

HELMo – GRAMME
Master 1 - GED

Gestion des effluents solides
et gazeux

Impacts environnementaux

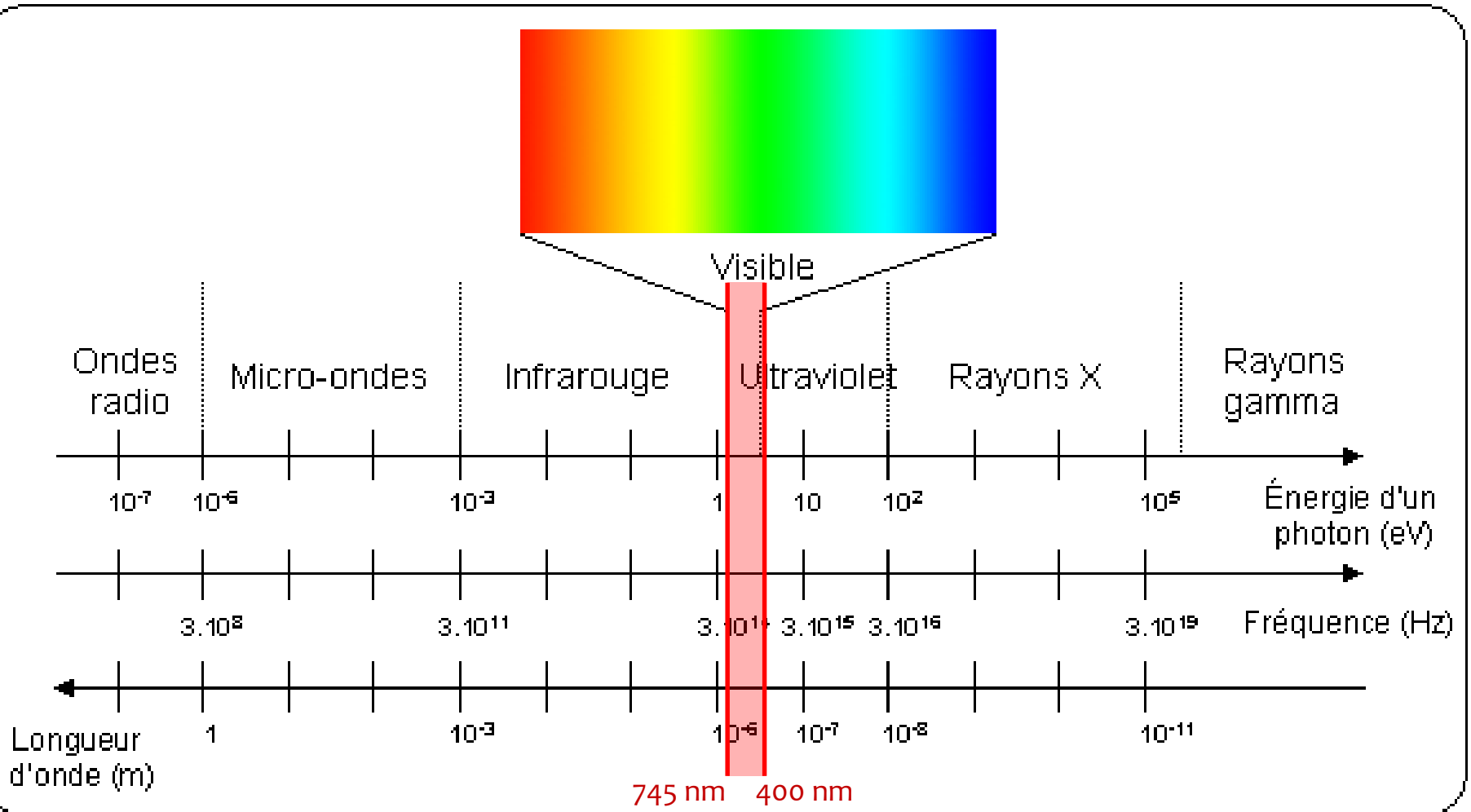
Impacts environnementaux

Rappel (cf. cours Gestion de l'environnement)

Intensification de l'effet de serre

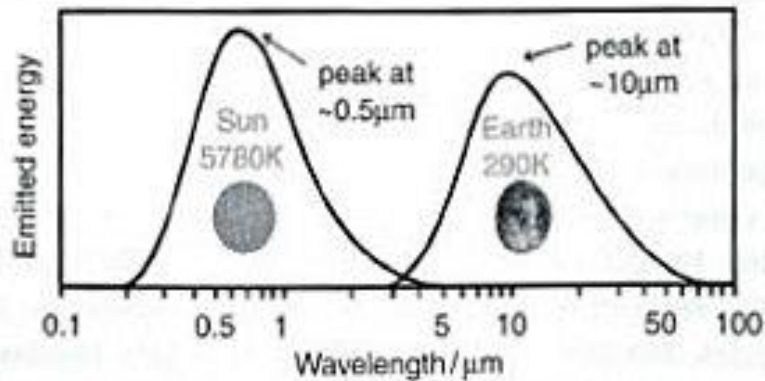
Intensification de l'effet de serre

- Rappel : le spectre électromagnétique



Intensification de l'effet de serre

■ Lois de radiation thermique



- Soleil $T_s = 5800 \text{ K}$
 - ↪ $0,3 \mu\text{m} < \lambda < 3 \mu\text{m}$
 - ↪ Émission dans le visible
- Terre $T_s = 290 \text{ K}$ (T_{amb})
 - ↪ $4 \mu\text{m} < \lambda < 40 \mu\text{m}$
 - ↪ Émission dans l'IR

$$\lambda_{pic}(nm) = \frac{2,897}{T}$$

Intensification de l'effet de serre

■ Lois de radiation thermique

- ❑ Tout corps émet des radiations qui dépendent de la température et de l'état de surface
- ❑ Corps noir : cas idéal
- ❑ Corps gris : émissivité caractérise non-idéalité

$$E_b = \sigma T_s^4$$

$$E_b = \varepsilon \sigma T_s^4$$

E = Énergie rayonnée (W/m²)

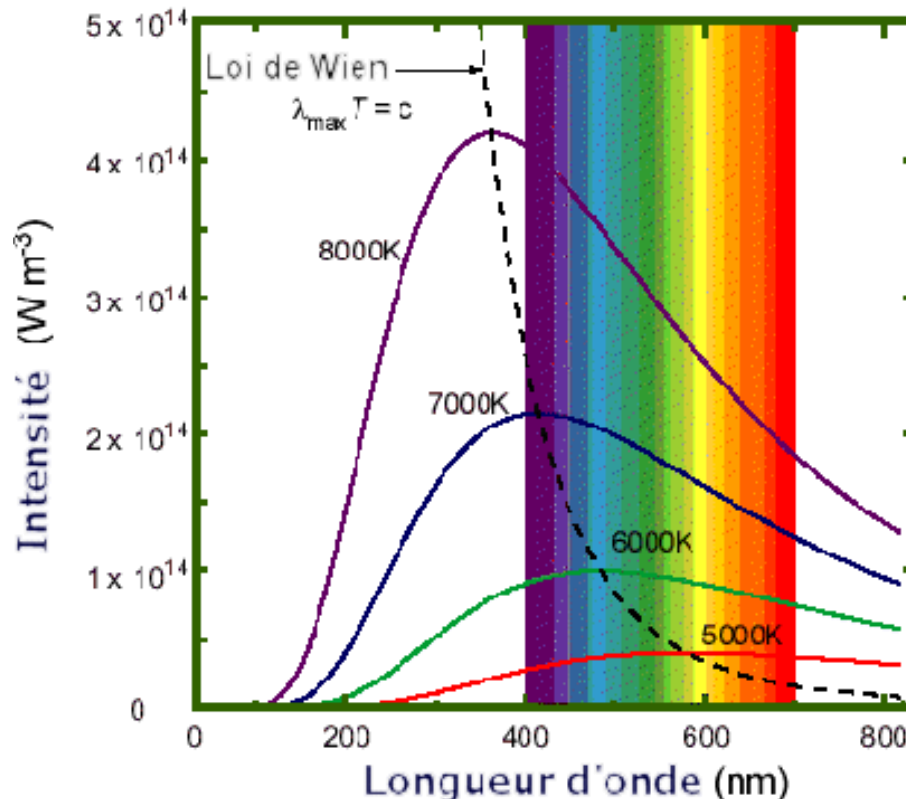
$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}$ (N/m²K⁴) – Constante de Stephan-Boltzmann

T = Température (K)

ε = Émissivité (0 à 1)

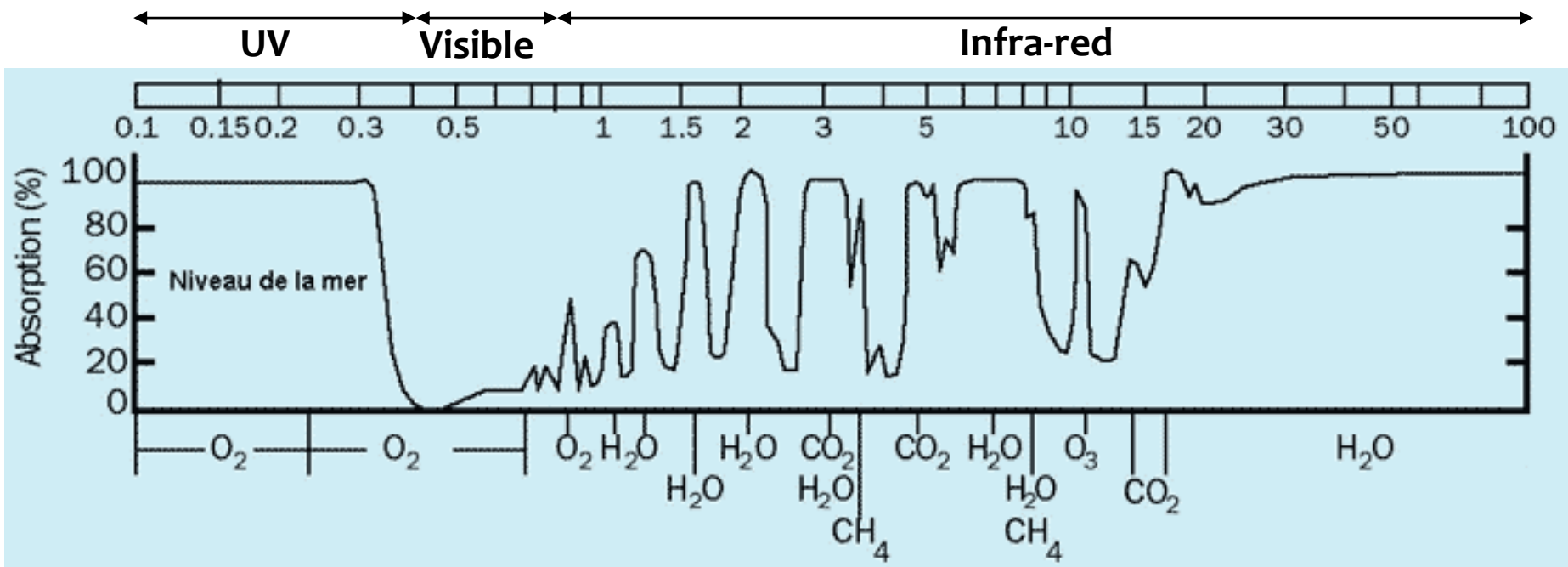
Intensification de l'effet de serre

- Lois de radiation thermique
 - Selon la température de surface, l'énergie est rayonnée dans une gamme particulière de longueurs d'ondes
 - = émission polychromatique → Loi de Planck

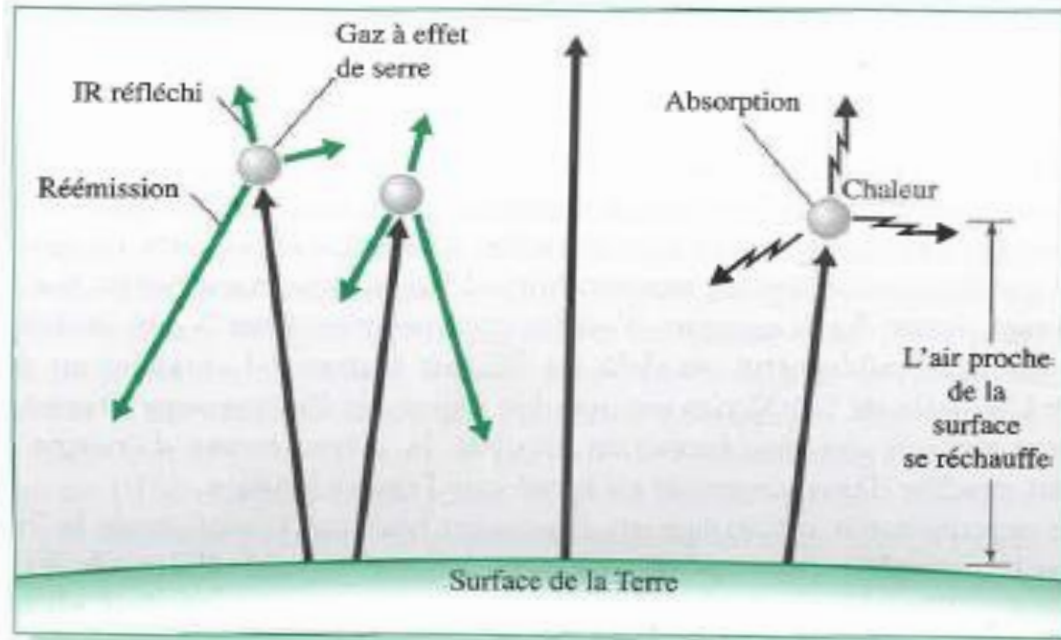


Intensification de l'effet de serre

- Existence d'un effet de serre naturel
 - Gaz naturellement présents dans l'atmosphère absorbent le rayonnement
 - Du soleil dans l'UV - Stratosphère
 - De la terre dans l'IR - Troposphère



Gaz à effet de serre : sources et impacts



Gaz à effet de serre : sources et impacts

■ Classement selon GWP = global warming potential

Table 2: Global Warming Potentials (GWP) and Atmospheric Lifetimes (Years) Used in the Inventory

| Gas | Atmospheric Lifetime | 100-year GWP ^a | 20-year GWP | 500-year GWP |
|---|----------------------|---------------------------|-------------|--------------|
| Carbon dioxide (CO ₂) | 50-200 | 1 | 1 | 1 |
| Methane (CH ₄) ^b | 12±3 | 21 | 56 | 6.5 |
| Nitrous oxide (N ₂ O) | 120 | 310 | 280 | 170 |
| HFC-23 | 264 | 11,700 | 9,100 | 9,800 |
| HFC-125 | 32.6 | 2,800 | 4,600 | 920 |
| HFC-134a | 14.6 | 1,300 | 3,400 | 420 |
| HFC-143a | 48.3 | 3,800 | 5,000 | 1,400 |
| HFC-152a | 1.5 | 140 | 460 | 42 |
| HFC-227ea | 36.5 | 2,900 | 4,300 | 950 |
| HFC-236fa | 209 | 6,300 | 5,100 | 4,700 |
| HFC-4310mee | 17.1 | 1,300 | 3,000 | 400 |
| CF ₄ | 50,000 | 6,500 | 4,400 | 10,000 |
| C ₂ F ₆ | 10,000 | 9,200 | 6,200 | 14,000 |
| C ₄ F ₁₀ | 2,600 | 7,000 | 4,800 | 10,100 |
| C ₆ F ₁₄ | 3,200 | 7,400 | 5,000 | 10,700 |
| SF ₆ | 3,200 | 23,900 | 16,300 | 34,900 |

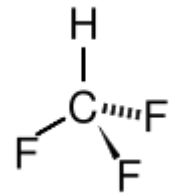
Source: IPCC (1996)

^a GWPs used here are calculated over 100 year time horizon

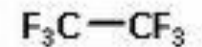
^b The methane GWP includes the direct effects and those indirect effects due to the production of tropospheric ozone and stratospheric water vapor. The indirect effect due to the production of CO₂ is not included.

■ GHG principaux = CO₂, CH₄, N₂O, SF₆, HFC, PFC

- ❑ HFC = Hydrofluorocarbure : C, H, F
- ❑ PFC = Perfluorocarbure : C, F



HFC-23
Trifluorométhane



C₂F₆
Hexafluoroéthane

Gaz à effet de serre : sources et impacts

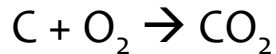
■ Production naturelle

- CO₂ : respiration, décomposition biologique, mers
- CH₄ : décomposition biologique, sites humides, ...

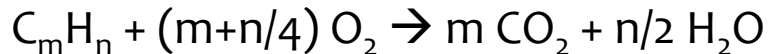
■ Production anthropique

- CO₂ : combustion de combustibles fossiles
- CH₄ : combustion de biomasse, décharges, élevage de bétail, ...

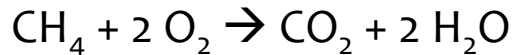
Charbon : PCI = 30000 kJ/kg



Fuel : PCI = 40000 kJ/kg



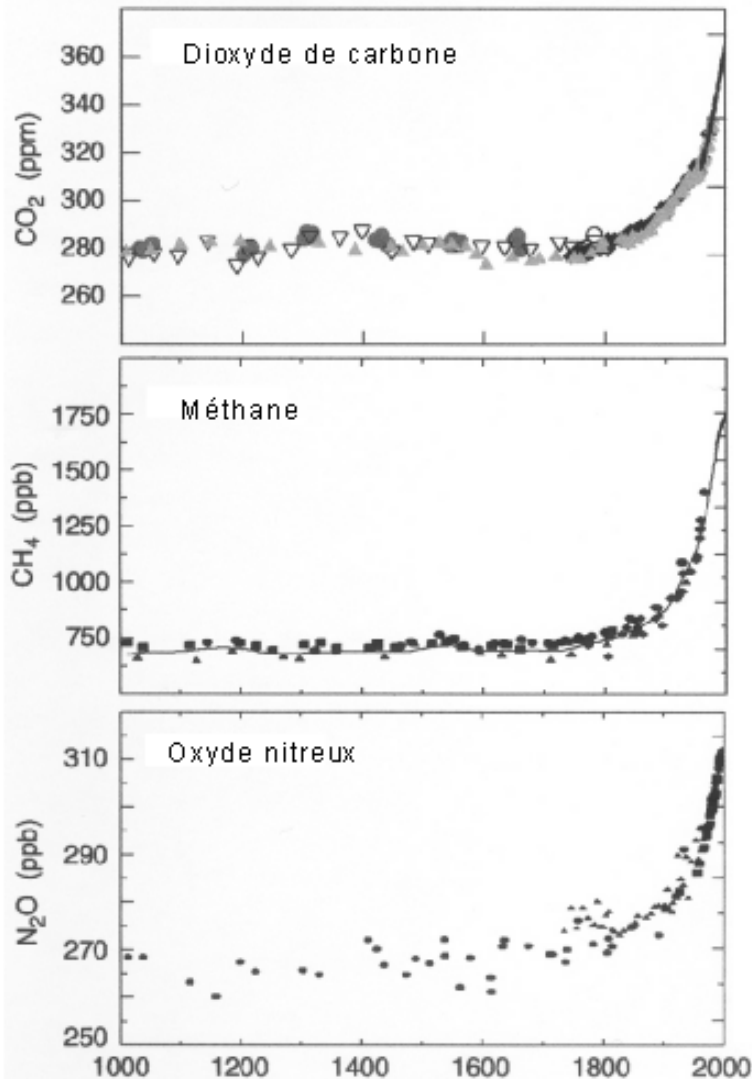
Gaz naturel : PCI = 38000 kJ/kg



| | Tonne CO ₂ /TJ | % Relatif |
|-------------|---------------------------|-----------|
| Charbon | 98 | 100 |
| Fuel | 72 | 73.5 |
| Gaz naturel | 50 | 51 |

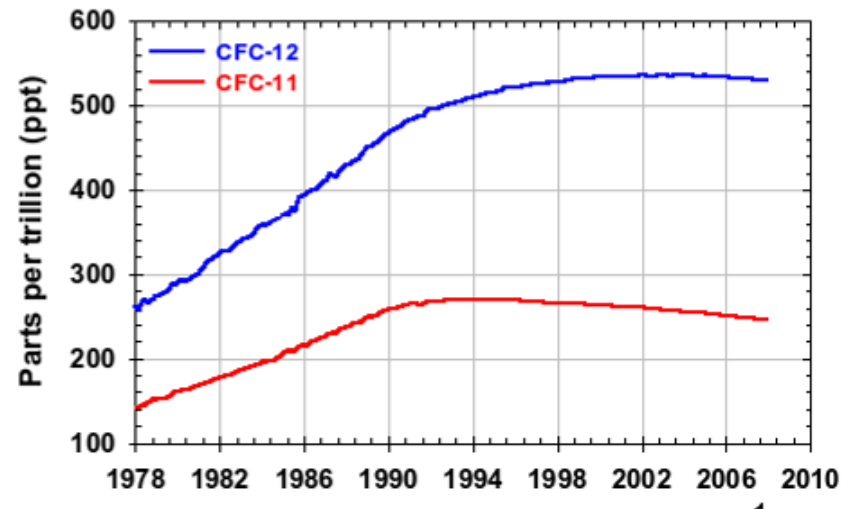
Intensification de l'effet de serre

Teneurs dans l'atmosphère



Selon IPCC, rapport 2001

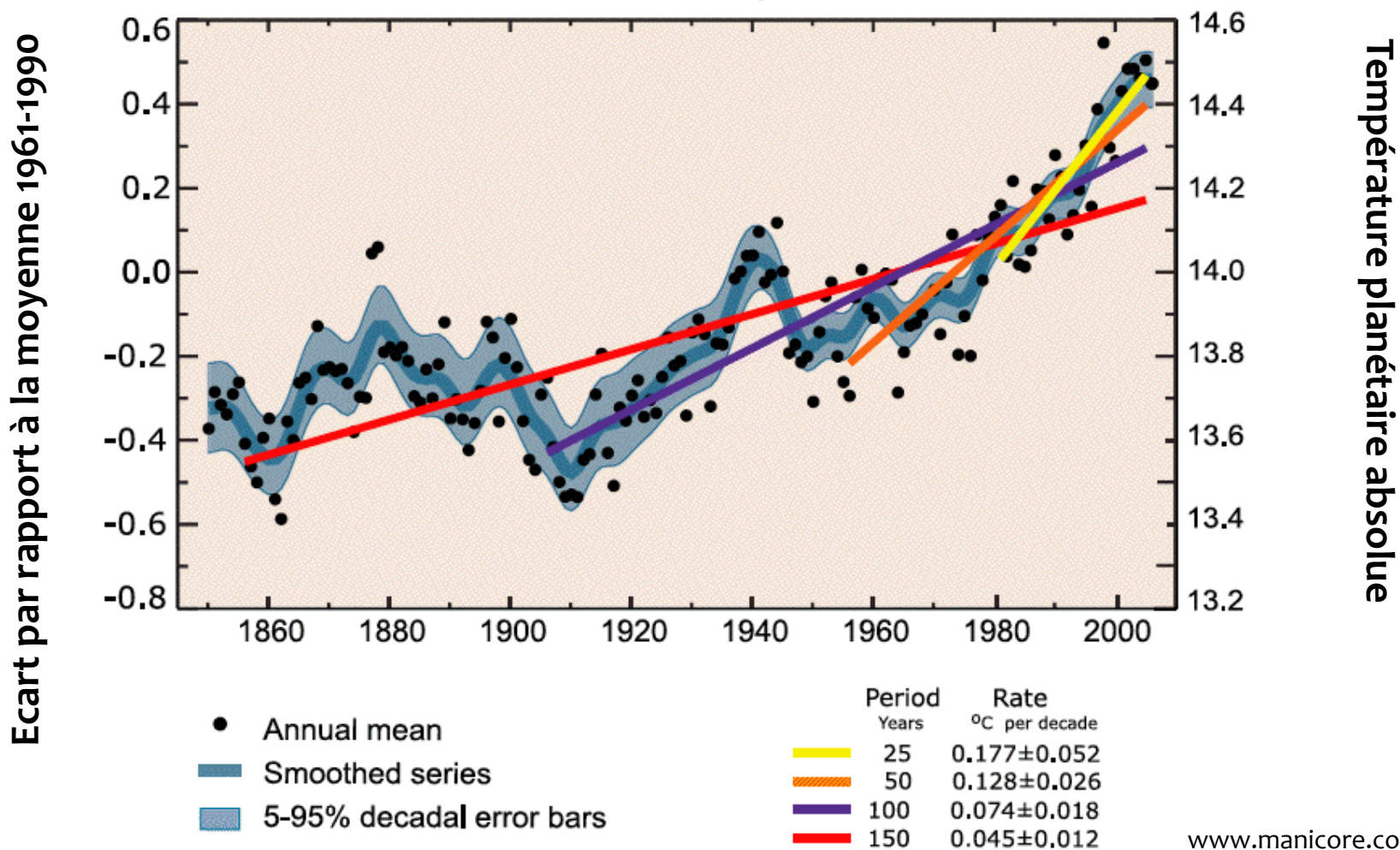
- CO₂
Augmentation de 31% depuis 1750
Croissance 0.4%/an depuis 20 ans dont
75% dus aux combustibles fossiles
- CH₄
Augmentation de 151% depuis 1750
- N₂O
Augmentation de 17% depuis 1750



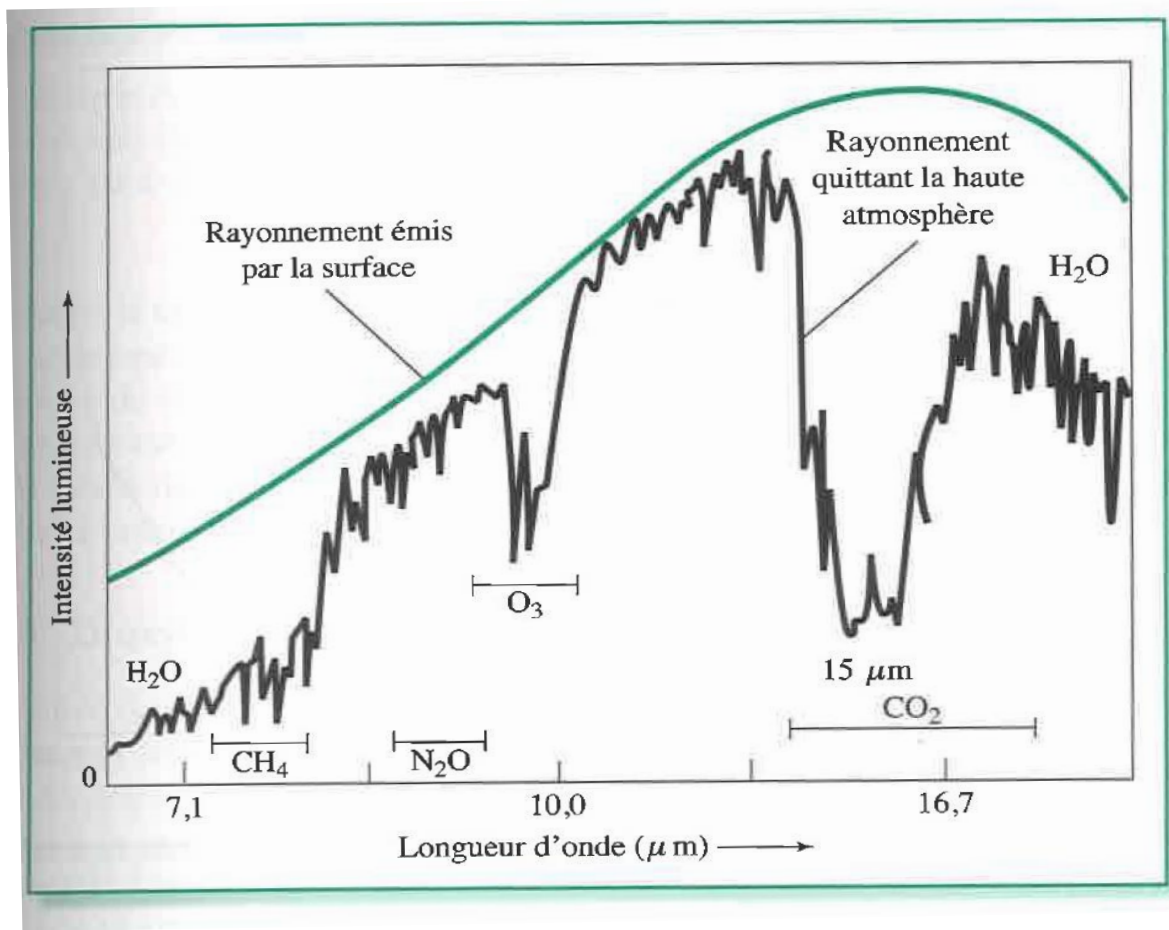
www.esrl.noaa.gov/gmd/aggi/aggi_2008.fig2.png

Intensification de l'effet de serre

- Impact primaire = réchauffement climatique

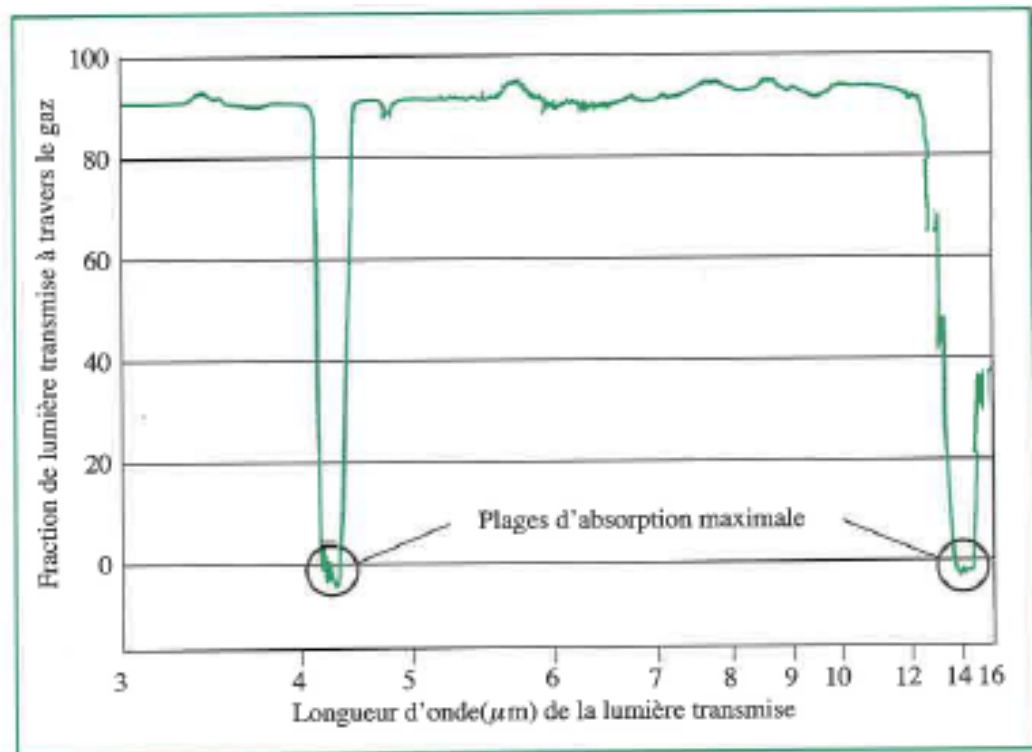


Absorption IR par les GES



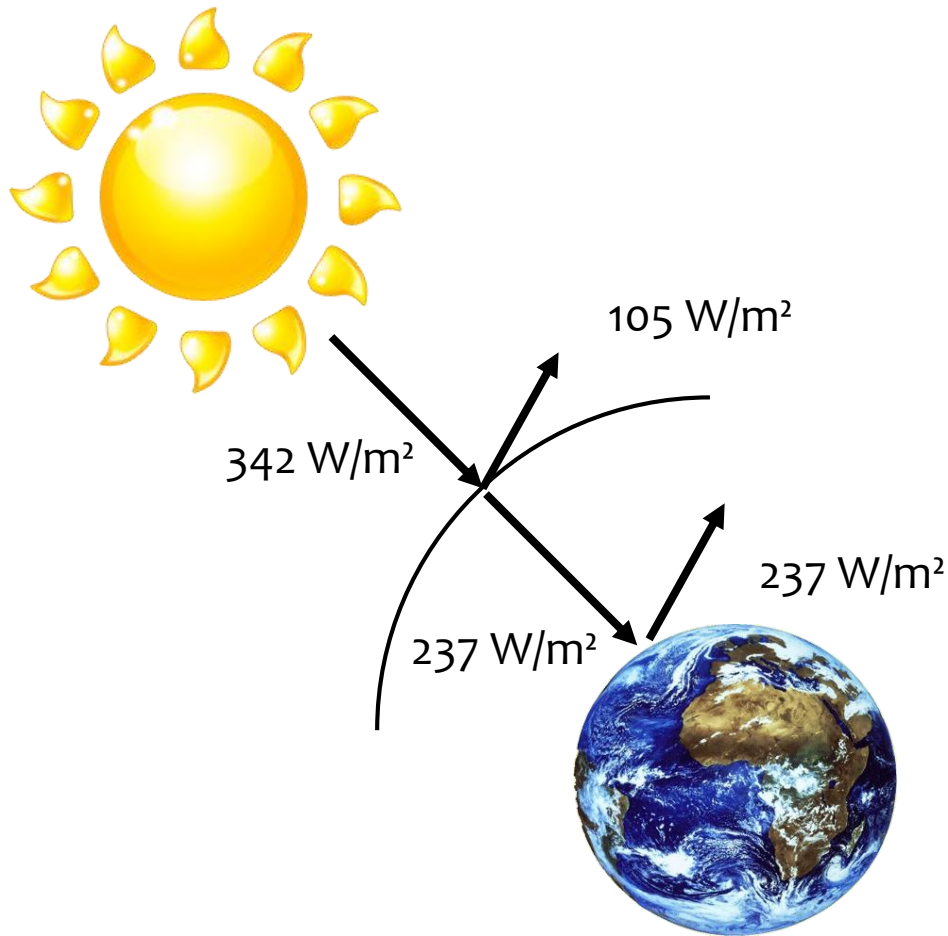
Absorption IR par les GES

Spectre du CO₂



Intensification de l'effet de serre

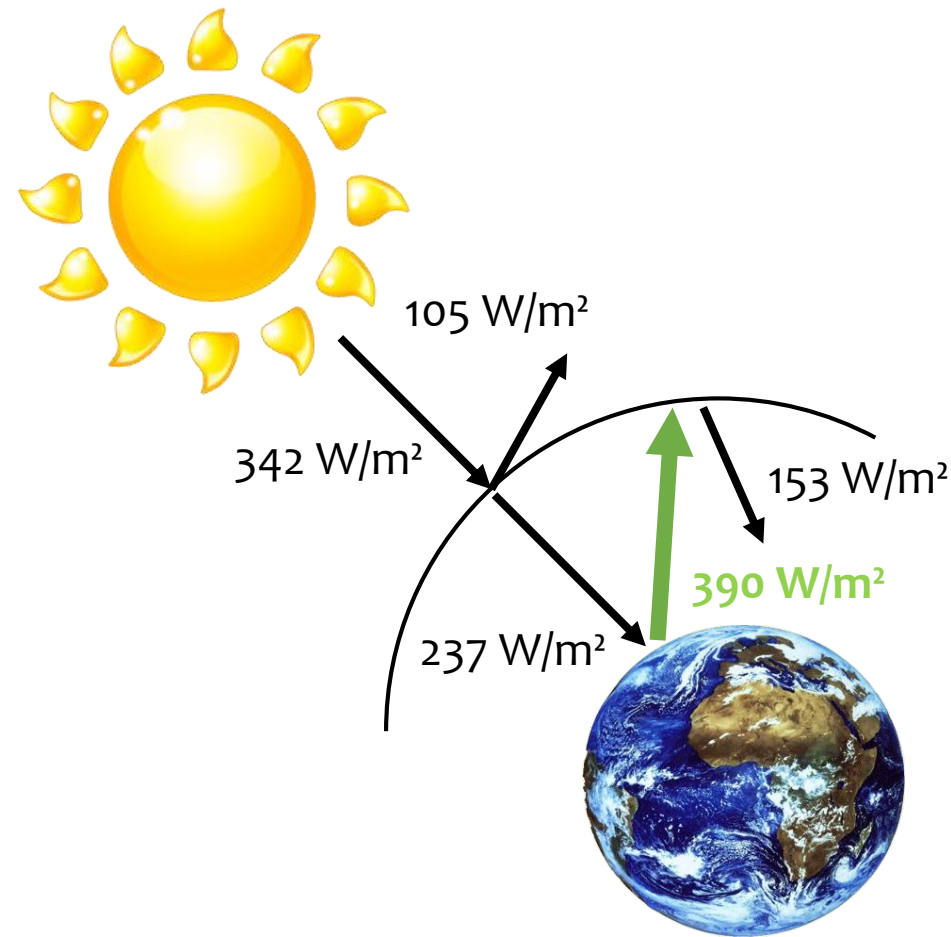
- Bilan énergétique simplifié – en l'absence de gaz qui absorbent dans l'IR dans la troposphère



- Équilibre thermique :
 - ↳ Terre ré-émet 237 W/m^2
- $$T_s = \sqrt[4]{\frac{237}{\sigma}} = 255 \text{ °K} = -18 \text{ °C}$$
- T ne permettant pas vie sur terre
 - ↳ Nécessité d'un effet de serre naturel via gaz de la troposphère

Intensification de l'effet de serre

- Bilan énergétique simplifié – en présence de gaz qui absorbent dans l'IR dans la troposphère



- Gaz absorbent IR émis par la terre
 - ↪ Terre doit émettre plus pour conserver équilibre thermique
 - ↪ Augmentation température de surface → 15°C en moyenne = $+33^\circ\text{C}$
 - ↪ Flux capturé = 153 W/m^2
- Effet de serre naturel = augmentation de 33°C

Intensification de l'effet de serre

- Bilan énergétique simplifié – en présence d'une atmosphère enrichie en gaz à effet de serre
 - Gaz à effet de serre absorbent IR émis par la terre
 - Émission globale de la terre diminue
 - Terre doit émettre plus pour conserver équilibre
 - Température de surface augmente

↘ **Forçage radiatif**

Indices d'absorption Effet global sur T

| | | |
|------------------------------|------|---------------|
| o $\text{CO}_2 = 1$ | 7.2 | } 33°C |
| o $\text{CH}_4 = 20$ | 0.8 | |
| o $\text{N}_2\text{O} = 200$ | 0.8 | |
| o $\text{O}_3 = 2000$ | 2.4 | |
| o CFC = 20 000 | 0.6 | |
| o $\text{H}_2\text{O} = 2$ | 20.6 | |

Doublement de (CO_2) →
augmentation de 1,74 °C

Intensification de l'effet de serre

■ Impacts secondaires

- ❑ Évaporation plus importante → augmentation précipitations et modification de leur répartition
- ❑ Fonte de la banquise
- ❑ Recul des glaciers
- ❑ Élévation niveau de la mer
- ❑ Augmentation humidité de l'air
- ❑ Modification salinité océans
- ❑ Cyclones tropicaux plus intenses
- ❑ Vagues de chaleur plus fréquentes
- ❑ Baisse biodiversité
- ❑ Impact sur rendements agricoles

Intensification de l'effet de serre

<https://www.youtube.com/watch?v=6Zg1mSPbVBg>