

## LE FORCAGE RADIATIF

### La définition physique du forçage radiatif

Il est maintenant habituel de mesurer et d'anticiper le réchauffement climatique en termes de degrés Celsius. Cependant le GIEC dès ses premiers travaux utilise une grandeur physique plus précise (mais moins accessible) : le Forçage radiatif.

Pour comprendre ce forçage radiatif il est nécessaire de revenir à la notion de bilan radiatif de la Terre.

La Terre reçoit une certaine quantité d'énergie grâce au rayonnement solaire.  $342 \text{ W.m}^{-2}$ .

En outre, la Terre émet vers l'espace des rayonnements Infra Rouge qui sont en partie bloqués par l'atmosphère : c'est le fameux effet de serre.

Le bilan radiatif peut donc s'exprimer par l'équation suivante :

$$\text{(Energie reçue par la Terre)} - \text{(Energie émise par la Terre)} = \text{Bilan radiatif.}$$

Depuis plus de 10 000 ans on peut établir que ce bilan radiatif est à l'équilibre et qu'il place la surface de la Terre à une température moyenne à  $15^{\circ}\text{C}$ .

Cela étant établi, on peut désormais définir le forçage radiatif comme la mesure du déséquilibre (énergétique) de ce bilan radiatif. De façon plus précise, le forçage radiatif correspond à la différence d'énergie reçue par la Terre et émise par la Terre si celle-ci était restée dans les conditions physico-chimiques de l'époque préindustrielle. (1750)

Si ce bilan radiatif tend vers une augmentation, on parlera de forçage radiatif positif avec une conséquence directe une augmentation de la température moyenne à la surface de la Terre.

Si ce bilan radiatif tend vers une diminution, alors le forçage radiatif est négatif, la surface moyenne de la Terre diminue alors.

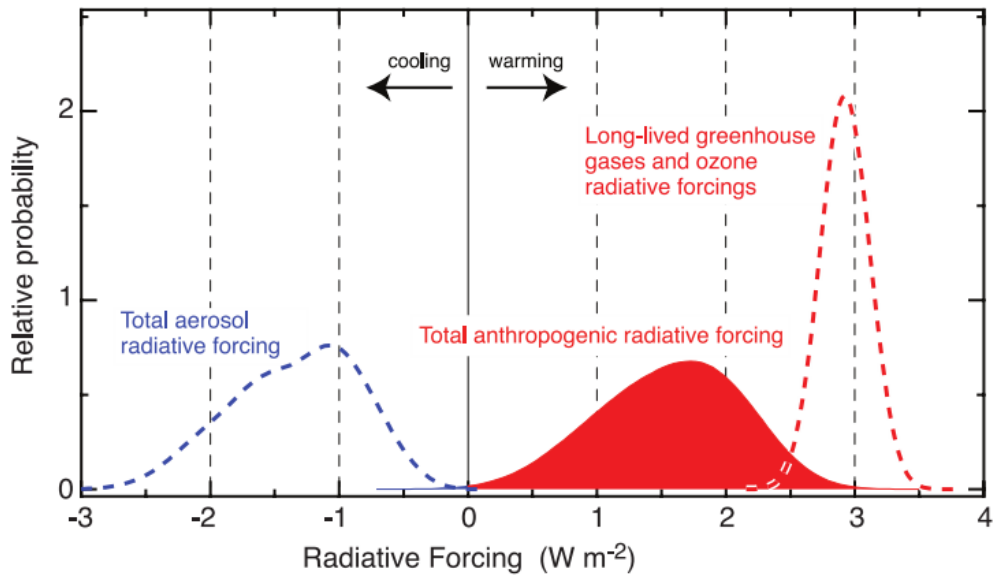
### Les facteurs d'influence sur le forçage radiatif

Dans son 4<sup>ème</sup> rapport d'évaluation, en 2007, le GIEC établit une liste de facteurs capables d'affecter le forçage radiatif de la Terre et démontre de façon élégante et rigoureuse le rôle des facteurs naturels et anthropogéniques dans le changement climatique.

Les 2 documents ci-dessous en sont extraits.

Le premier document résume de façon graphique la part statistique des gaz à effet de serre, des aérosols et des actions anthropogéniques sur le forçage radiatif. Ainsi, les gaz à effet de serre contribuent à un forçage radiatif de  $+2.9 \pm 0.3 \text{ W.m}^{-2}$ , l'ensemble des aérosols aboutit à un forçage radiatif médian de  $-1.3 \text{ W.m}^{-2}$ .

Le forçage radiatif d'origine anthropogénique est donc compris entre  $+0.6$  et  $2.4 \text{ W.m}^{-2}$ , avec une valeur médiane de  $+1.6 \text{ W.m}^{-2}$ . En d'autres termes le réchauffement climatique résulte bel et bien des activités humaines.



Dans le second tableau, on constate aisément que le forçage radiatif positif des gaz à effet de serre est principalement dû à la présence massive du CO<sub>2</sub> et du méthane.

Lorsqu'il est question de l'albedo, on constate que le forçage radiatif est globalement négatif. En effet les activités humaines ont modifié la couverture des terres par la déforestation et l'extension des cultures agricoles, ce qui a pour résultat d'augmenter la réflexion des rayons solaires.

Les aérosols sont des éléments très variés en taille, en nature, en concentration et d'origine. On regroupe ainsi les poussières volcaniques, les suies issues de la combustion, mais aussi des composés sulfuré (H<sub>2</sub>S). Leur action sur le forçage radiatif est également négatif. Ils agissent en effet sur la réflexion et l'absorption des rayons solaires et des infra-rouges ce qui fait ainsi globalement chuter le forçage radiatif.

Radiative forcing of climate between 1750 and 2005

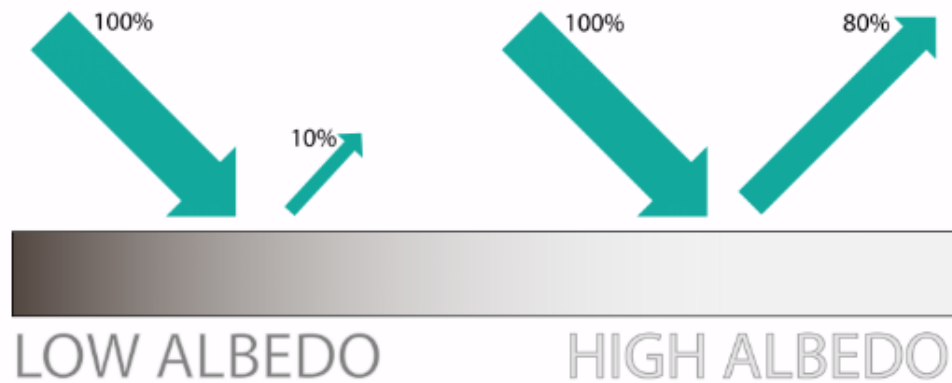
Radiative Forcing Terms		Climate efficacy		Spatial scale		
Anthropogenic	Long-lived greenhouse gases	CO <sub>2</sub>	1.0	(see caption)	Global	High
		N <sub>2</sub> O				
		CH <sub>4</sub>	1.0 - 1.2	~ 10 - 100 yrs	Global	High
		Halocarbons				
	Ozone	Stratospheric (-0.05)	0.5 - 2.0	Weeks to 100 yrs	Continental to global	Med
		Tropospheric				
		Stratospheric water vapour from CH <sub>4</sub>	~1.0	10 years	Global	Low
	Surface albedo	Land use	---	10 - 100 yrs	Local to continental	Med - Low
		Black carbon on snow				
	Total Aerosol	Direct effect	0.7 - 1.1	Days	Continental to global	Med - Low
	Cloud albedo effect	1.0 - 2.0	Hours - Days	Continental to global	Low	
	Linear contrails	(0,01)	~ 0.6	Hours	Continental	Low
Natural	Solar irradiance		0.7 - 1.0	10 - 100 yrs	Global	Low

Radiative Forcing (W m<sup>-2</sup>)

Timescale      Scientific understanding

## L'albedo, un effet de surface crucial

Si l'effet de serre provoqué par les gaz tels que le CO<sub>2</sub>, le méthane et la vapeur d'eau est bien connu, il est important d'insister sur la notion d'albedo qui correspond au rapport entre les radiations réfléchies et reçues. L'albedo varie ainsi de 0 pour un corps noir absorbant l'intégralité du rayonnement à 1 pour un corps réfléchissant l'intégralité du rayonnement reçu. Cette grandeur physique est fortement influencée par la nature de la surface : la végétation en général présente un albedo plus fort qu'un sol nu, comme un désert. La glace et la neige, en réfléchissant fortement les rayonnements solaires ont un albedo plus élevé que celui des océans.



L'effet « snow-and-ice-albedo feedback » est aujourd'hui bien connu et permet de comprendre l'implication et l'amplification des modifications d'albedo dans le système glace et eau des pôles.

Une augmentation des températures atmosphériques entraîne une plus grande fonte des glaces. L'eau de fusion ayant un albedo plus faible que la glace, les rayonnements solaires sont davantage absorbés par l'eau que par la glace. L'eau et l'atmosphère se réchauffent ce qui entraîne une fonte de glace plus importante...le cercle vicieux est dès lors enclenché.

