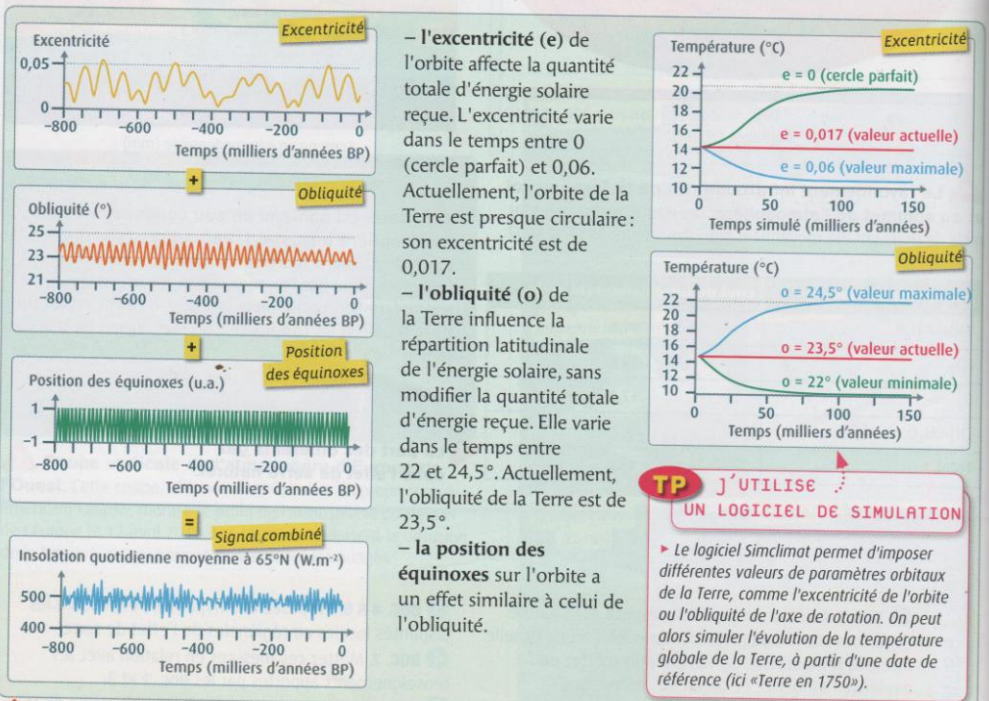


1 Des variations de l'activité solaire. Depuis 1979, on mesure précisément par satellite le flux solaire hors atmosphère. L'évolution du flux solaire entre 1700 et le début des mesures instrumentales a été reconstituée approximativement à partir d'observations indirectes (nombre de taches solaires, fréquence des aurores polaires).



– l'**excentricité (e)** de l'orbite affecte la quantité totale d'énergie solaire reçue. L'excentricité varie dans le temps entre 0 (cercle parfait) et 0,06. Actuellement, l'orbite de la Terre est presque circulaire : son excentricité est de 0,017.

– l'**obliquité (o)** de la Terre influence la répartition latitudinale de l'énergie solaire, sans modifier la quantité totale d'énergie reçue. Elle varie dans le temps entre 22 et 24,5°. Actuellement, l'obliquité de la Terre est de 23,5°.

– la **position des équinoxes** sur l'orbite a un effet similaire à celui de l'obliquité.

TP J'UTILISE UN LOGICIEL DE SIMULATION

► Le logiciel Simclimat permet d'imposer différentes valeurs de paramètres orbitaux de la Terre, comme l'excentricité de l'orbite ou l'obliquité de l'axe de rotation. On peut alors simuler l'évolution de la température globale de la Terre, à partir d'une date de référence (ici « Terre en 1750 »).

2 Influence des caractéristiques orbitales de la Terre sur sa température de surface. Certaines caractéristiques orbitales de la Terre varient de façon cyclique. Ces variations modifient le rayonnement solaire reçu annuellement par la Terre.

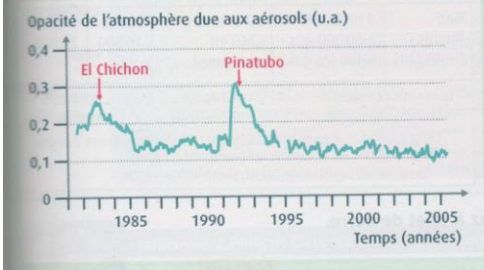


Les éruptions volcaniques de type explosif éjectent de grandes quantités de gaz et de cendres dans l'atmosphère. Ces produits interagissent avec le rayonnement solaire. Lors de l'éruption du Pinatubo en juin 1991, le panache éruptif formé a atteint 40 km d'altitude, dans la stratosphère. Les cendres, même abondantes, ont un impact climatique pratiquement négligeable car elles retombent assez rapidement. En revanche, le gaz SO₂ interagit chimiquement avec la vapeur d'eau, pour former des **aérosols** qui entraînent une diminution de l'énergie solaire absorbée par la surface de la Terre. De plus, dans toutes les éruptions volcaniques, du CO₂ est rejeté en quantité plus ou moins importante.

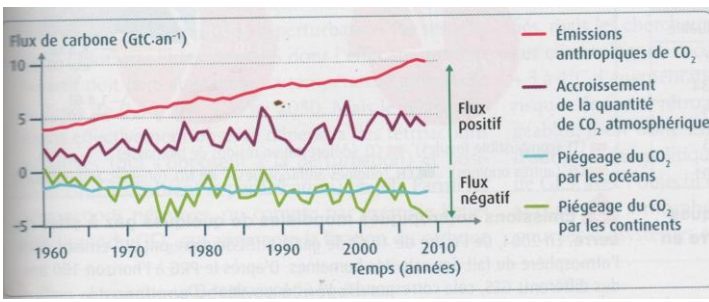
Date de l'éruption	Volcan	Effet radiatif (W.m ⁻²)
1259	Volcan inconnu*	-10
1783-1784	Laki (Islande)	-5
1815	Tambora (Indonésie)	-5
1883	Krakatoa (Indonésie)	-2
1963-1964	Agung (Indonésie)	-2
1982	El Chichon (Mexique)	-2
1991	Pinatubo (Philippines)	-3

* Les glaces des calottes polaires ont emprisonné les traces (cendres, sulfates) des grandes éruptions volcaniques passées. Elles permettent donc de reconstituer avec précision le calendrier des éruptions qui ont marqué notre passé relativement récent.

▲ Estimation du forçage radiatif de quelques grandes éruptions historiques



3 L'influence du volcanisme sur le climat terrestre.



4 Des échanges de carbone entre compartiments du système climatique terrestre. Certains compartiments se comportent comme des **puits de carbone** (flux entrant supérieur au flux sortant), et d'autres comme des **sources de carbone** (flux entrant inférieur au flux sortant).

Le potentiel de réchauffement global (PRG) d'un gaz à effet de serre (GES) est un indice qui permet de comparer l'effet radiatif de ce gaz avec celui du CO₂ (GES de référence), sur une certaine durée.

Ainsi, le PRG du méthane à l'horizon 100 ans est :

PRG (CH₄, 100 ans) =

Effet radiatif cumulé sur 100 ans d'une certaine masse de méthane
Effet radiatif cumulé sur 100 ans de la même masse de dioxyde de carbone

Le PRG dépend de l'effet radiatif instantané du gaz considéré et de sa durée de vie dans l'atmosphère. La connaissance des valeurs du PRG de chaque GES permet de rapporter les émissions de tous les GES à une unité commune, la masse de CO₂ équivalente :

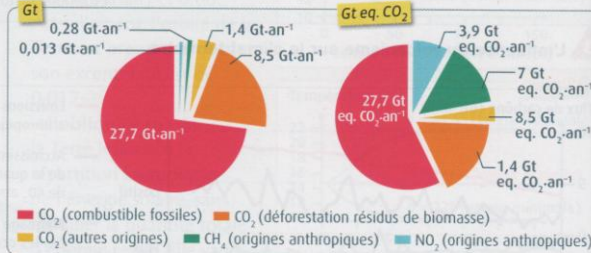
Masse de CO₂ équivalente d'un gaz =
Masse émise de ce gaz x PRG de ce gaz.

GES	Temps de résidence dans l'atmosphère	Efficacité radiative ^{***} (W.m ⁻² .ppm ⁻¹)	PRG à l'horizon	
			20 ans	100 ans
H ₂ O*	Heures, mois	Non calculée	Non calculé	
CO ₂	100 ans	0,014****	1 (par définition)	
O ₃ **	Heures, jours	39	~ 0	~ 0
CH ₄	12 ans	0,37	72	25
N ₂ O	114 ans	3	289	298
Gaz fluorés (~ 40 gaz)	4 mois à 50 000 ans selon les gaz	90 à 1370 (340 en moyenne)	207 à 16 300	59 à 22 800

* Eau à l'état de vapeur
** Ozone troposphérique
*** L'efficacité radiative correspond au forçage radiatif d'une certaine quantité de GES (par exemple ici, la quantité qui correspond à 1 ppm).
**** Valeur valable au voisinage de 380 ppm.

1 Potentiel de réchauffement global des principaux gaz à effet de serre.

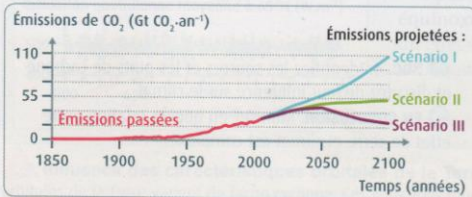
Gaz à effet de serre	Concentration atmosphérique (ppm)	
	1750	2011
Vapeur H ₂ O	Difficilement évaluable	
CO ₂	280	390
O ₃ troposphérique	0,025	0,034
CH ₄	0,71	1,82
N ₂ O	0,27	0,33
Gaz fluorés	Inexistants	0,001



2 Concentrations atmosphériques des principaux gaz à effet de serre en 1750 et en 2011.

3 Émissions anthropiques mondiales de quelques gaz à effet de serre.

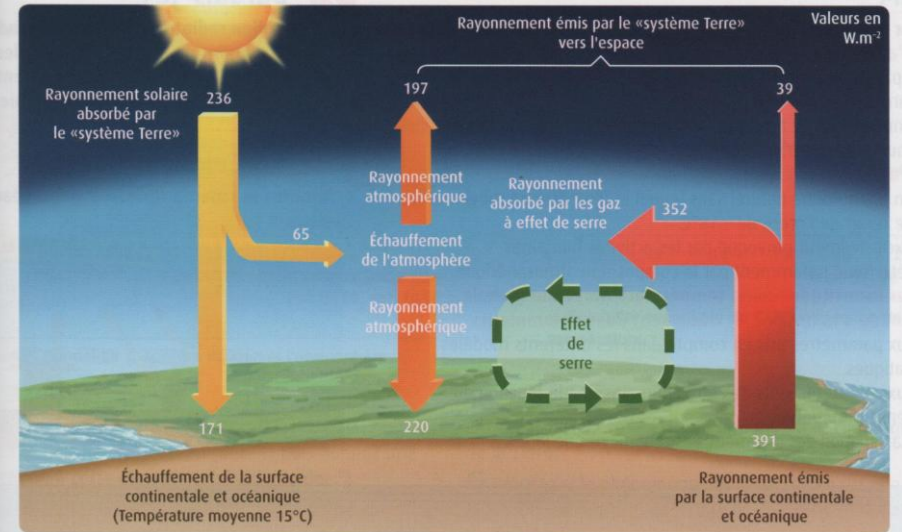
En 2004, de l'ordre de 40 Gt de gaz à effet de serre ont été émis dans l'atmosphère du fait des activités humaines. D'après le PRG à l'horizon 100 ans des différents GES, cela correspond à 49 Gt équivalent CO₂.



4 Quelques scénarios d'évolution des rejets de GES.

Le scénario I correspond à une forte croissance démographique jusqu'en 2100, sans efforts importants de réduction des émissions de GES. Les scénarios II et III correspondent à une décroissance de la population mondiale à partir de 2050, avec des efforts importants de réduction des émissions de GES, dans le cadre d'une politique de développement durable menée à l'échelle locale (scénario II) ou globale (III).

Effet de serre et bilan radiatif terrestre



De l'étude du système climatique à la gestion raisonnée de l'influence de l'Homme

