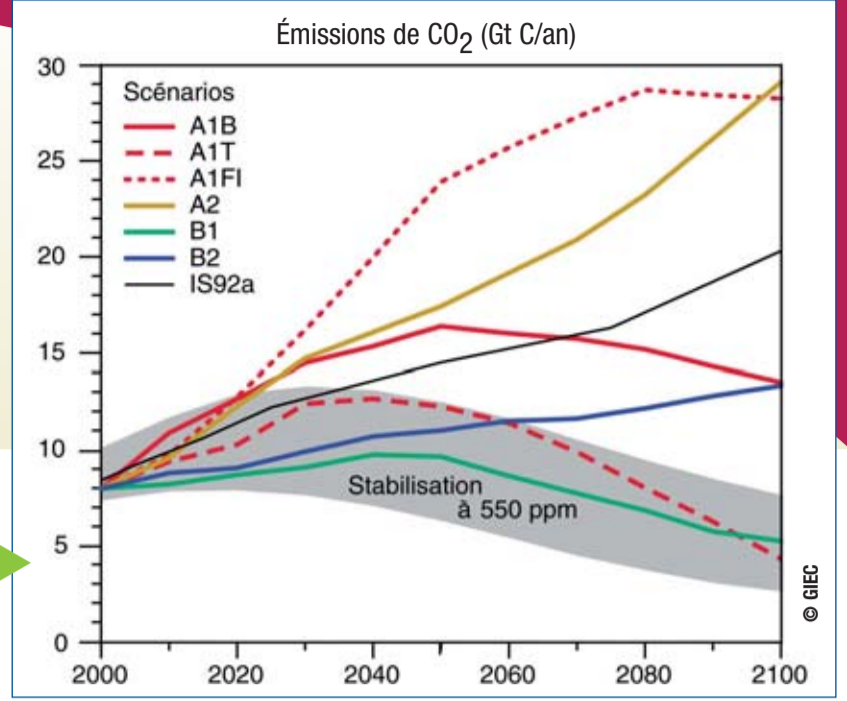


# PEUT-ON SIMULER LE CLIMAT DU FUTUR ?

Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) affirme que l'essentiel de l'élévation de la température moyenne du globe observée depuis le milieu du XX<sup>e</sup> siècle est attribuable à la hausse des concentrations de Gaz à Effet de Serre provoquée par l'homme. Comment évalue-t-on la concentration future des GES et comment peut-on en déduire des simulations du climat ?

## Les Gaz à Effet de Serre (GES) et leur évolution

Les GES sont appelés ainsi car ils absorbent en partie le rayonnement infrarouge émis par la terre et contribuent par là au réchauffement de l'atmosphère. Leur augmentation actuelle est la conséquence des activités humaines.



Les concentrations de GES du futur dépendent des choix de société faits dans les années à venir. La modélisation économique permet de décrire des scénarios d'émissions de GES tels que ceux de la figure ci-contre, établis par le GIEC pour la période 2000-2100.

## Le forçage radiatif

Le forçage radiatif des constituants atmosphériques est la quantité supplémentaire d'énergie piégée dans l'atmosphère en raison de leurs variations. Le forçage des GES constitue la plus importante variation du bilan radiatif de la terre sur les 250 dernières années et il entraîne le réchauffement de l'atmosphère.

## Qu'est-ce qu'un modèle climatique ?

Les mouvements et l'état des fluides (atmosphère, océan) sont régis par les équations de Navier-Stokes. Ces équations différentielles traduisent : l'évolution des pressions, l'accélération du vent, la conservation de la masse. S'y ajoutent les échanges de chaleur, liés notamment au rayonnement et aux transformations d'état de l'eau, et des éléments externes au fluide tels que les échanges avec l'océan et la superficie des glaces. Les paramètres d'état de l'atmosphère sont ainsi calculés, sur la planète entière selon une grille de maille de quelques centaines ou même dizaines de km.

## Les résultats

La figure ci-contre donne les résultats moyennés pour un grand nombre de modèles climatiques, sur le 20<sup>ème</sup> siècle (simulation du passé) et pour le 21<sup>ème</sup> siècle, suivant quatre scénarios d'émissions de GES proposés par le GIEC. L'épaisseur des zones entourant les courbes donne une idée de l'incertitude des résultats, les courbes continues de couleur représentant la moyenne de ces résultats. Tous ces modèles prévoient une augmentation de la température, y compris pour les scénarios d'émissions les plus optimistes.

### seconde loi de Newton

$$\frac{D_r u}{Dt} + \frac{u \tan \phi}{r} - 2\Omega \sin \phi v + \frac{c_p \theta}{r \cos \phi} \frac{\partial \Pi}{\partial \lambda} = -\left(\frac{uv}{r} + 2\Omega \cos \phi w\right) + S^u$$

$$\frac{D_r v}{Dt} + \frac{v^2 \tan \phi}{r} + 2\Omega \sin \phi u + \frac{c_p \theta}{r} \frac{\partial \Pi}{\partial \phi} = -\left(\frac{vw}{r}\right) + S^v$$

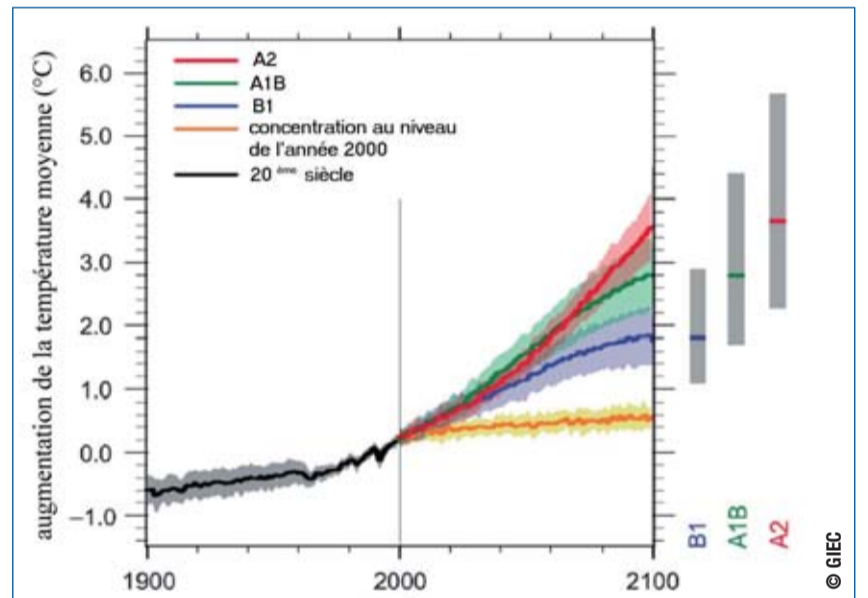
$$\frac{D_r w}{Dt} + c_p \theta \frac{\partial \Pi}{\partial r} + \frac{\partial \Pi}{\partial r} = \left(\frac{u^2 + v^2}{r}\right) + 2\Omega \cos \phi w + S^w$$

### conservation de masse

$$\frac{D_r}{Dt} (\rho_a r^2 \cos \phi) + \rho_a r^2 \cos \phi \left[ \frac{\partial}{\partial \lambda} \left( \frac{u}{r \cos \phi} \right) + \frac{\partial}{\partial \phi} \left( \frac{v}{r} \right) + \frac{\partial w}{\partial r} \right] = 0$$

### thermodynamique

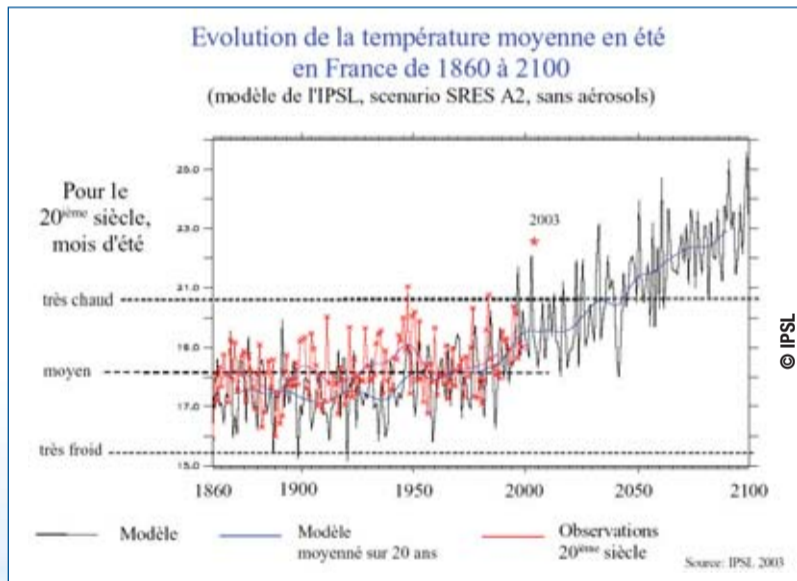
$$\frac{D_r \theta}{Dt} = S^\theta$$



## Peut-on avoir confiance dans les modèles ?

Il ne sera sans doute jamais possible de prévoir les valeurs précises d'un paramètre météorologique au delà de 10 à 15 jours à cause de la nature chaotique de l'atmosphère. Malgré cela, il apparaît possible de prévoir, même à très long terme, les valeurs les plus probables des paramètres décrivant le climat. Ceci est confirmé par le fait que les modèles climatiques simulent correctement le climat sur le siècle passé.

La figure montre que le modèle ne reproduit pas, année par année, les températures observées dans le passé mais que ses résultats sont en moyenne et en dispersion comparables aux observations. On peut donc extraire, pour l'avenir, une information climatique utile d'un système chaotique.



# OBSERVATOIRE NATIONAL SUR LES EFFETS DU RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE

ONERC - 39, rue Saint Dominique - 75007 PARIS  
www.onerc.gouv.fr

