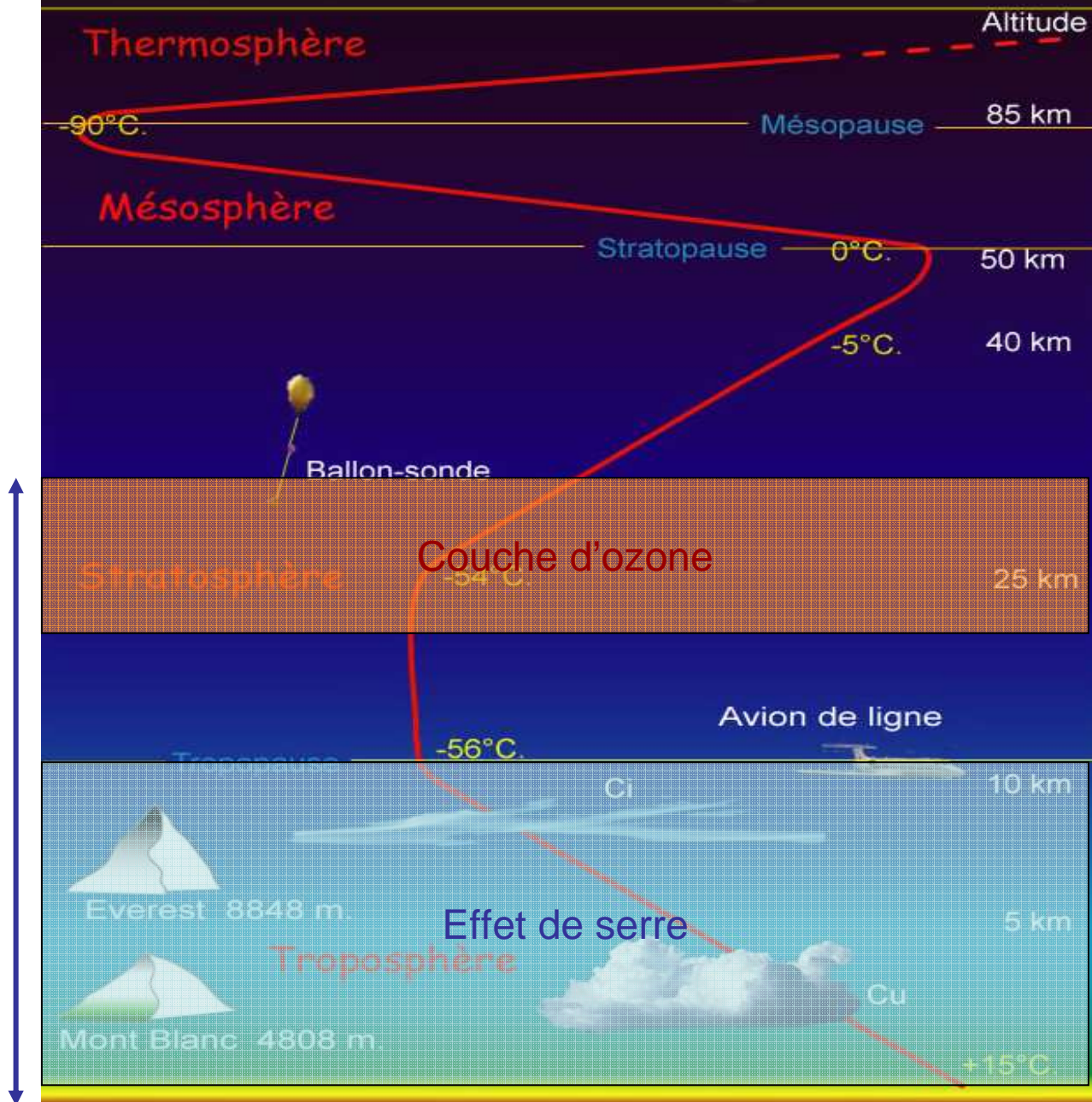
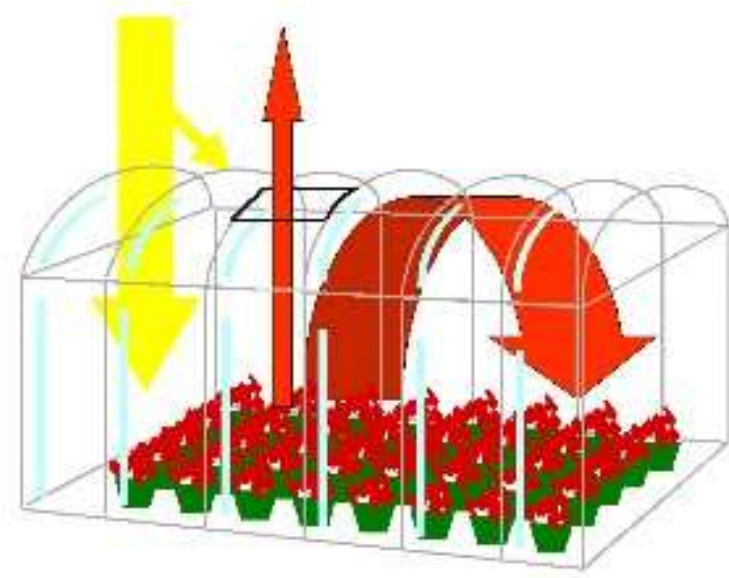
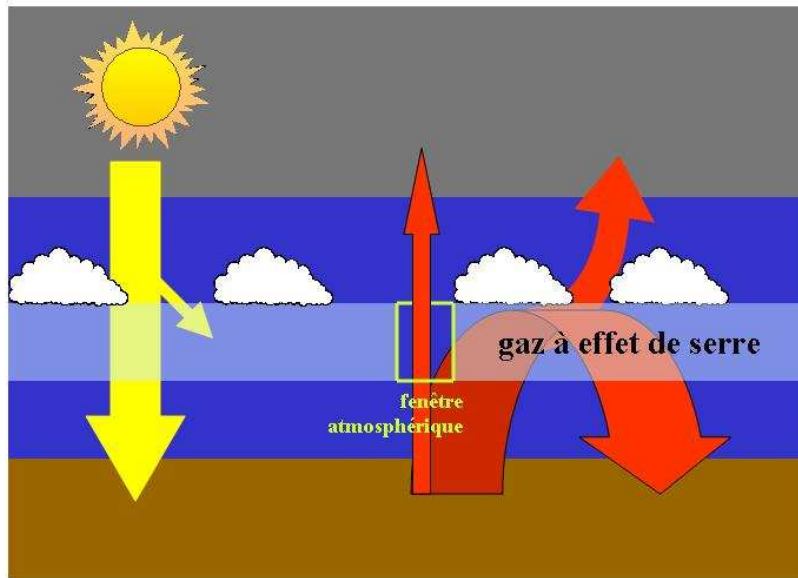


La chimie atmosphérique...

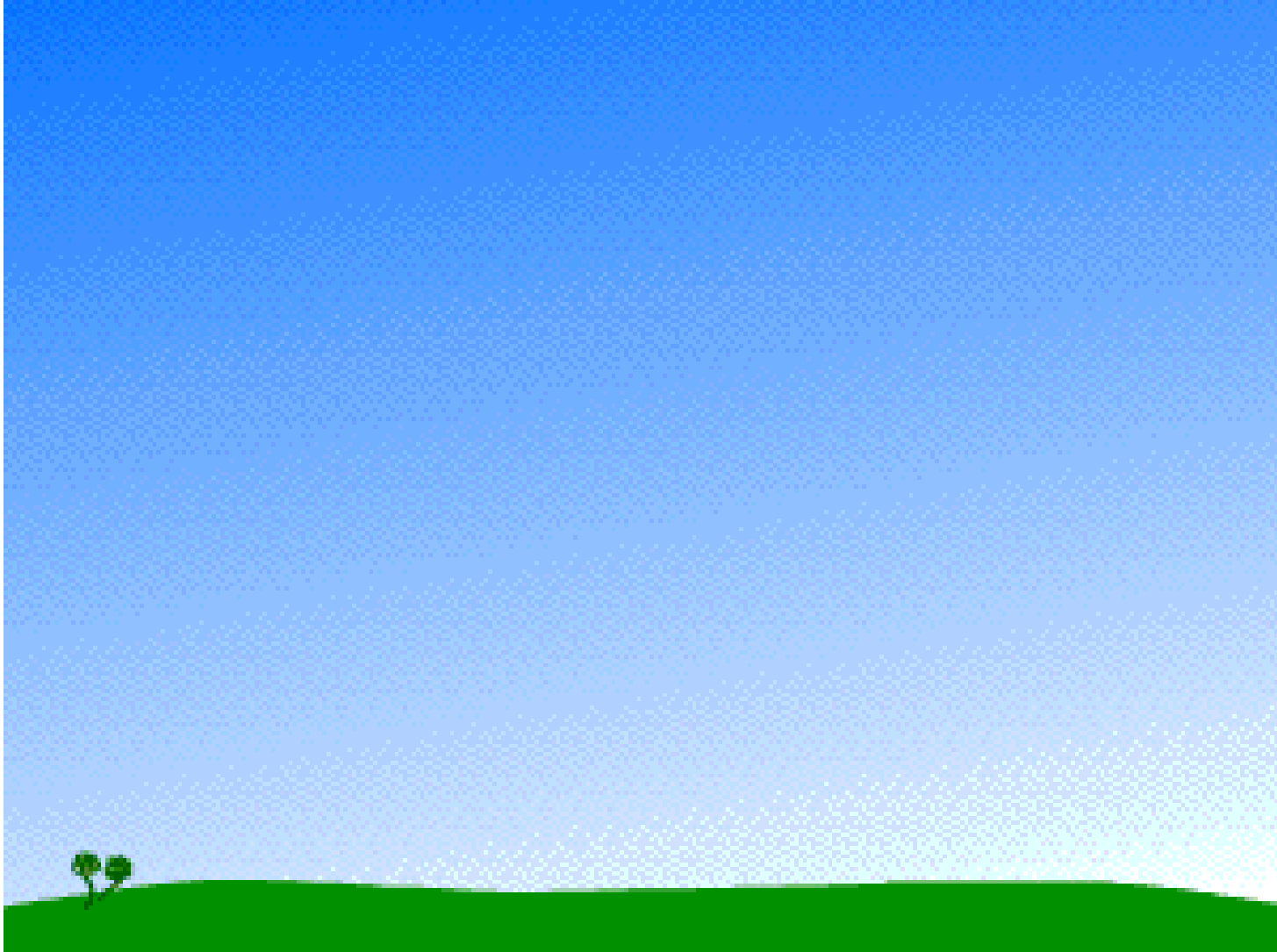




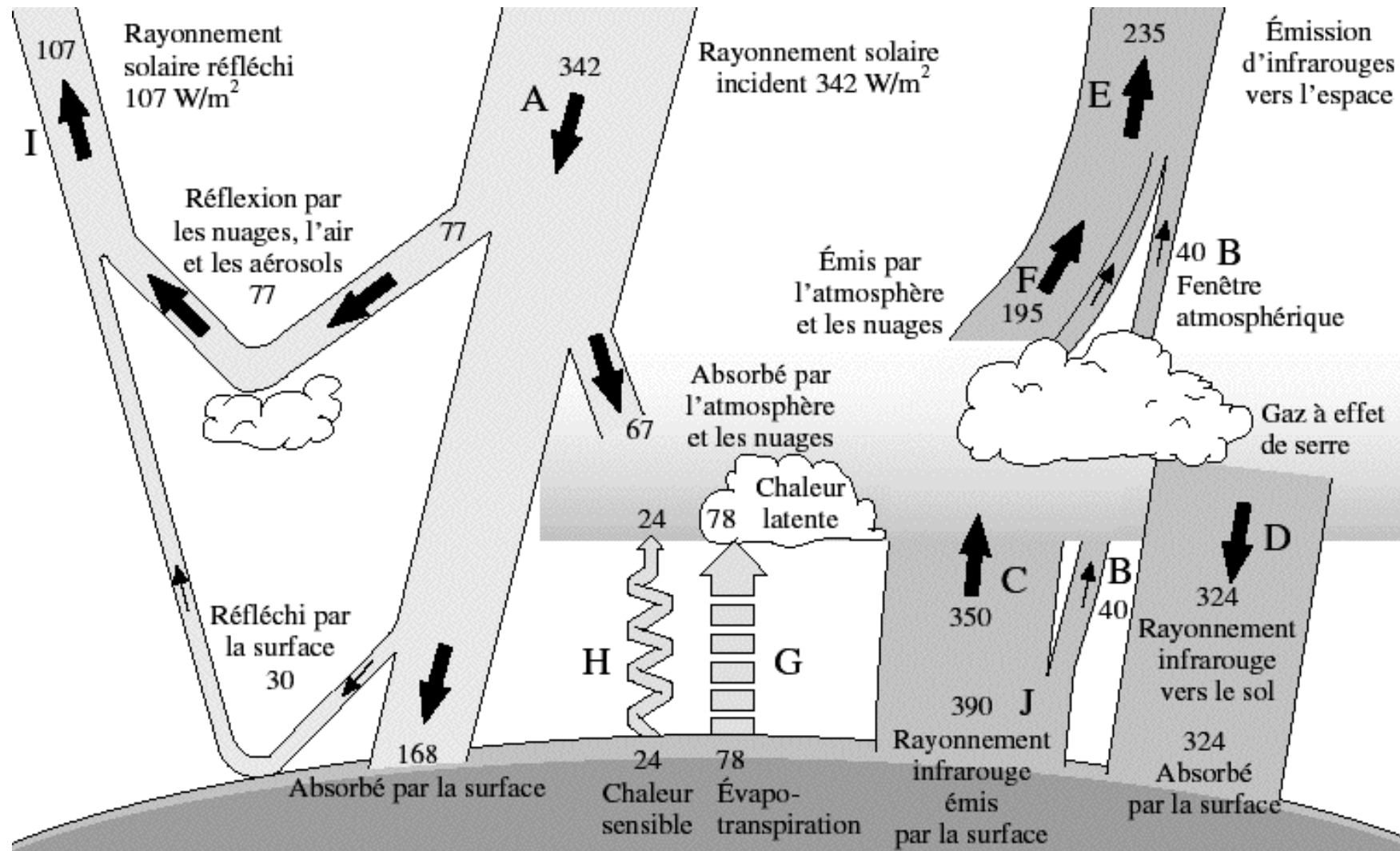
L'effet de serre, un processus naturel...



- Sans effet de serre, la température moyenne sur la Terre serait de $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ au lieu de $+15\text{ }^{\circ}\text{C}$...!
- L'effet de serre est donc un phénomène bénéfique...



Bilan énergétique...

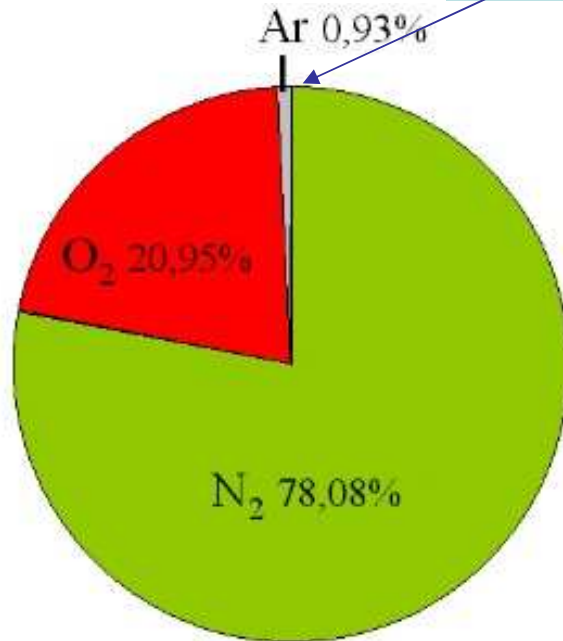


Les gaz à effet de serre...qui sont-ils?

gaz à effet
de serre
< 1%



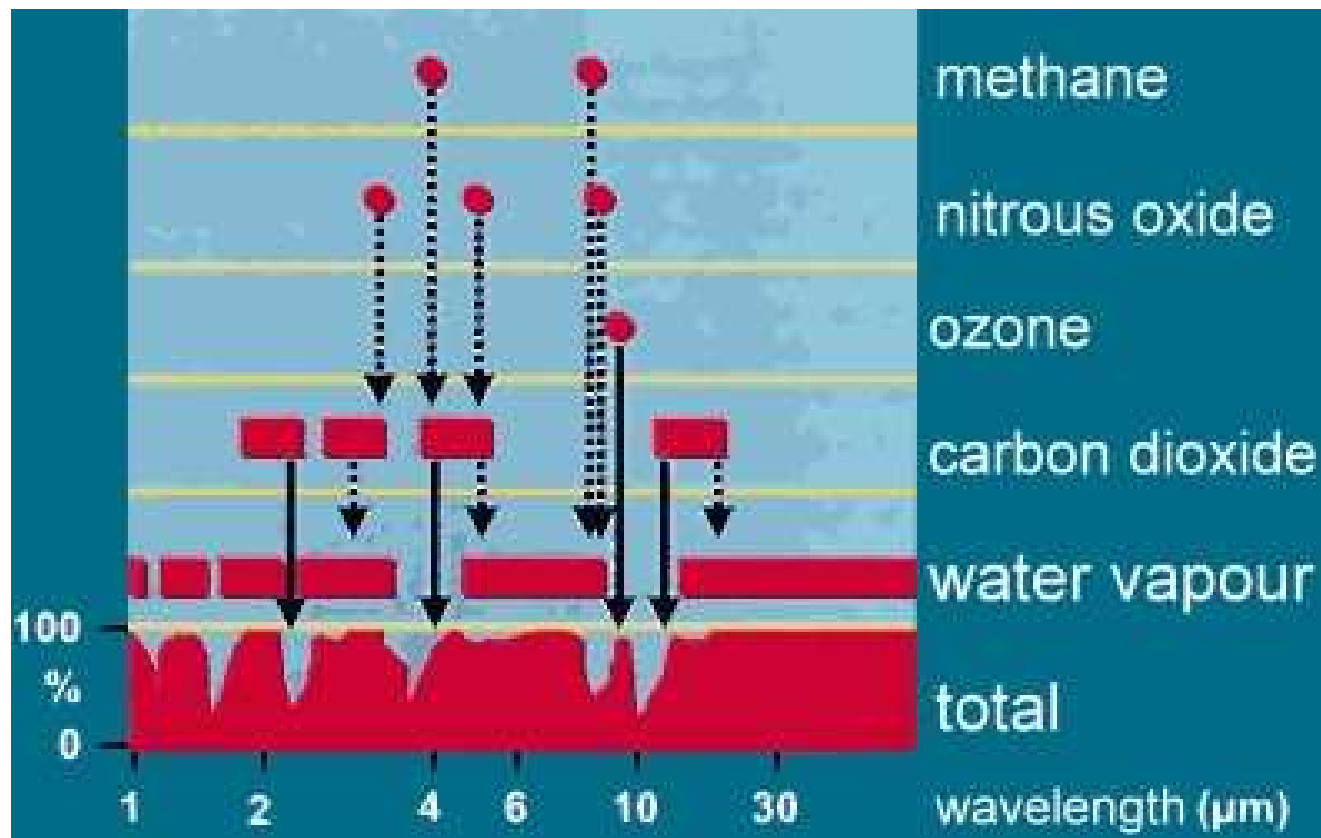
Une infime partie des gaz
mais un rôle déterminant
sur le climat de la terre



- **Vapeur d'eau H₂O**
 - [0,3% de l'atmosphère]
 - Présente depuis 4 milliards d'années
- **Dioxyde de carbone CO₂**
 - [0,037% de l'atmosphère ou 370ppm]
 - proportion qui a beaucoup variée au cours des ages
- **Méthane CH₄** [0,00017% ou 1,7ppm]
- **Oxyde nitreux N₂O** [0.000003% ou 0.3ppm]
- **O₃** concentration troposphérique très variable car molécule instable

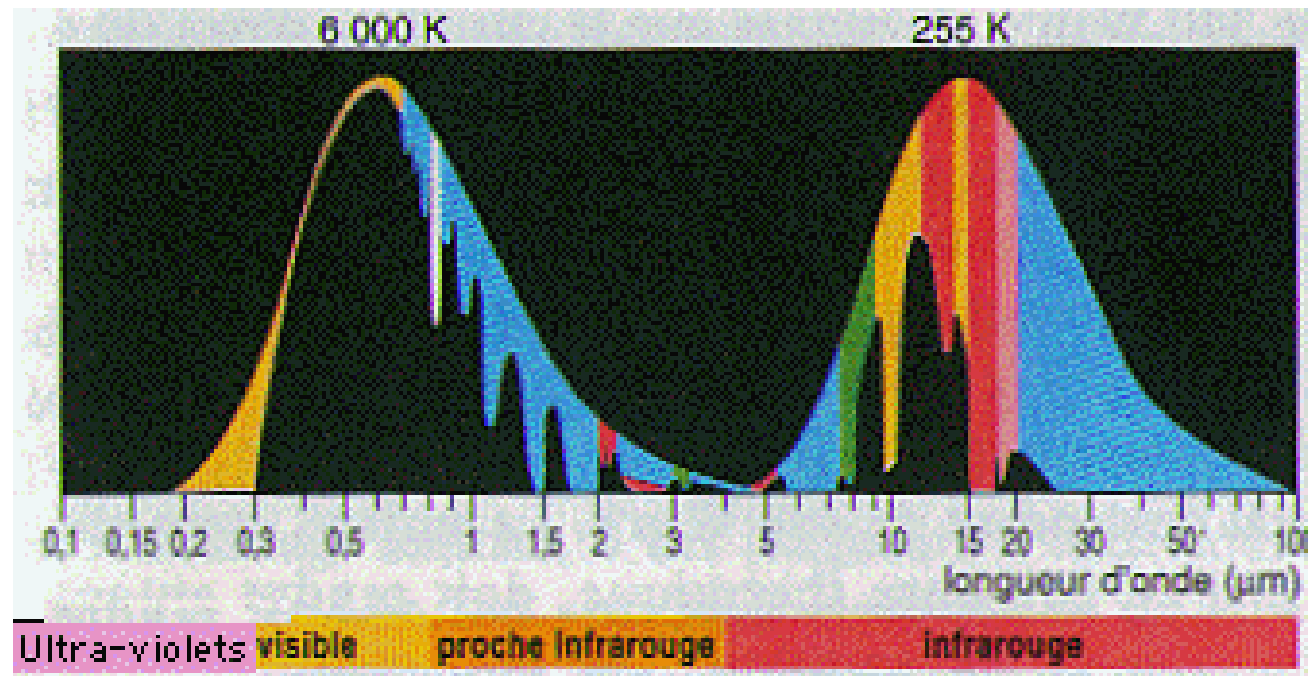
Caractéristiques des gaz à effet de serre...

- Absorption du rayonnement infrarouge



Caractéristiques des gaz à effet de serre...

- Distribution du rayonnement du soleil (6000 K) et de la Terre (255 K) et représentation simplifiée de l'absorption par les gaz à effet de serre.



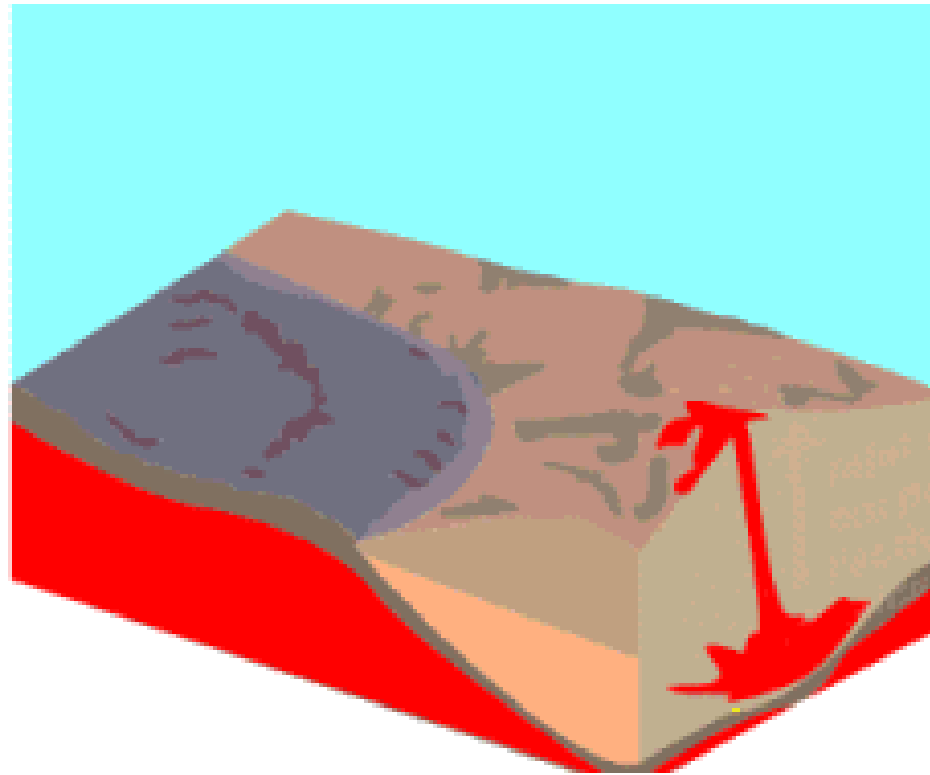
■ H₂O ■ CO₂ ■ N₂O ■ O₃ ■ CH₄

Caractéristiques des gaz à effet de serre

- Temps de résidence atmosphérique dépend :
- Elimination physique
 - Pluie, condensation nuages
- Elimination photochimique
 - directe (rayonnement solaire)
 - indirecte (oxydation par les radicaux OH)
- Elimination par les autres compartiments environnementaux (ex: photosynthèse, absorption par les océans)

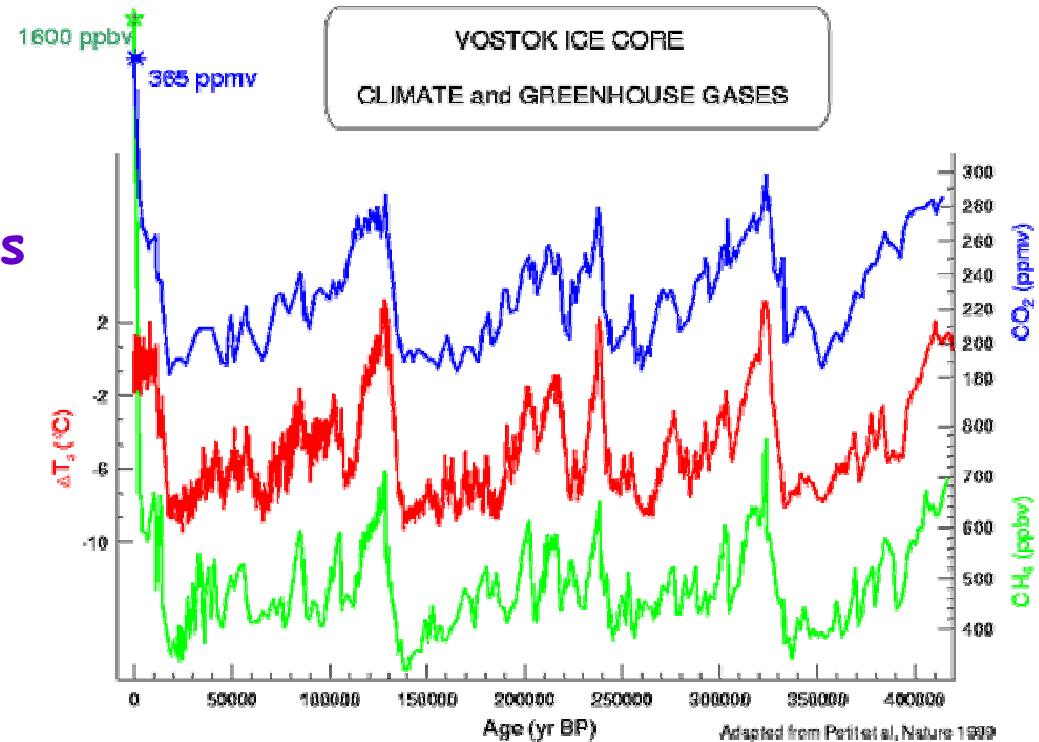
Gaz	Durée de séjour approximative dans l'atmosphère
Eau	Qq jours
Gaz carbonique	100 ans
Méthane	12 ans
Protoxyde d'azote	120 ans

Cycle du carbone

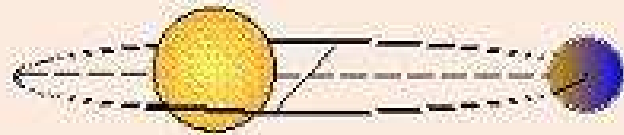


Lien entre CO_2 atmosphérique et température terrestre...

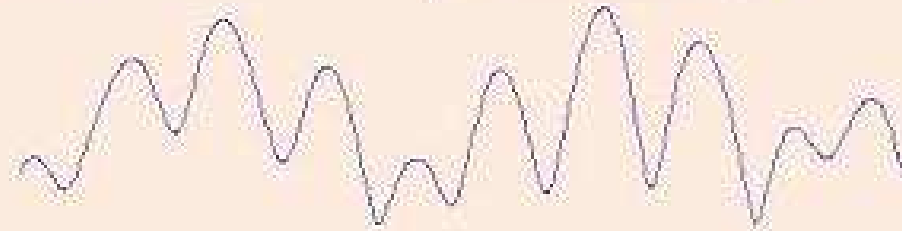
- Origine fondamentale des variations de température terrestre : variations d'ensoleillement (variations des paramètres orbitaux de la Terre)
- Facteurs amplificateurs : $[\text{CO}_2]$ atmosphérique



Variations de l'EXCENTRICITE de l'orbite terrestre



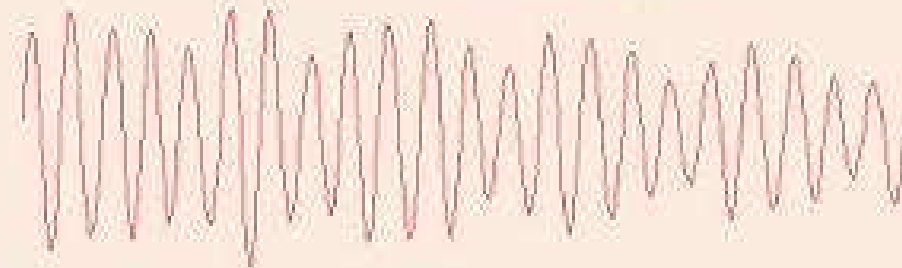
périodicités de 100 et 413 ka



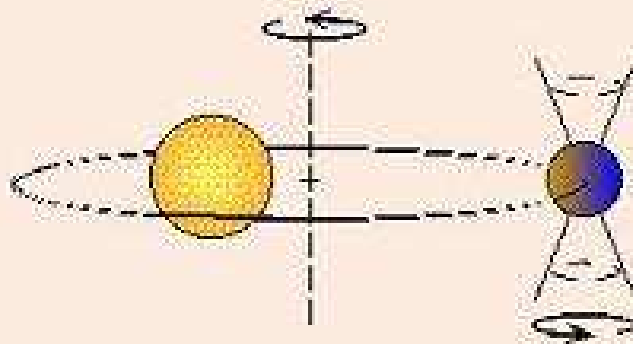
Variations de l'OBLIQUITE de l'axe de rotation



périodicité de 41 ka



PRECESSION de l'axe de rotation et ROTATION de l'orbite terrestre

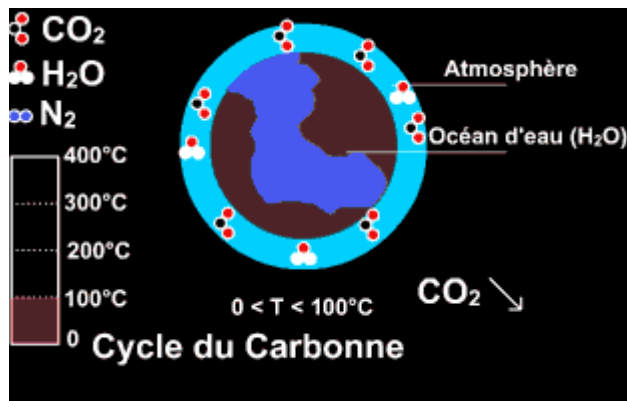


périodicités de 23 et 19 ka



Effet de serre sur Vénus...

- L'effet de serre, en tant que processus naturel, est également observé sur Vénus
- Atmosphère : 96 % de CO_2
- Température : 400 °C !



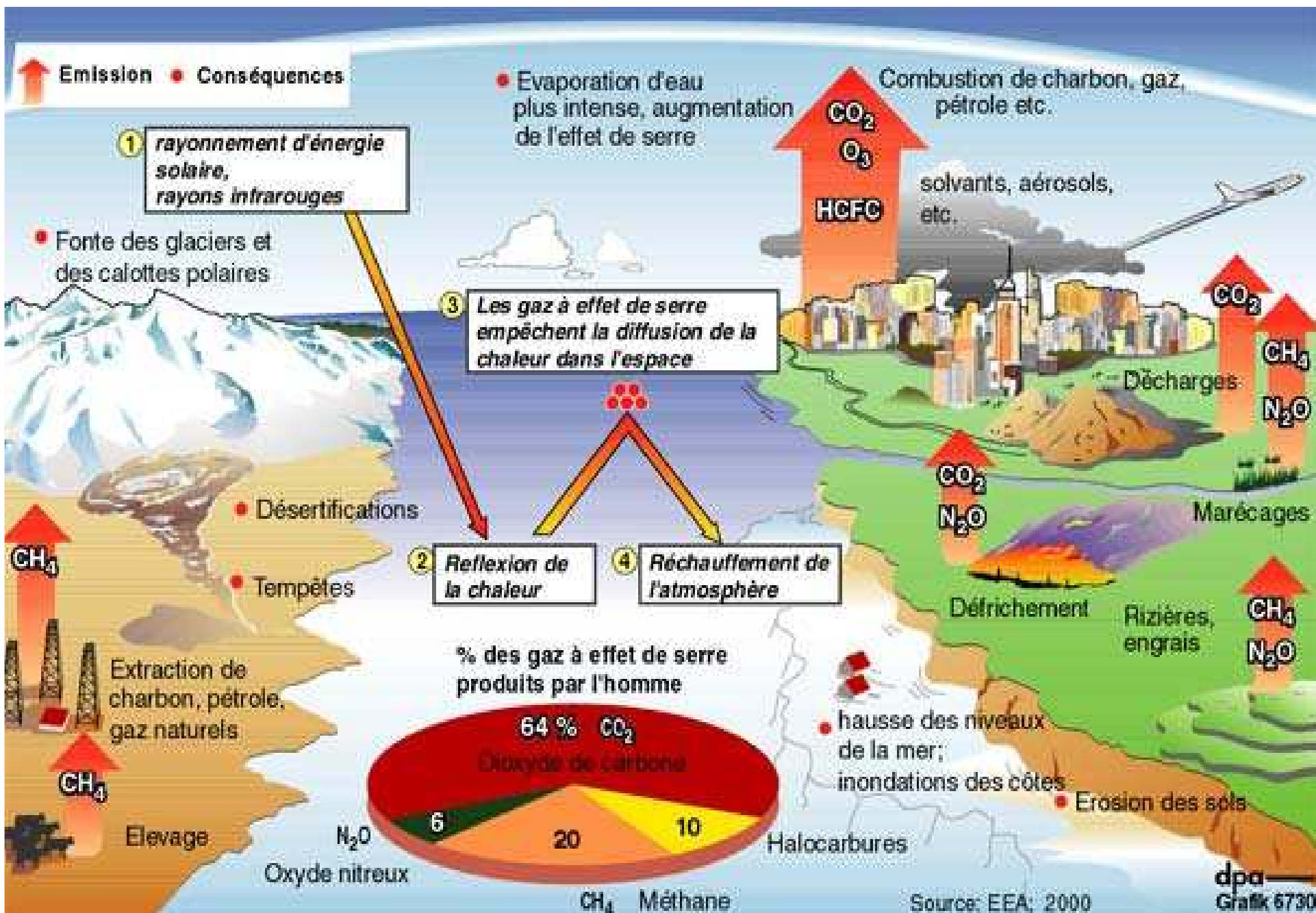
Rapport entre effet de serre et réchauffement climatique...

- **Augmentation** par l'homme des émissions de gaz à effet de serre « naturels » (CO_2 (combustibles fossiles, CH_4 élevage intensif, N_2O engrais azotés)
- Emissions de **nouveaux gaz** à effet de serre purement industriels :
 - **Halocarbures ($\text{C}_x\text{H}_y\text{Hal}_z$)**
 - **CFC** (toujours présents même s'ils ne sont plus utilisés...)
 - **HFC** (remplacent les CFC, climatisation...)
 - **PFC** (émis par les usines d'électrolyse d'aluminium)
 - **Hexafluorure de soufre (SF_6)** (applications électriques, transformateurs)



Durée de séjour dans l'atmosphère : jusqu'à 50000 ans...!

Réchauffement climatique est du à l'effet de serre additionnel provoqué par l'homme
C'est l'effet de serre anthropique

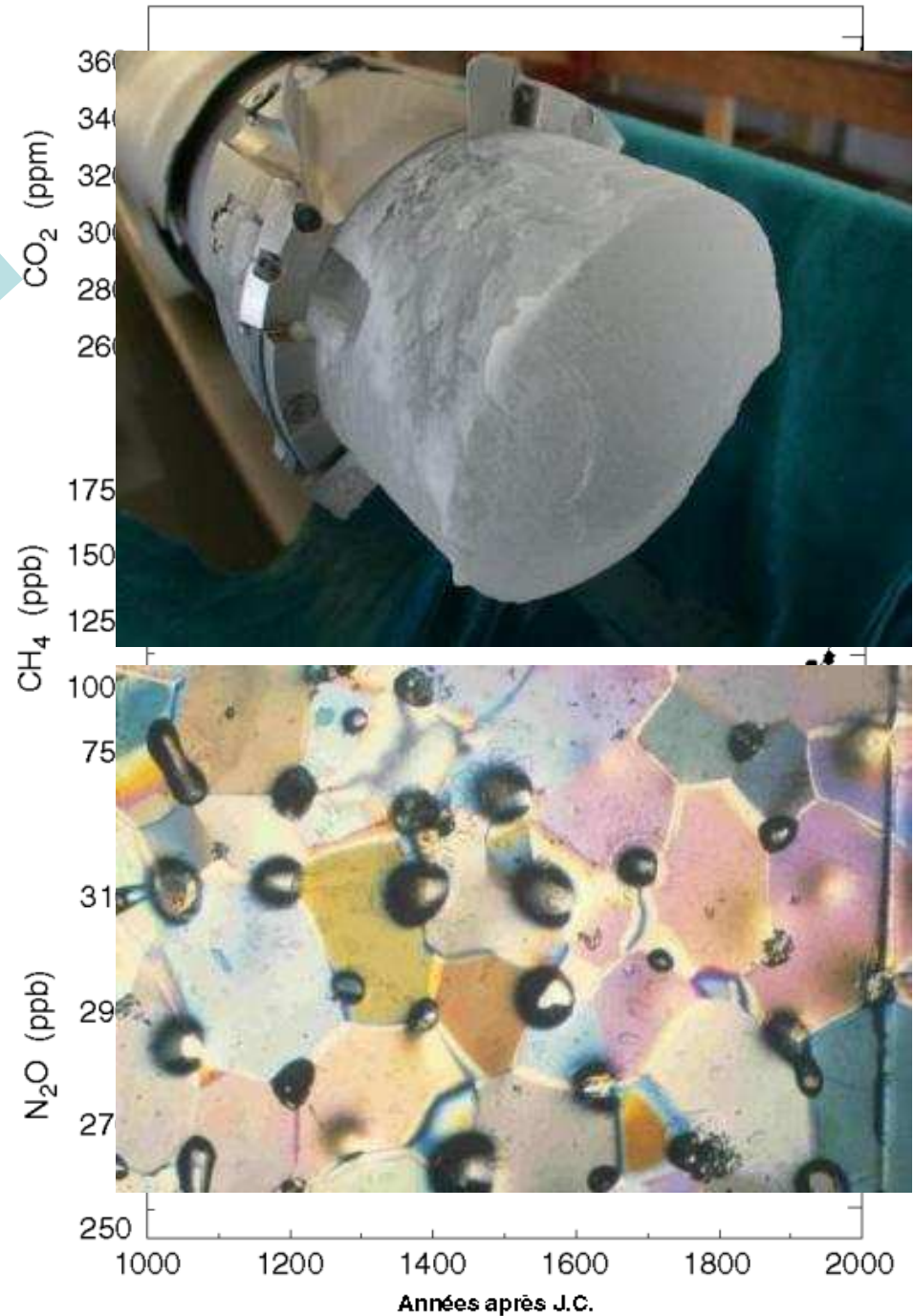
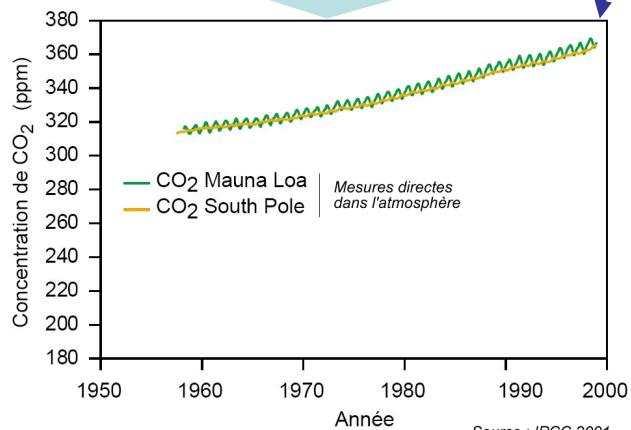
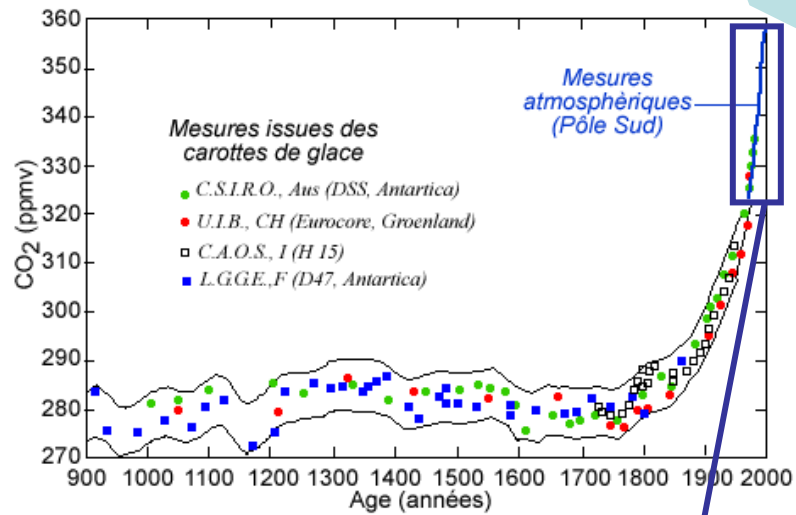


Le potentiel de réchauffement global...

- Les scientifiques ont inventé un **Potentiel de Réchauffement Global (PRG)** ou encore **forçage radiatif**
 - quantité de rayonnement qu'il intercepte et renvoie vers le sol, découlant de ses raies d'absorption, et sa durée de séjour dans l'atmosphère
- Comparaison par rapport à CO_2 de l'efficacité de chaque gaz à effet de serre à capturer la chaleur dans l'atmosphère sur 100 ans

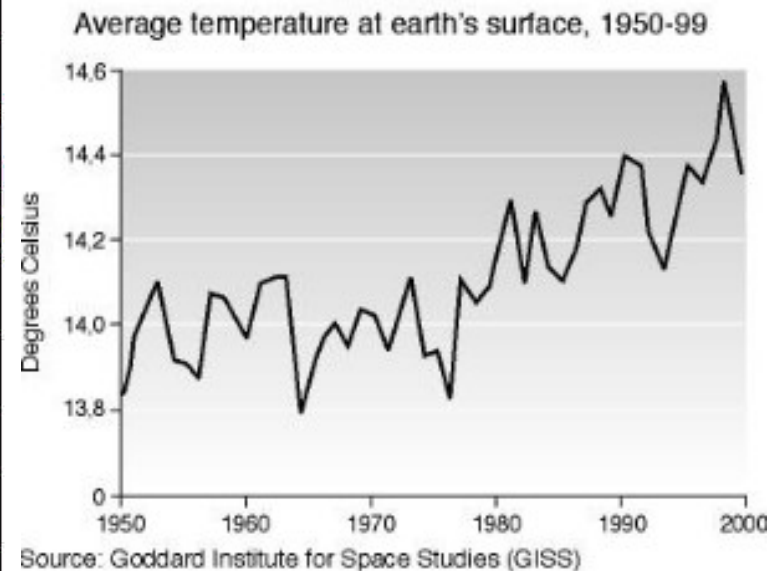
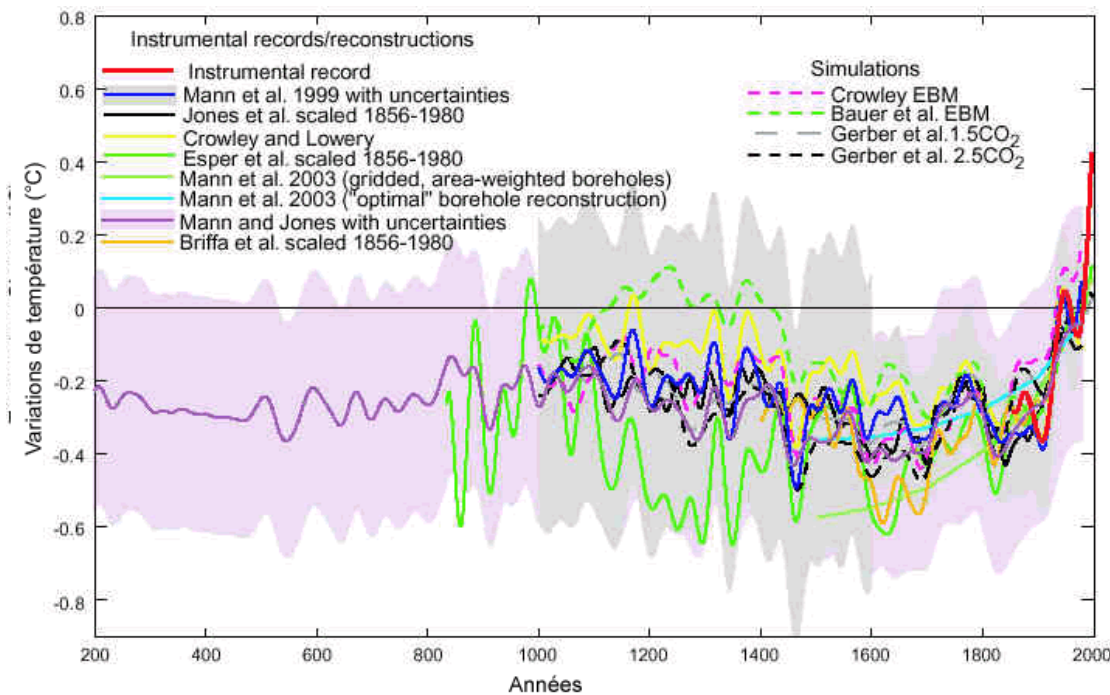
Gaz	Formule	PRG relatif / CO_2 (à 100 ans)
Gaz carbonique	CO_2	1
Méthane	CH_4	23
Protoxyde d'azote	N_2O	298
Perfluoro carbures	C_nF_{2n+2}	6500 à 8700
Hydrofluoro carbures	$C_nH_mF_p$	140 à 11700
Hexafluorure de soufre	SF_6	23900

Évolution des gaz à effet de serre depuis 1000 ans...

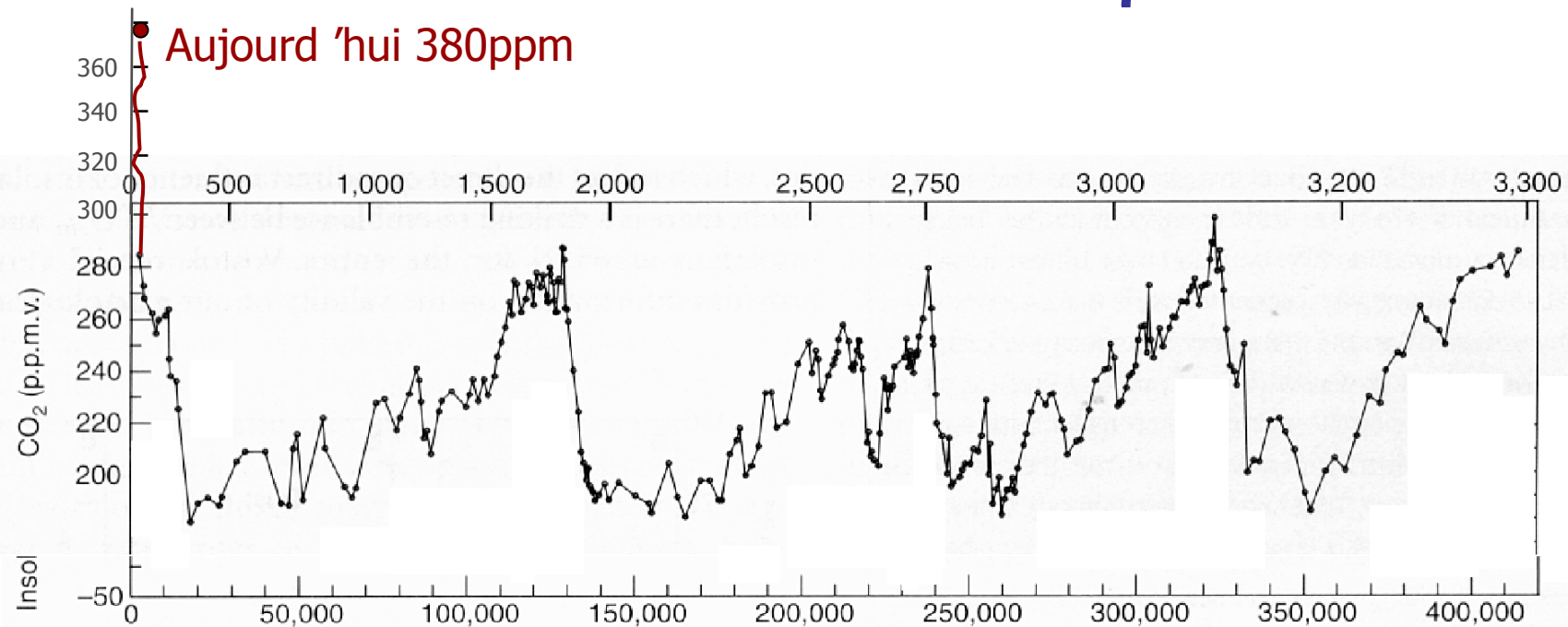


Evolution de la température depuis 2000 ans...

- L'augmentation de température moyenne globale de surface est de $0,6 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ depuis 100 ans.



L 'homme est-il responsable de ce réchauffement climatique...?

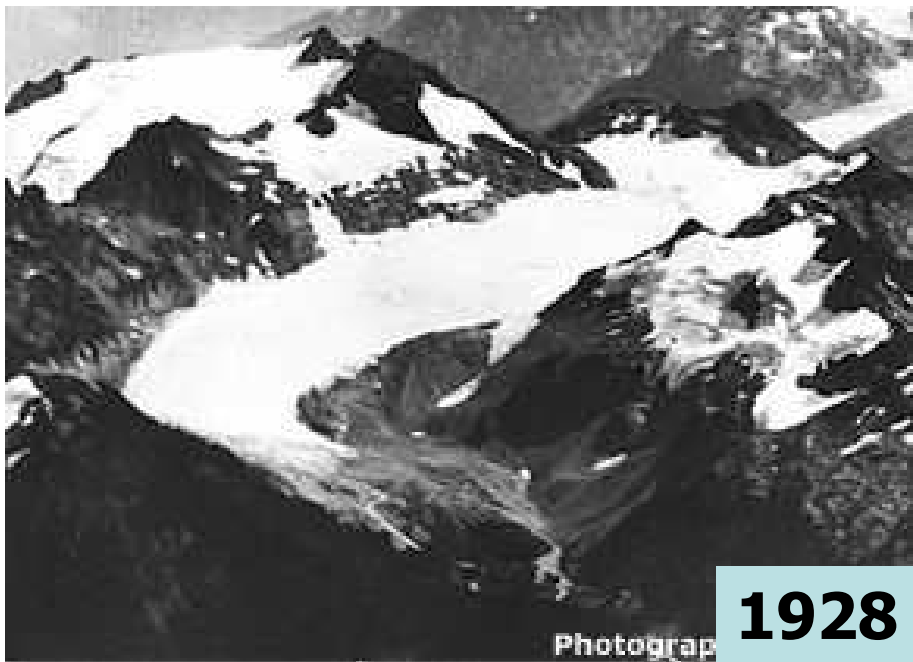


- La concentration atmosphérique en CO_2 n'a pas dépassé 280ppm depuis près de 600000ans...
- L'analyse isotopique du CO_2 montre que sa concentration actuelle a subi un appauvrissement en C^{14} et en C^{13} (les combustibles fossiles ne contiennent pas de C^{14})

Les activités humaines sont donc bien à l'origine du réchauffement de la terre...

Des signes déjà visibles du réchauffement...

- glacier South Cascade (Washington Cascade Mountains)

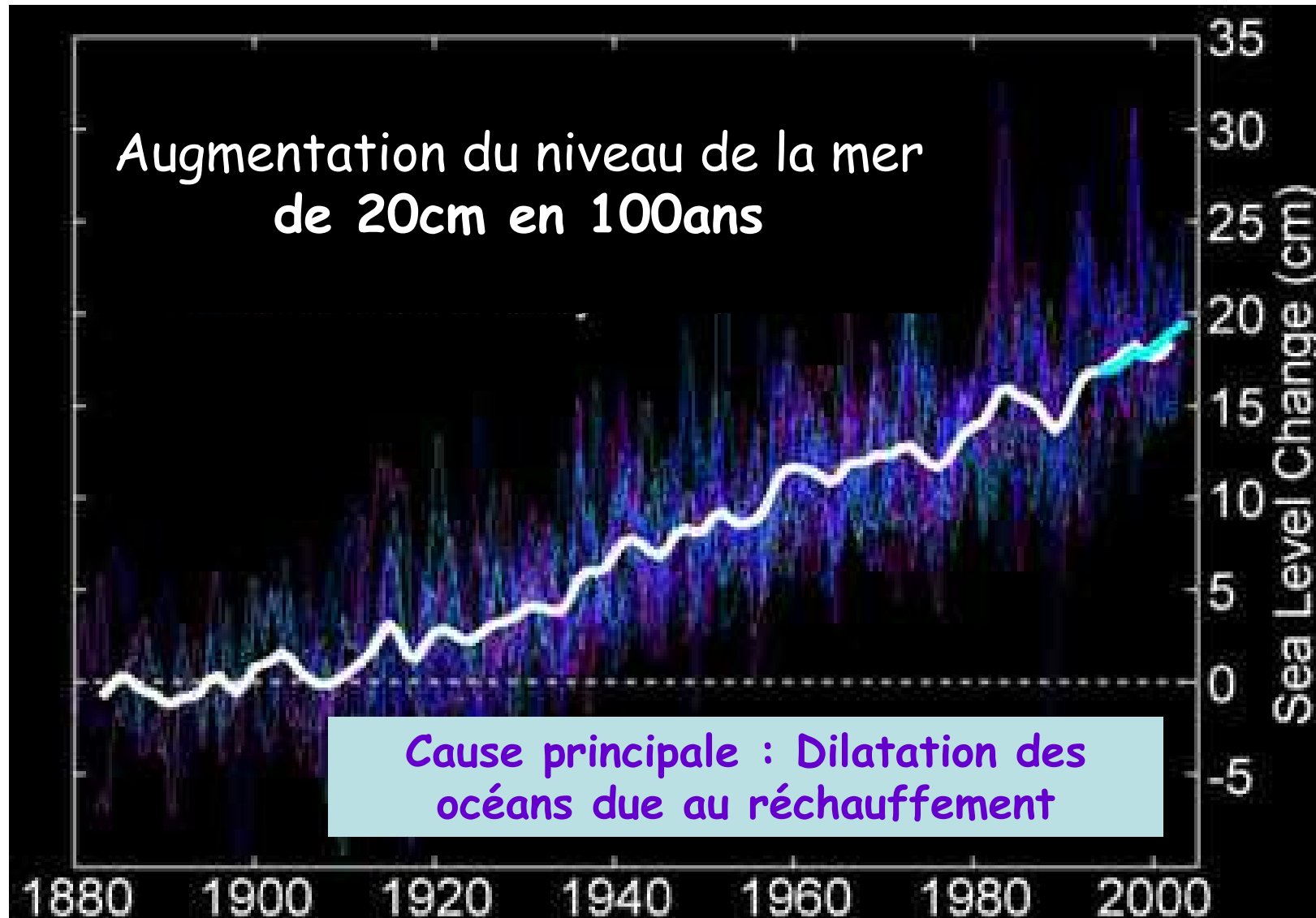


Des signes déjà visibles du réchauffement...

L'arctique fond à vue d'œil...

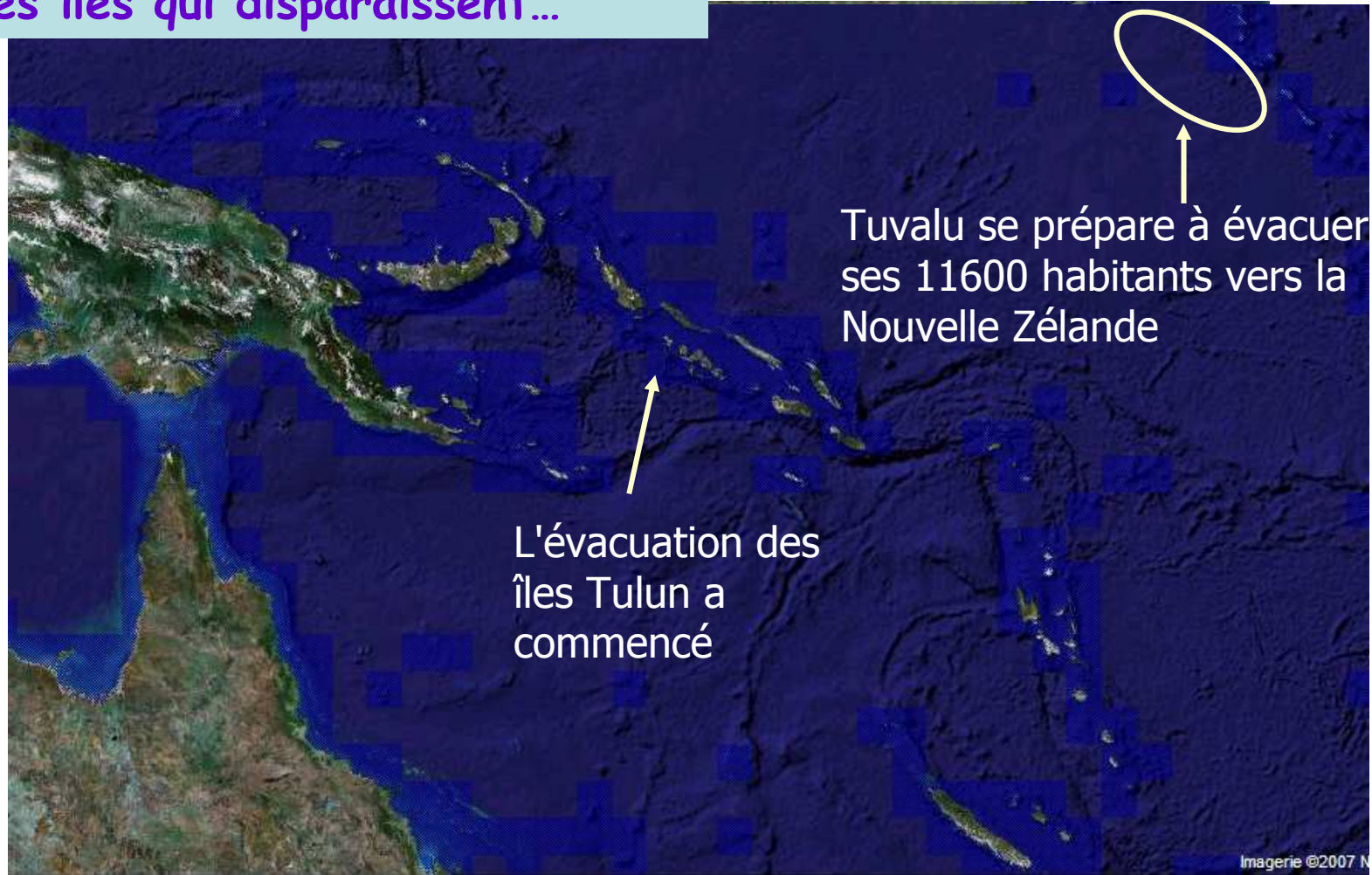


Des signes déjà visibles du réchauffement...



Des signes déjà visibles du réchauffement...

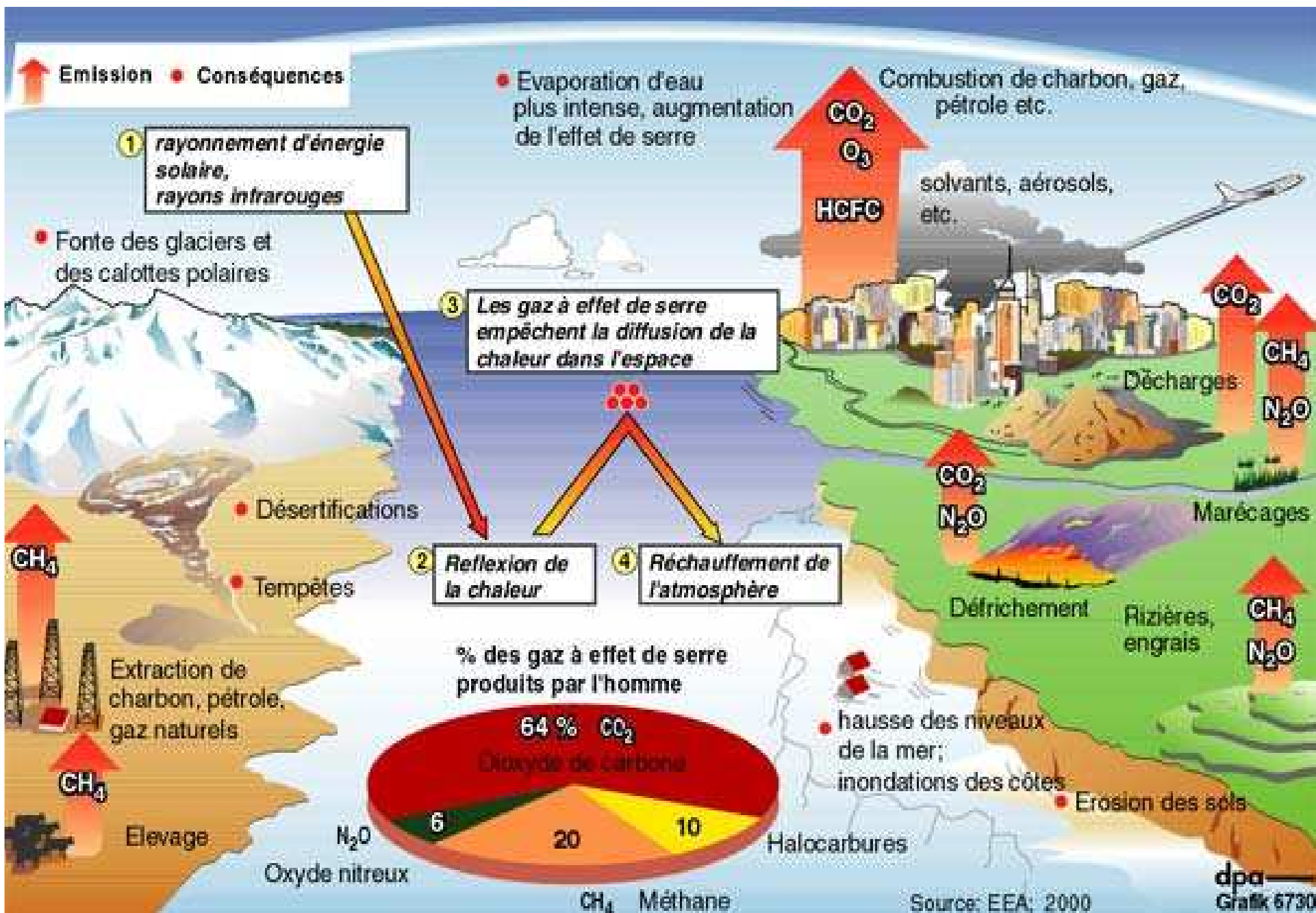
Des îles qui disparaissent...



Les réfugiés climatiques...

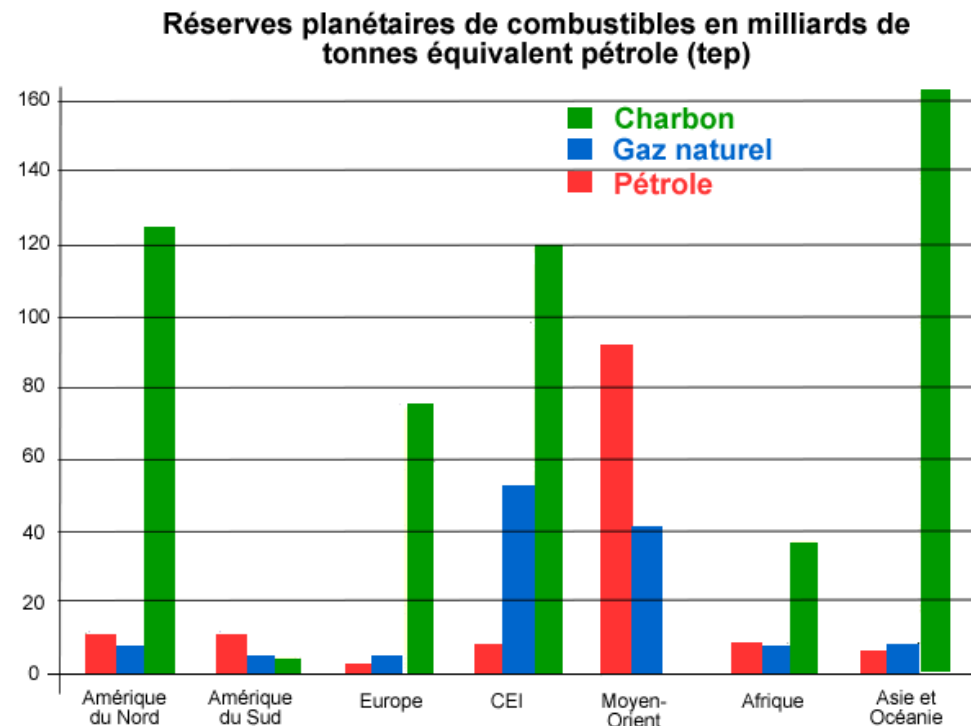
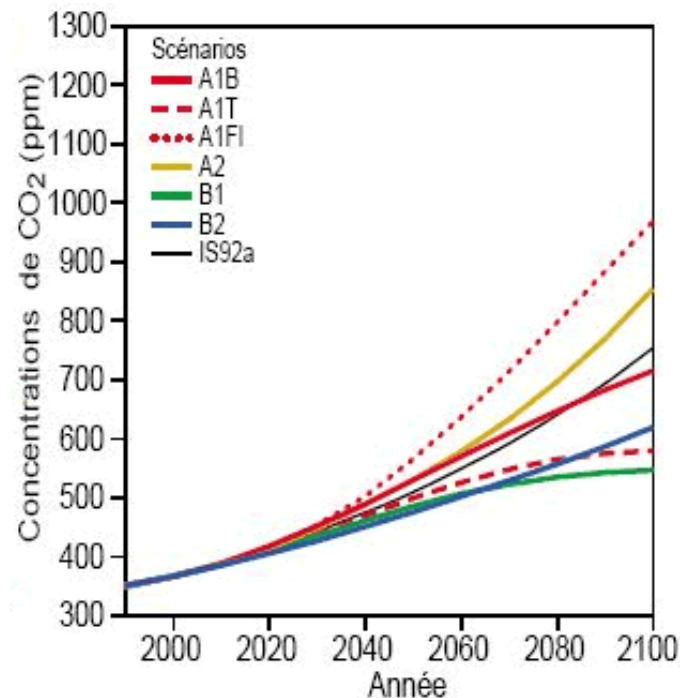


Près de 100 millions de personnes vivent dans des zones sous le niveau de la mer et/ou sont menacés par la montée des eaux.



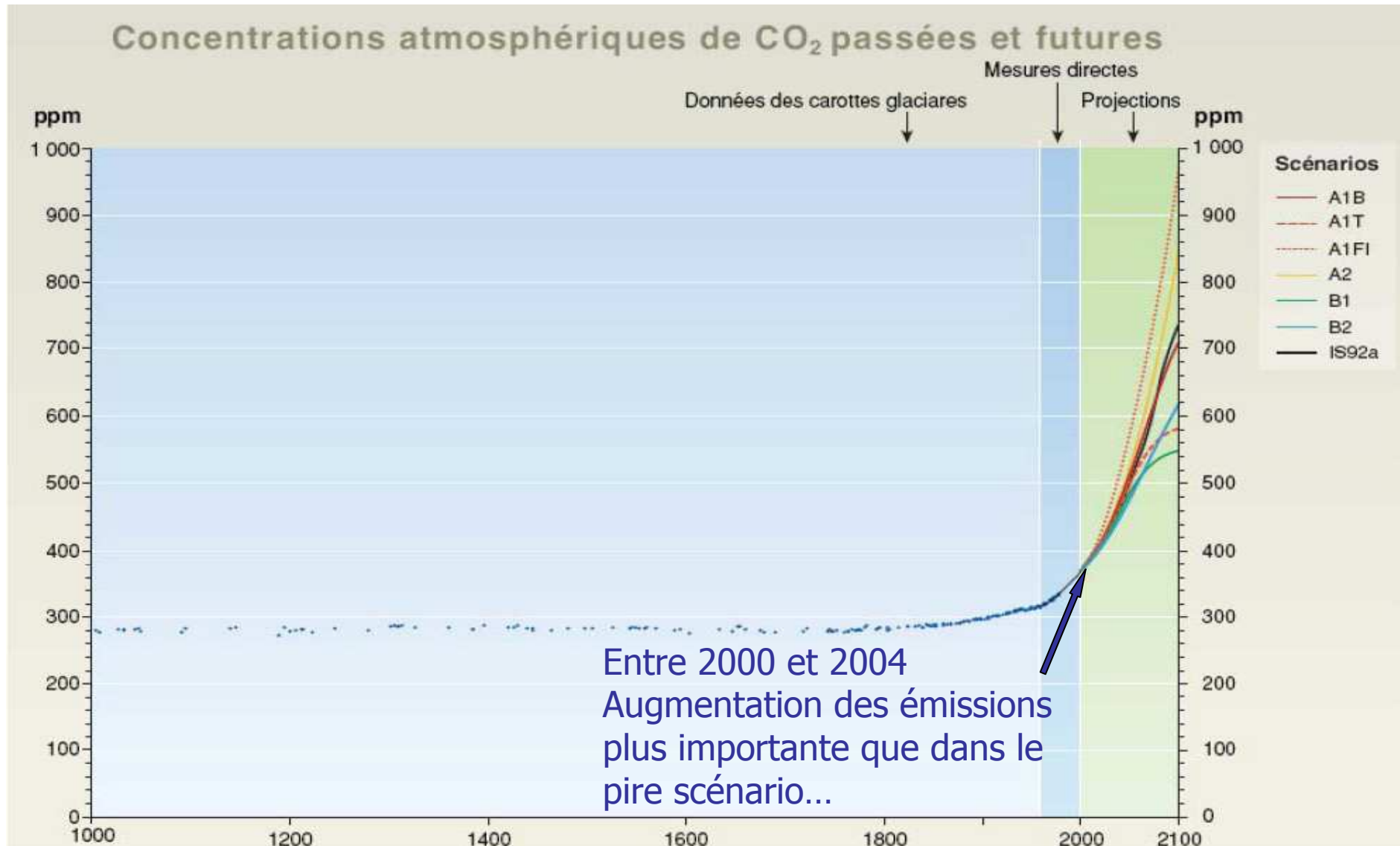
Prévisions pour le prochain siècle..

- Les différents modèles élaborés par les scientifiques prévoient au minimum le double de la concentration en CO₂ d'ici 2100

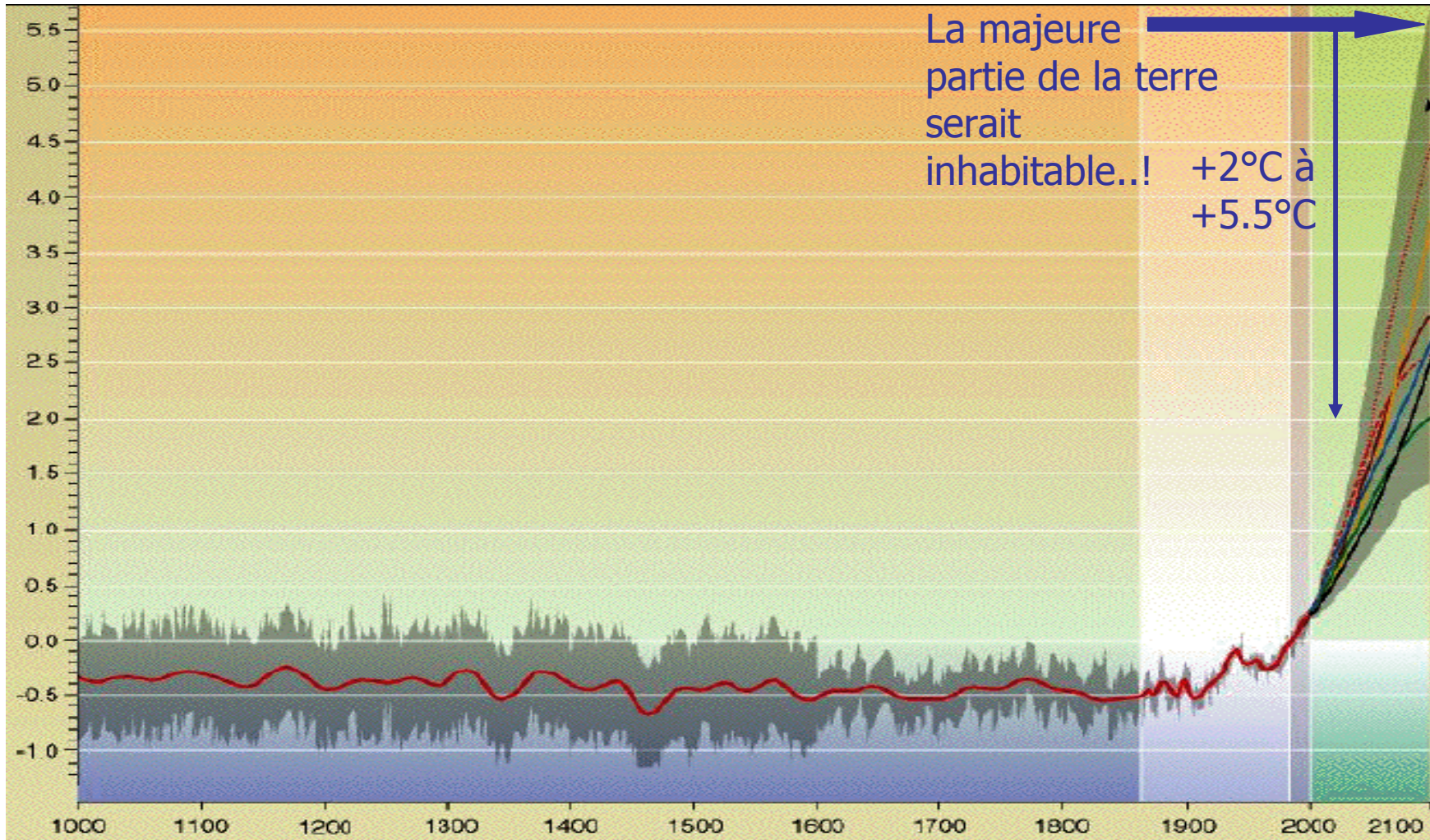


Groupe intergouvernemental sur l'évolution du climat, le GIEC (IPCC) <http://www.ipcc.ch/>
2.500 chercheurs de plus de 130 pays, prix nobel de la paix 2007 (avec Al Gore)

Prévisions pour le prochain siècle..

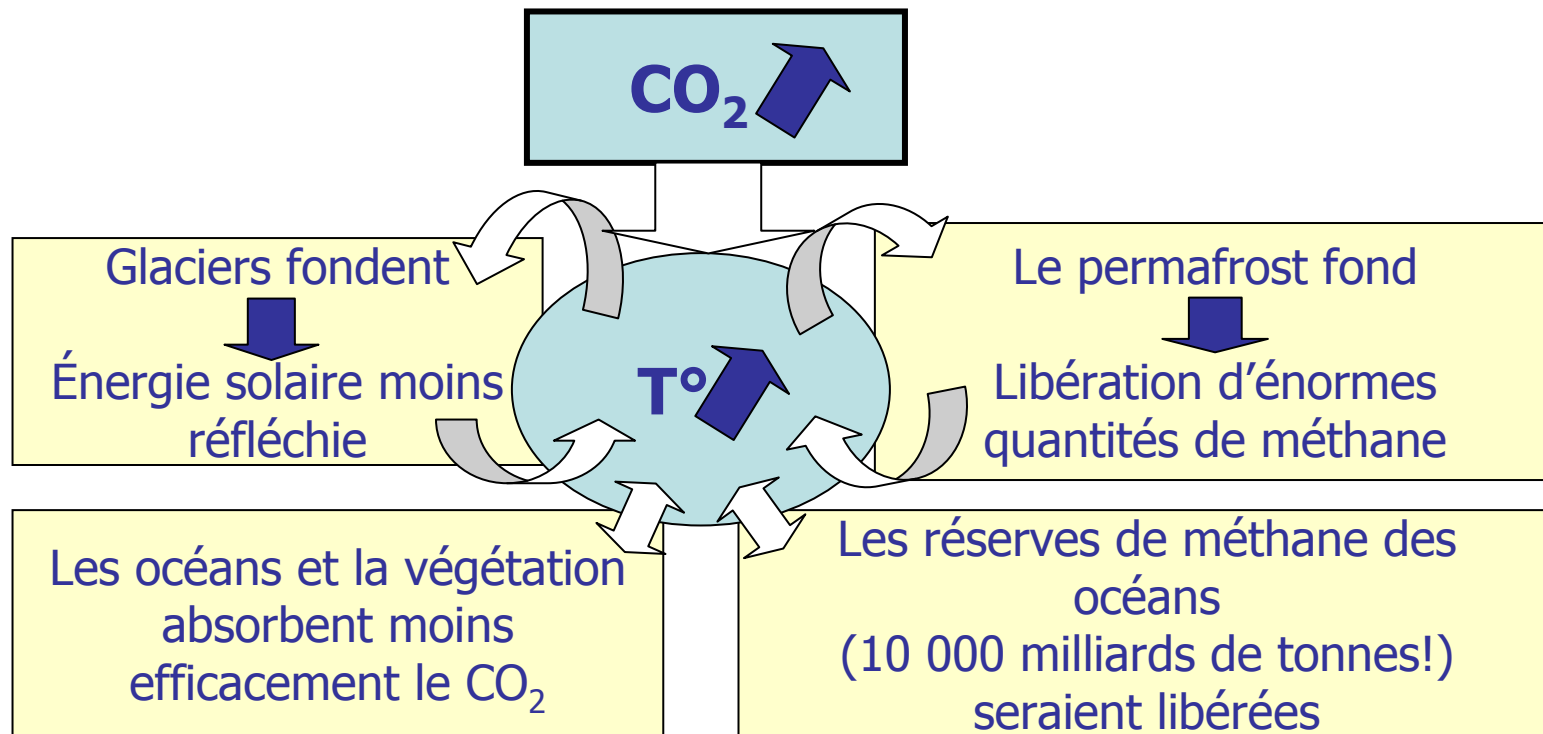


Prévisions pour le prochain siècle...

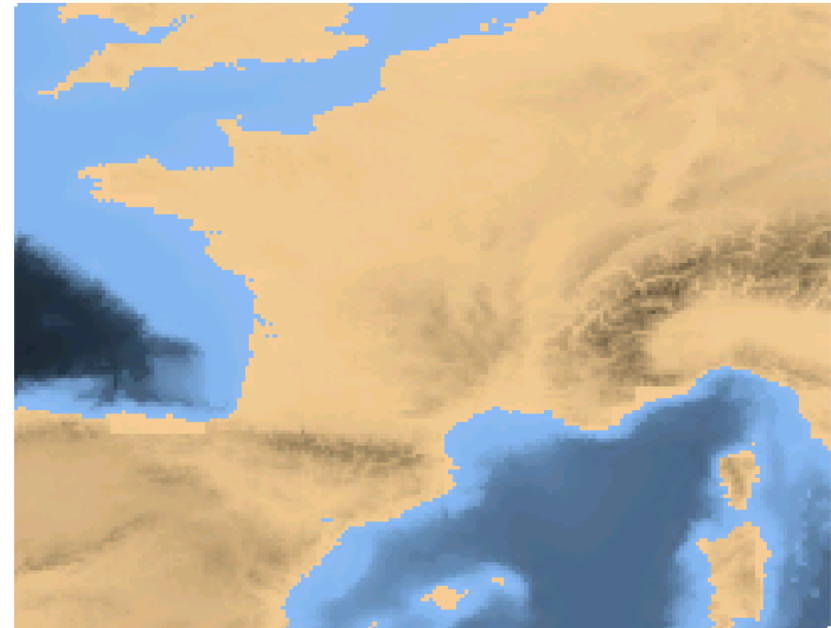
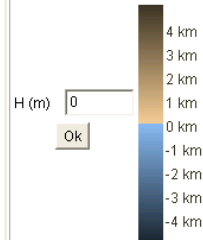


Alors +2°C ou +5.5°C ?

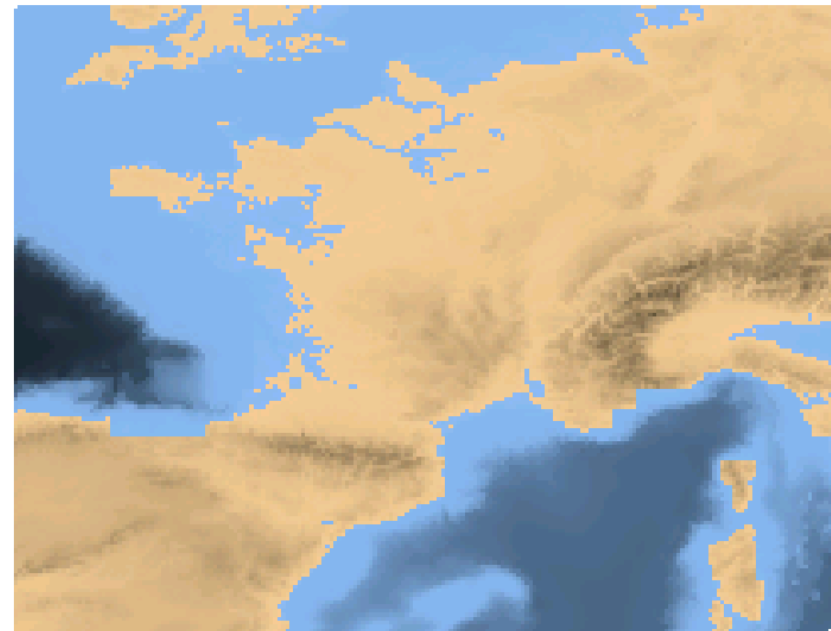
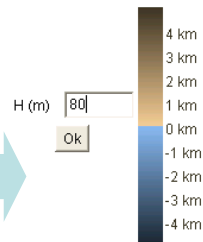
- Dépend énormément de l'évolution de nos émissions
 - C'est maintenant qu'il faut agir !!
- Risque d'emballement de l'effet de serre



Conséquences du réchauffement climatique...



- Si tous les glaciers continentaux fondaient...



Le protocole de Kyoto...



- Objectif : réduction des émissions de gaz à effet de serre pour 2008-2012 en dessous du niveau atteint en 1990 (entre 6-8%)
- Les 6 gaz visés par le protocole de Kyoto sont :
 - dioxyde de carbone ou CO_2
 - méthane ou CH_4
 - oxyde nitreux ou N_2O
 - hydrofluorocarbones ou HFC
 - hydrocarbures perfluorés ou PFC
 - hexafluorure de soufre ou SF_6

Le protocole de Kyoto...



- Signature en 1997...mise en œuvre le 16 Février 2005...
 - Au 18 novembre 2005, 156 pays l'ont ratifié
 - Parmi ceux qui ne l'ont pas encore ratifié:
 - États-unis
 - Australie
- Représentent plus d '1/4 des émissions des gaz à effet de serre du monde industrialisé...
- La Chine et l 'Inde ne sont même pas concernés alors qu 'ils sont les futurs plus gros pollueurs de la planète

Il reste encore beaucoup d'effort à fournir pour limiter notre impact sur le climat de la terre

La Géo ingénierie...Les apprentis sorciers du climat...

- Injecter dans la haute atmosphère du dioxyde de soufre qui réfléchirait les rayons solaires
- Stocker le CO₂ sous terre
- Placer un miroir-écran entre la Terre et Soleil
- Fertiliser les océans avec des particules de fer qui favoriserait la croissance du plancton
- Recongeler l'arctique avec des barges automatisées qui pulvériserait de l'eau douce pour reformer la calotte glaciaire

