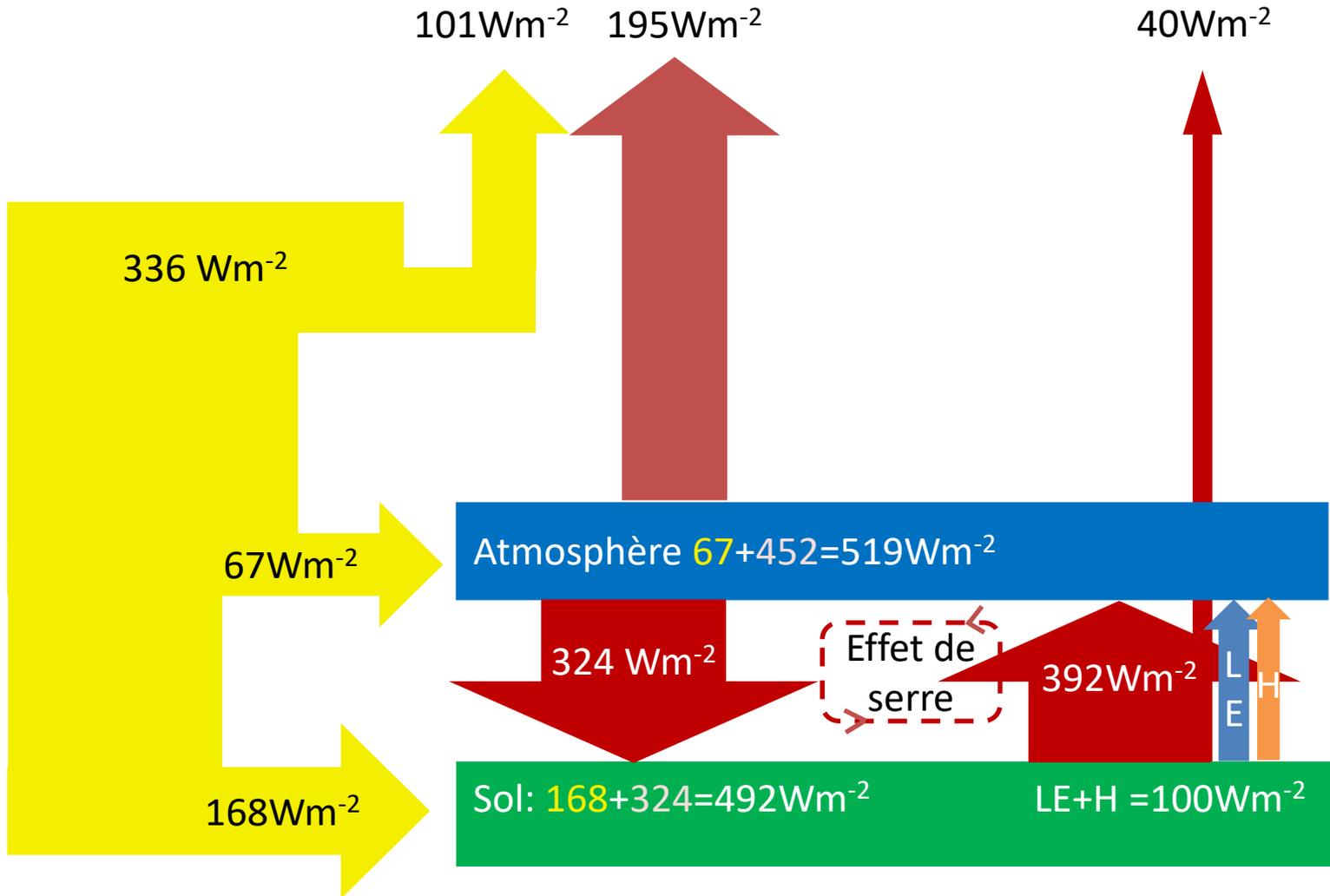
Ozone

Méthane

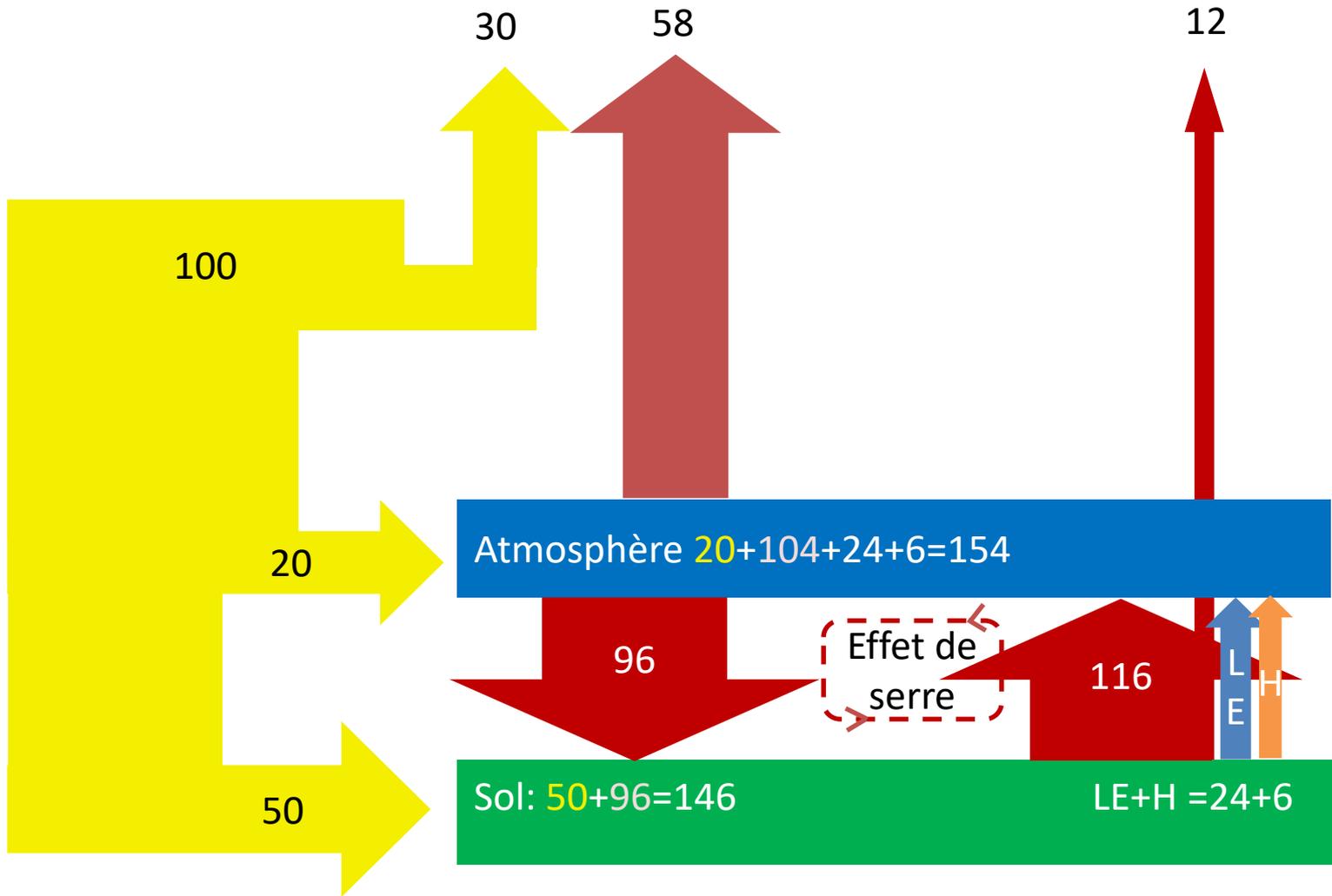
Oxygène

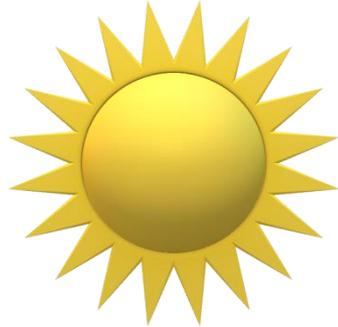
Protoxyde d'azote

Bilan radiatif



Bilan radiatif

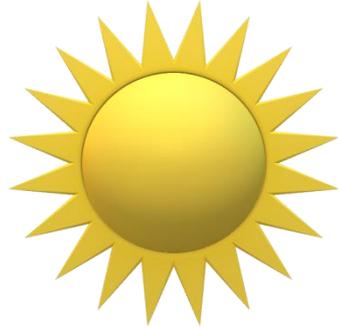




Bilan radiatif

$$R_g - aR_g + R_{atm} - R_s = R_{net}$$

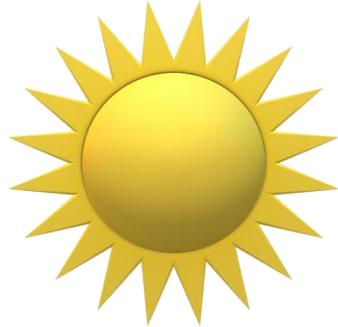




Bilan radiatif

$$(1-a)R_g + R_{atm} - \sigma T^4 = R_{net}$$





Bilan radiatif

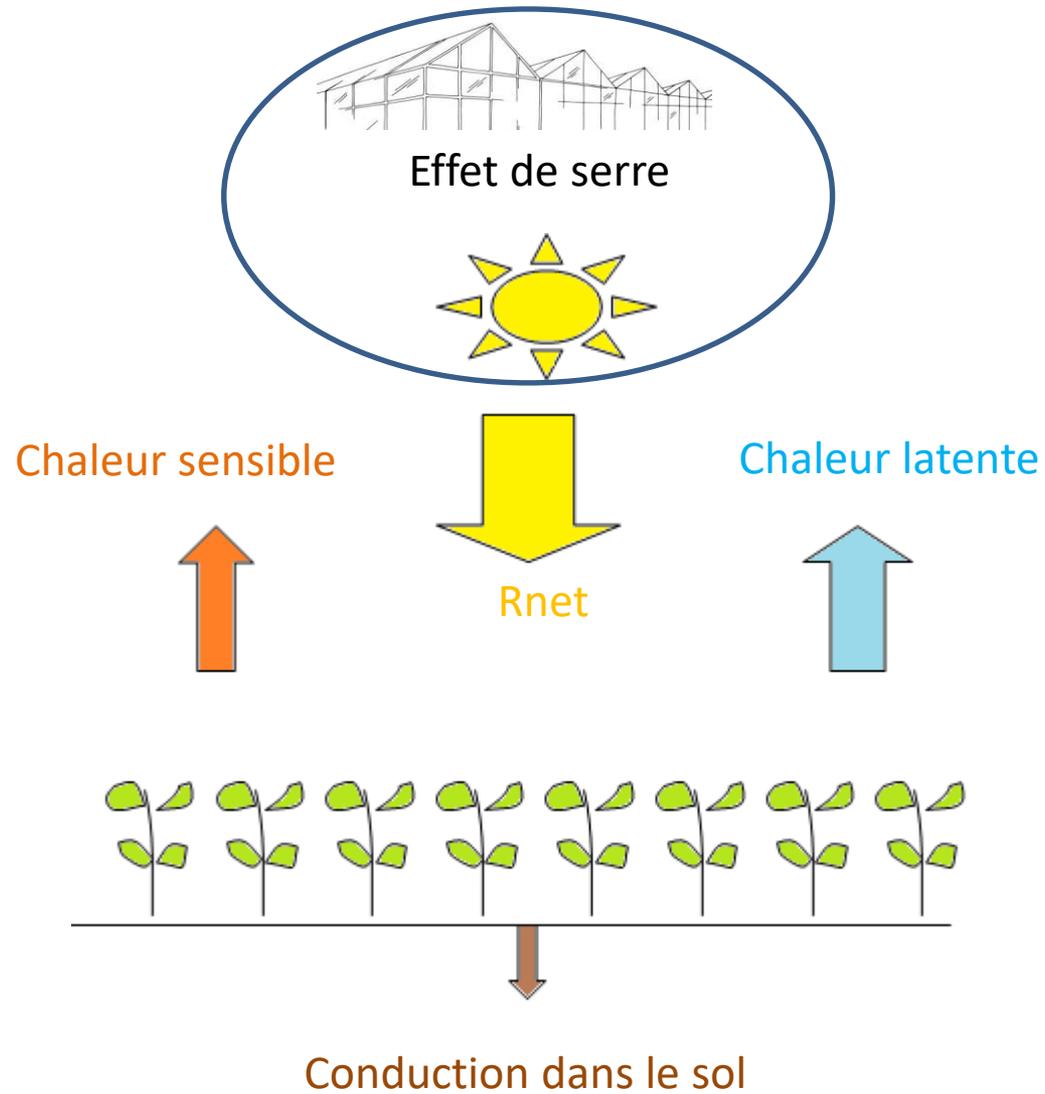
$$(1-a)R_g + R_{atm} - \sigma T^4 = R_{net}$$



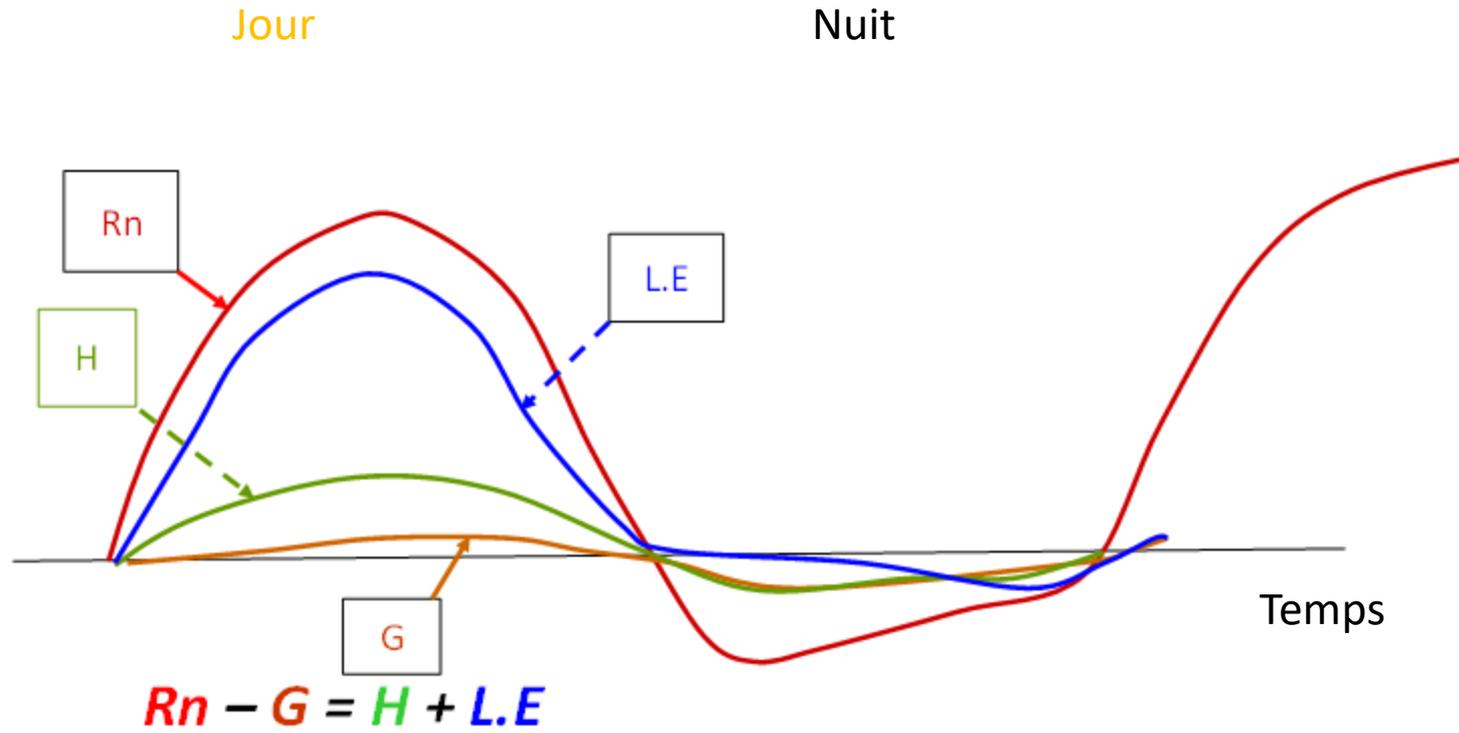
Si $R_{net} > 0$



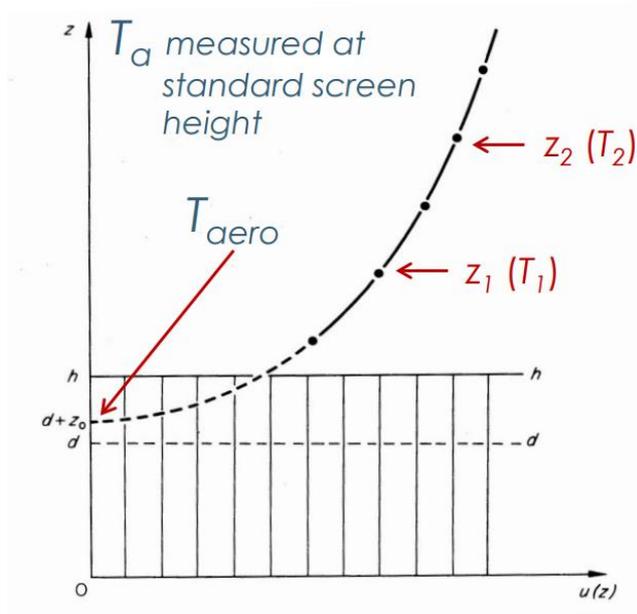
Bilan d'énergie



Bilan d'énergie

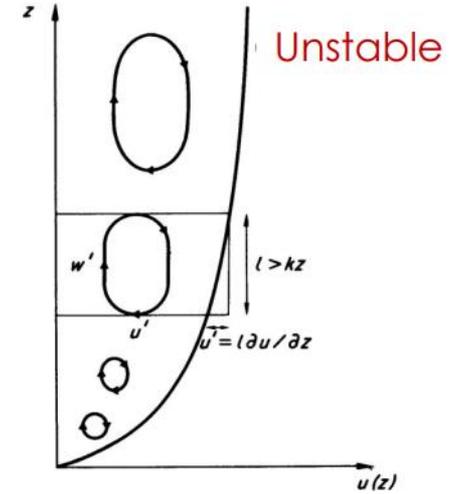
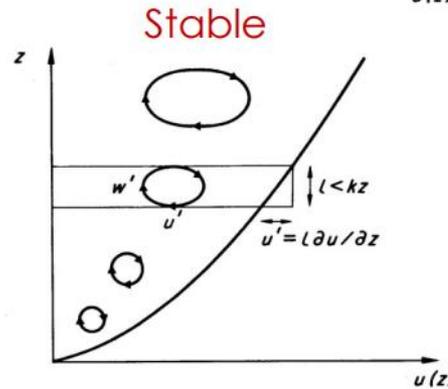
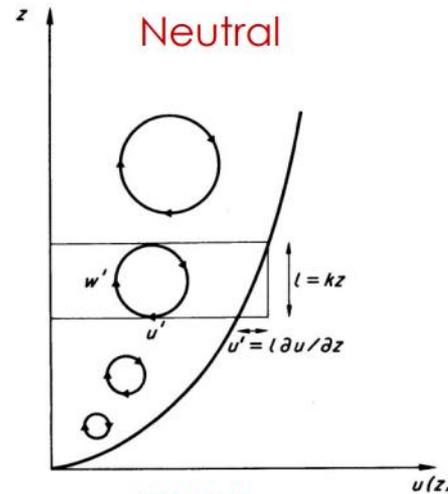


Bilan d'énergie



Condition de neutralité

$$ra = \frac{Ln\left(\frac{z_2}{z_1}\right)}{u_* k}$$

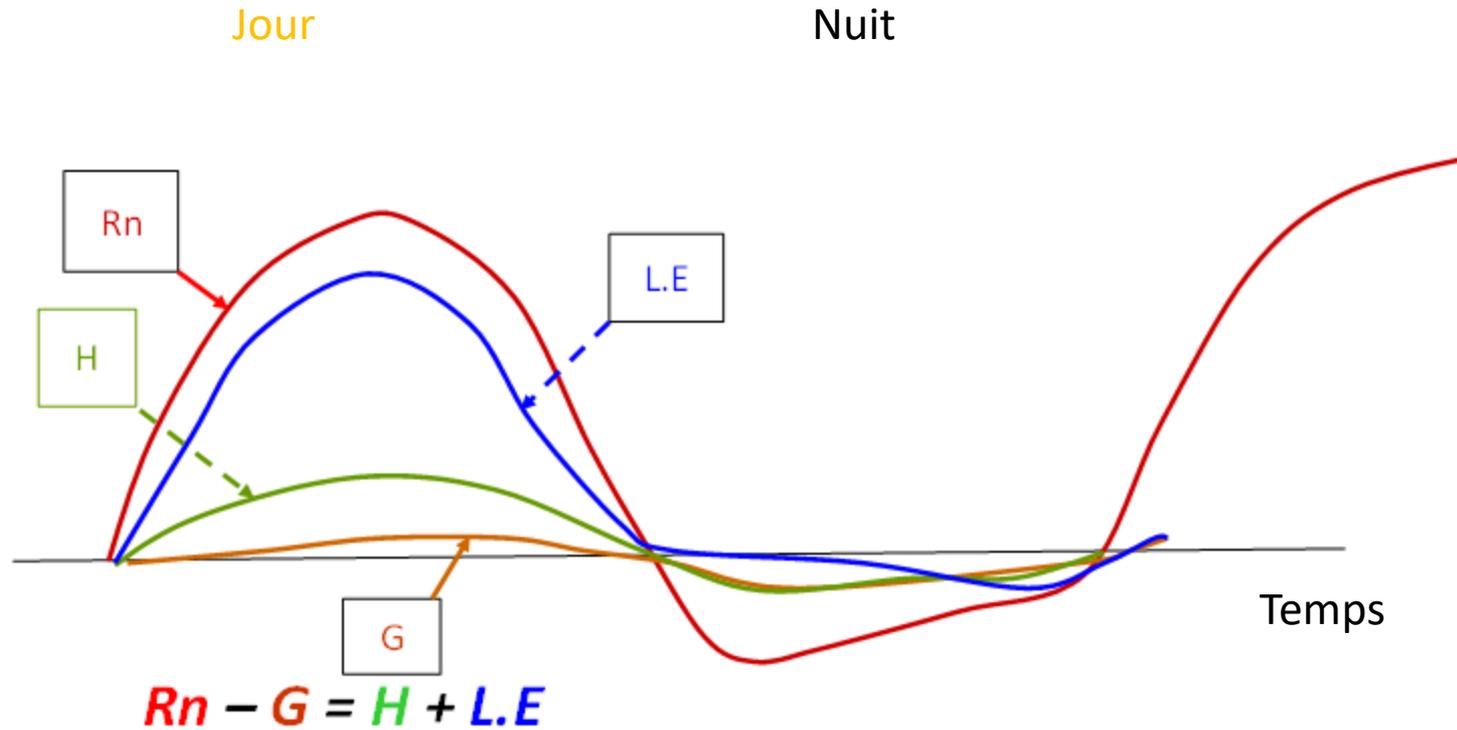


$$L = \frac{\rho_a c_p u_*^3 T_s}{k g H}$$

Longeur de mélange
Monin-Obukhov (L)

ra nécessite des corrections en fonction des conditions de stabilité de l'air

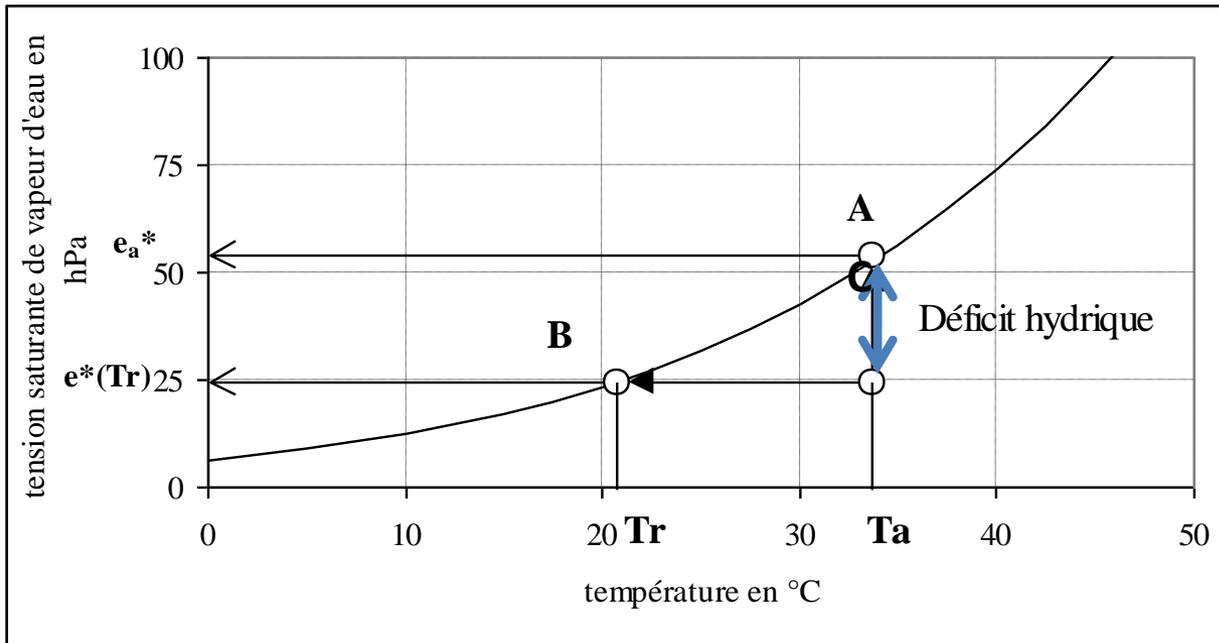
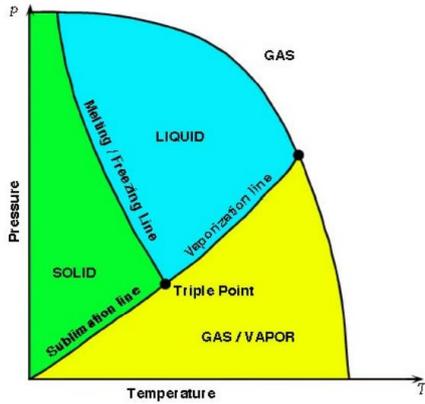
Bilan d'énergie



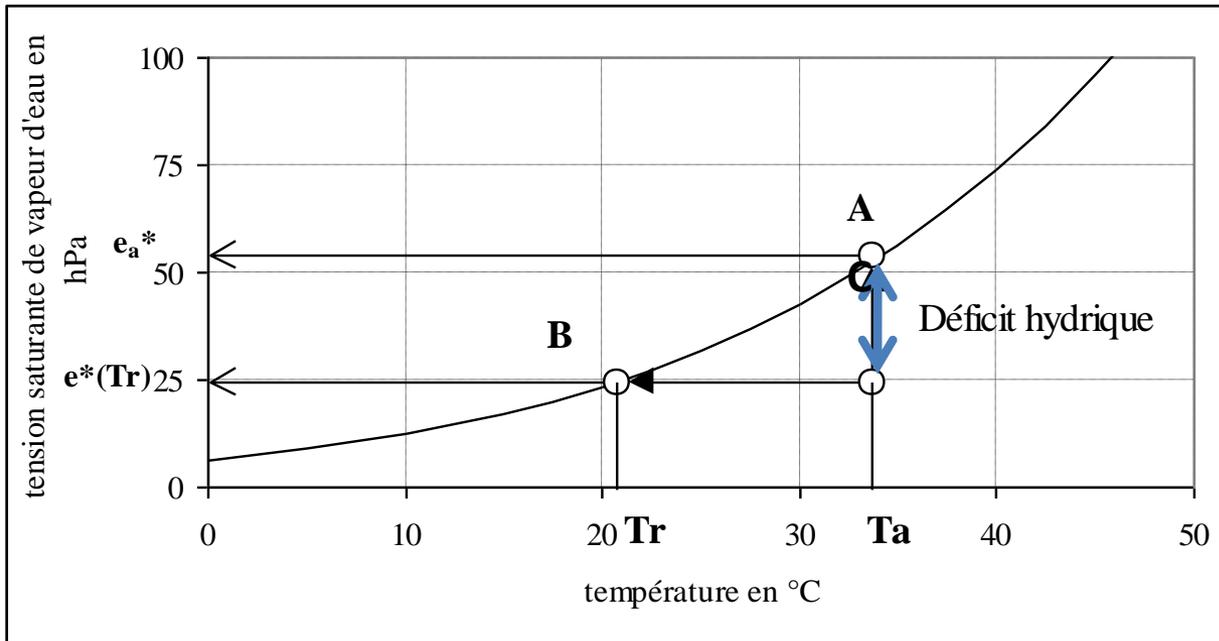
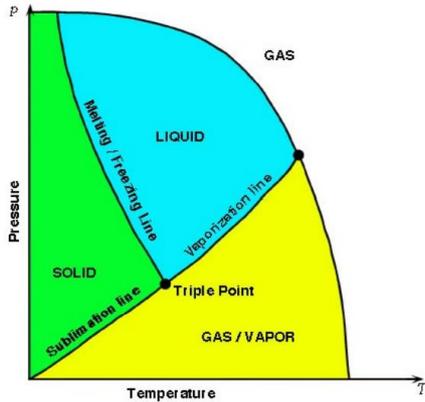
Chaleur latente LE

$$E = C_w ([H_2O]_s - [H_2O]_{air})$$

Humidité de l'air



Humidité de l'air



$$HR = \frac{e_a}{e_a^*} 100 = \frac{e^*(T_r)}{e^*(T_a)} 100$$

Couplage du bilan radiatif et d'énergie

$$Rn - G = H + LE = \rho C_p \frac{(T_s - T_a)}{ra} + \frac{\rho C_p}{\gamma} \frac{e_s^* - e_a}{ra + rs}$$

Dépendent de la température de surface du couvert végétal

Couplage du bilan radiatif et d'énergie: équation Penman-Montheith

$$LE = \frac{\Delta(Rn - G) + \rho C_p(e(Ta) - e(Tr)) / r_a}{\Delta + \gamma(1 + r_s / r_a)}$$

Δ étant la pente de la courbe de pression de vapeur saturante par rapport à la température,

$e(Ta) - e(Tr)$ étant le déficit de saturation de l'air à la hauteur de référence (là où s'effectue les mesures)

Evapotranspiration de référence (ET₀)

Bulletin 56 de la FAO, Allen et al., 1998

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e(T_a) - e(T_r))}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)}$$

ET₀ reference evapotranspiration [mm /jour],
R_n Rayonnement net de la surface du couvert [MJ m⁻² jour⁻¹],
G densité de flux de conduction dans le sol [MJ m⁻² jour⁻¹],
T température journalière moyenne à 2m de hauteur [°C],
u₂ vitesse du vent à 2m de hauteur [m s⁻¹],
e_s pression saturante de vapeur [kPa],
e_a pression réelle de vapeur [kPa],
e_s - e_a déficite hydrique de l'air [kPa],
D pente de la courbe de saturation [kPa °C⁻¹],
γ constante psychrométrique [kPa °C⁻¹].

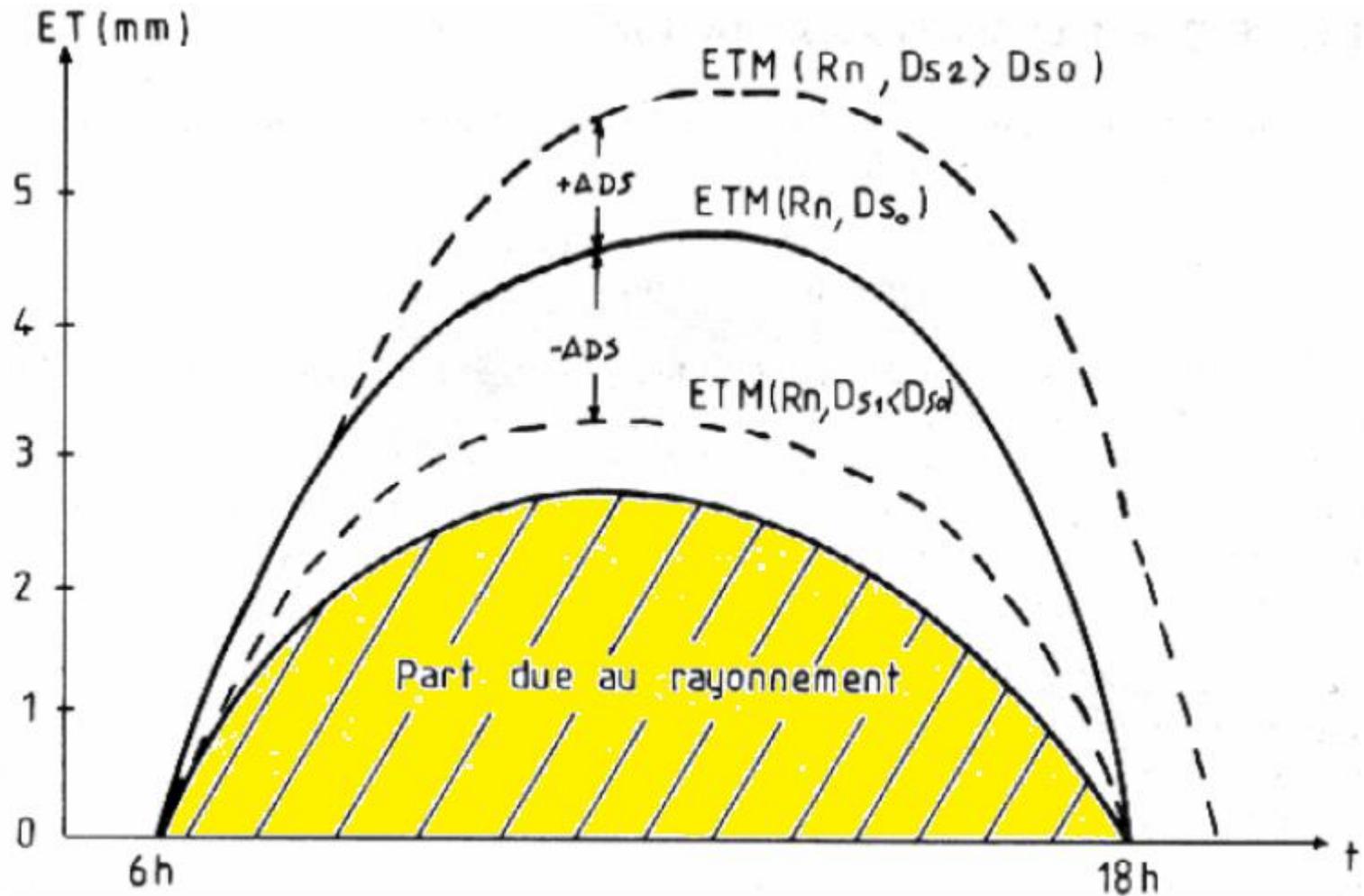
Evapotranspiration de référence

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e(T_a) - e(T_r))}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)}$$

$ET_0 = f(\text{Energie disponible}) + f'(\text{Déficit hydrique de l'air})$

G est négligée à l'échelle de la journée

Déficit hydrique de l'air

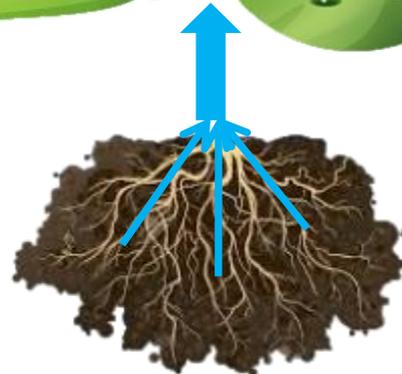
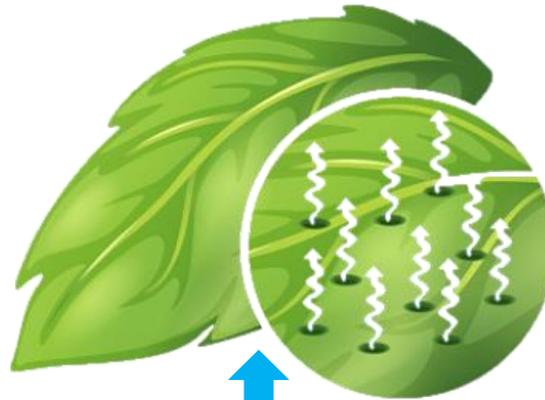


Bilan radiatif/Bilan d'énergie/bilan hydrique

$$R_g - aR_g + R_{atm} - R_s = \text{Chaleur sensible} + \text{transpiration} = R_{net}$$

Température d'équilibre optimale

Rendement optimal



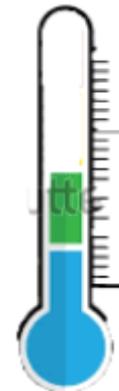
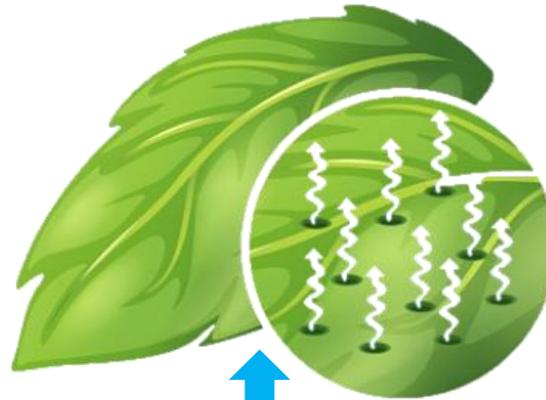
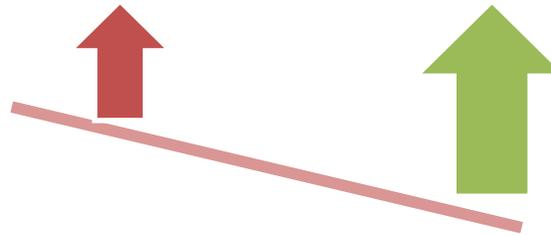
Disponibilité de l'eau dans le sol

Disponibilité hydrique du sol

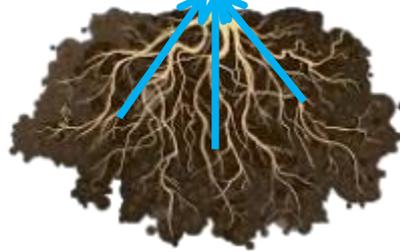
$$\text{Chaleur sensible} + \text{évapotranspiration} = R_{\text{net}}$$



Stomate ouvert

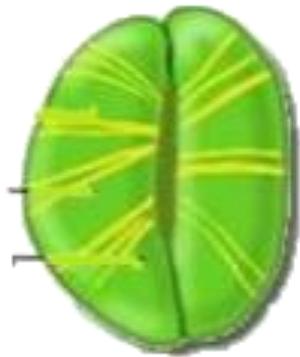


Eau disponible dans le sol

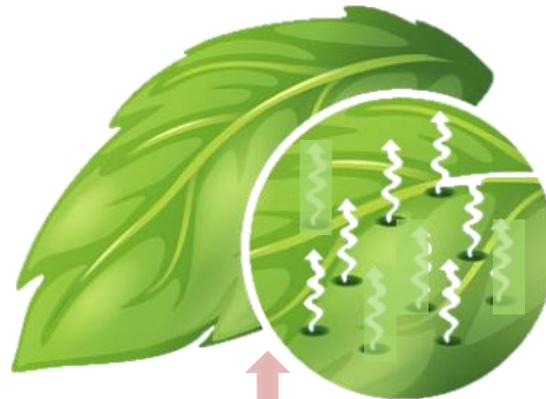


Indicateur de stress: température de surface

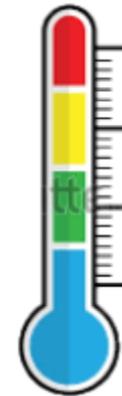
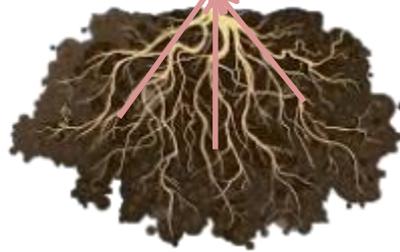
Chaleur sensible + évapotranspiration = R_{net}



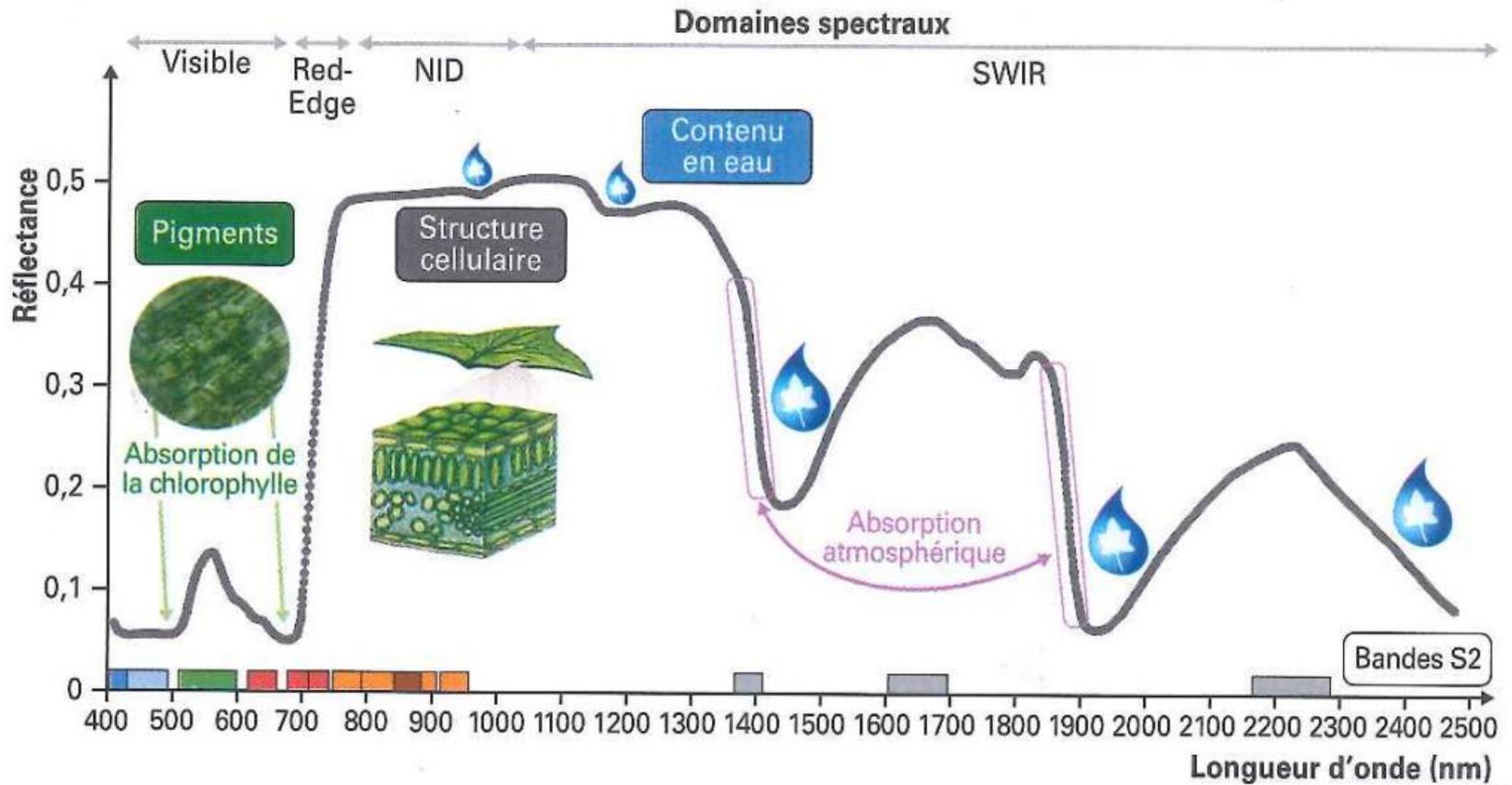
Stomate fermé

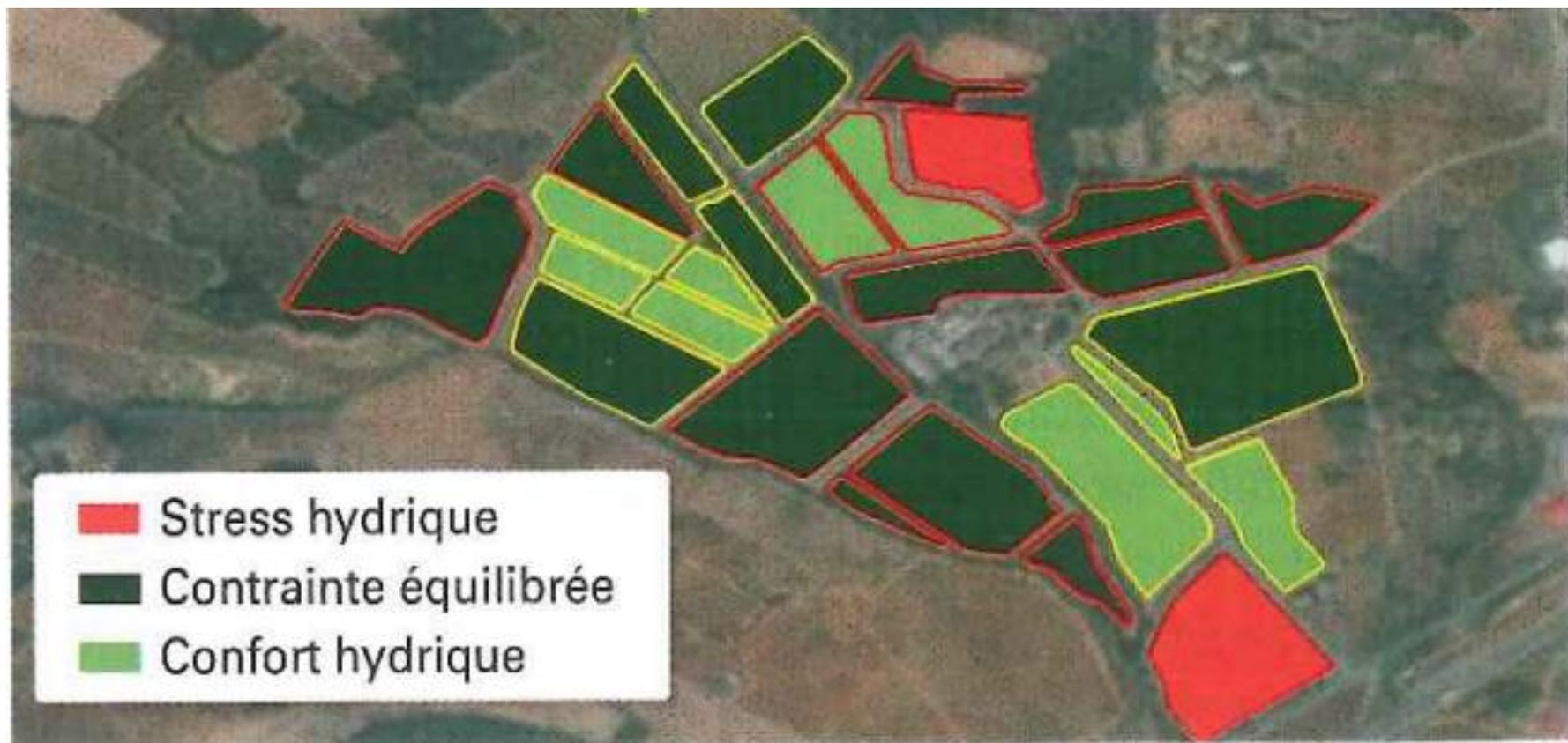


Faible disponible de l'eau
dans le sol



Indicateur de stress: réflectance spectrale





Merci pour votre attention