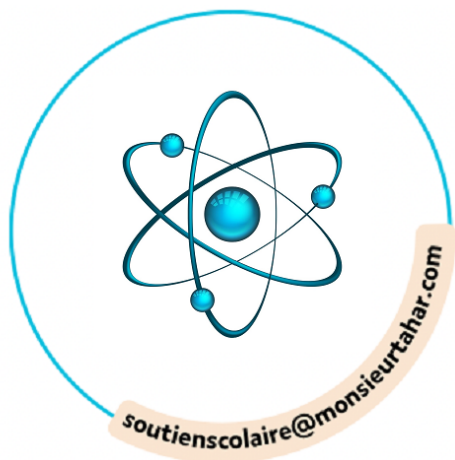


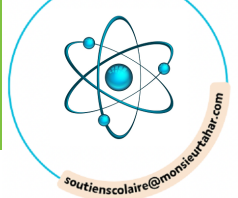
ENSEIGNEMENT SCIENTIFIQUE



SVT

CHAPITRE 3

La modélisation du climat terrestre



Les modèles climatiques, représentations numériques simplifiées du système Terre, servent à prédire les évolutions futures du climat.

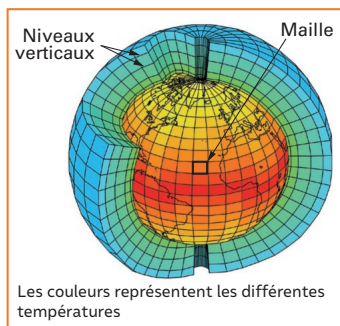
I L'évolution des modèles climatiques

Un modèle climatique est une **représentation numérique simplifiée** du climat de la planète. Il est limité aux **trois réservoirs** terrestres (atmosphère, océans, surfaces continentales) et à leurs interactions.

Des **équations mathématiques** décrivent ce qui se déroule (phénomènes physiques, chimiques et biologiques) entre mais aussi à l'intérieur des réservoirs.

On réalise un **maillage** des différents réservoirs (doc. 1). Puis on détermine les paramètres de chaque maille (température, rayonnement, humidité, etc.) et on précise comment elles vont interagir avec les mailles adjacentes selon les équations du modèle. On lance ensuite le modèle pour obtenir des résultats. Plus la maille est petite, plus le modèle est précis et fiable. La précision des modèles s'est améliorée grâce aux progrès de la **recherche** et à l'augmentation de la **puissance de calcul** des ordinateurs, ceux d'aujourd'hui étant un milliard de fois plus rapides que ceux des années 1960.

DOC. 1. Un modèle climatique terrestre avec ses mailles



II Modéliser pour comprendre et anticiper

Les modèles climatiques permettent de comparer plusieurs évolutions « virtuelles » du climat pour les années, les décennies ou les siècles à venir.

On peut ainsi faire des **prévisions climatiques** qui se basent sur les **conditions initiales du système**, et sur une estimation des quantités de **gaz à effet de serre** susceptibles d'être rejetées dans le futur.

■ Les progrès des modèles permettent de faire des prévisions climatiques à des **échelles d'espaces** de plus en plus précises (certains modèles de climat régionaux possèdent des mailles de 10 à 50 km) et à des **échelles de temps** de plus en plus longues (certains modèles fonctionnent jusqu'en 2100).

■ Les résultats obtenus par les modèles numériques peuvent être **confrontés aux données réelles** (températures, force du vent, hygrométrie, courants océaniques, etc.), afin de vérifier leur pertinence. Ces données réelles sont :

- les nombreuses **données spatiales** obtenues grâce aux satellites ;
- les **données directes** obtenues grâce à des capteurs disséminés dans le monde ;
- les **données historiques** provenant de la connaissance des **paléoclimats**.

Mot clé

La **paléoclimatologie** est l'étude des climats du passé.

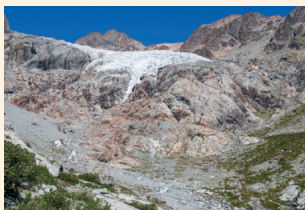
Par exemple, le « Petit âge glaciaire » du Moyen Âge en Europe, qui correspond à une période climatique froide, a été documenté historiquement et confirmé par les modèles numériques.

Ainsi, les évolutions mesurées ces dernières décennies ont été anticipées par les modèles et confirmées par la réalité.

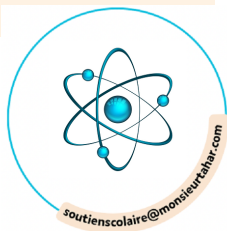


ZOOM

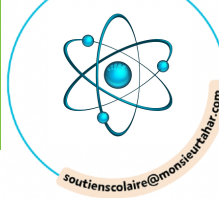
Évolution du Glacier Blanc dans le massif des écrivains (Alpes, France)



La comparaison des photos du même Glacier Blanc (prises au même endroit, depuis le pré de Mme Carle), à gauche en 1995 et à droite en 2019, démontre le recul actuel des glaciers. Ce sont des données réelles qui peuvent être confrontées aux résultats obtenus par les modèles.



Un réchauffement climatique confirmé par tous les modèles

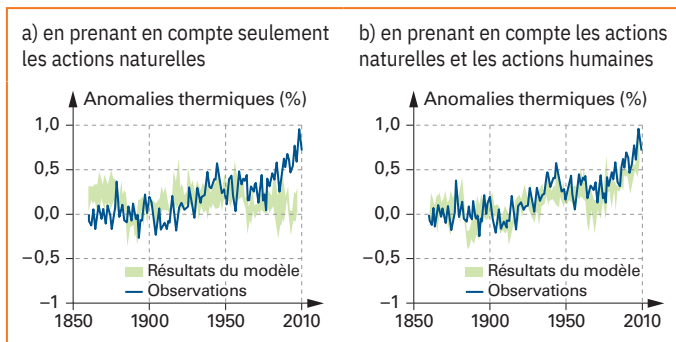


Tous les modèles climatiques le confirment : l'augmentation de la température moyenne de la Terre, depuis la révolution industrielle, est liée en grande partie aux activités humaines.

I Une responsabilité humaine attestée

Une vingtaine de modèles climatiques arrivent tous à la même conclusion : depuis l'ère industrielle (1850), les activités humaines (transport, déforestation, industrie, etc.) sont en majeure partie responsables du **réchauffement planétaire**.

DOC. 1. Comparaison entre les températures observées (= mesurées) et les températures simulées par modèle



Source : GIEC 2001

Ces modèles indiquent aussi que plus les émissions de gaz à effet de serre seront élevées, plus le système Terre réagira de façon exponentielle (réchauffement du climat, fréquence des événements climatiques extrêmes, augmentation du niveau de la mer, etc.) **► FICHE 13**.

Le **GIEC** révèle qu'en 2017 le réchauffement global a atteint **+ 1 °C** ($\pm 0,2$ °C) **par rapport à la période préindustrielle** et que les émissions de gaz à effet de serre d'origine anthropique provoquent une hausse moyenne des températures de l'ordre de 0,2 °C par décennie à l'échelle de la planète.

Mot clé

GIEC : Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat. Il s'agit d'une organisation créée sous l'égide de l'ONU en 1988.

II Les activités humaines intégrées dans les modèles

• Les activités humaines qui **augmentent les GES**, avec leurs estimations chiffrées **FICHE 11**, sont incorporées dans les modèles.

• La **combustion d'hydrocarbures** pour le transport et le chauffage et la **production de ciment** à partir de calcaire rejettent du **CO₂**.

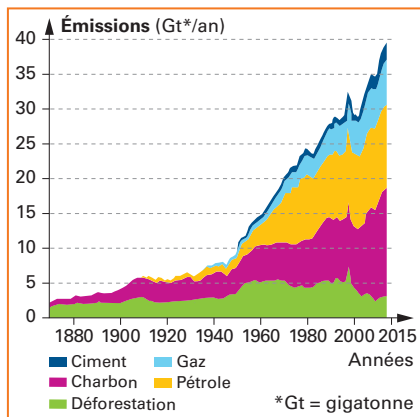
• La **déforestation** libère du **CO₂**.

• La **fermentation dans les décharges** et les **activités agricoles**, comme les élevages industriels d'animaux, produisent du **CH₄** (méthane). Du CH₄ est aussi libéré dans l'atmosphère par des **fuites de gaz naturel**.

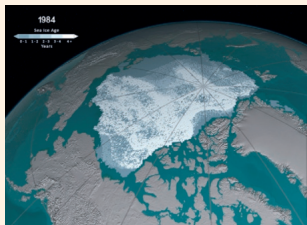
• Les **activités industrielles** rejettent des **halocarbures** dont la famille des **CFC** (chloro-fluorocarbone).

• Les activités humaines qui entraînent une **diminution de l'albédo** moyen terrestre sont également **intégrées aux modèles**. Ce phénomène entraîne une **rétroaction positive** (appelée aussi parfois effet « boule de neige », c'est-à-dire un **phénomène d'amplification** des causes du réchauffement climatique par leurs conséquences **FICHE 9**).

DOC. 2. Émissions mondiales de CO₂ par les activités humaines



L'effet « boule de neige » dans l'océan arctique



On considère que l'albédo moyen de l'océan est de 10 % alors que celui de la glace est de 85 %. Ainsi, le réchauffement climatique va s'amplifier de façon exponentielle à la suite de la fonte de l'océan arctique.

Les scénarios climatiques du futur



Les climatologues du GIEC ont défini quatre scénarios, plus ou moins optimistes, concernant l'évolution des gaz à effet de serre.

I Quatre scénarios climatiques

Le GIEC **FICHE 12**, groupe d'experts scientifiques indépendants, a trois missions : étudier les **principes physiques** du changement climatique, anticiper ses **impacts** et trouver des **moyens de le réduire**.

Sur la période 2020-2100, le GIEC propose actuellement **quatre scénarios d'évolution du climat** dits **RCP 8.5**, **RCP 6.0**, **RCP 4.5** et **RCP 2.6**. Chacun des nombres correspond à la valeur du bilan radiatif excédentaire **FICHE 8**.

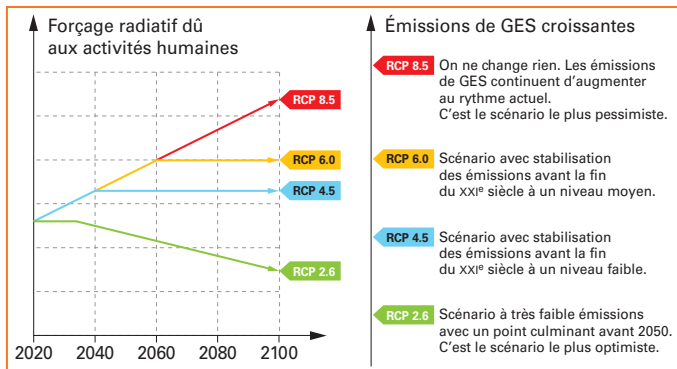
Ces scénarios sont **revus et corrigés tous les deux ans** en fonction de plusieurs critères :

- les actions et les engagements pris par les gouvernements ;
- les observations et les nouvelles découvertes scientifiques réalisées ;
- les améliorations des modèles numériques.

Mot clé

Les **RCP** (*Representative Concentration Pathways*) correspondent à quatre profils d'évolution des concentrations en gaz à effet de serre pour la suite du **xxi^e siècle**.

DOC. Les quatre scénarios RCP



II Les conséquences prévisibles

● Tous les modèles s'accordent sur l'origine du réchauffement climatique mais également sur ses conséquences probables. La **température moyenne** devrait ainsi **augmenter de 1,5 à 5 °C** entre 2017 et la fin du **xxi^e siècle**. D'autre part, **l'élévation du niveau moyen des océans** pourrait atteindre **un mètre** en 2100, avec pour conséquences : des inondations, la salinisation des sols côtiers qui deviendront infertiles, la destruction des infrastructures côtières, un nombre croissant de migrants climatiques, etc.

● Les **modifications des régimes de pluie** vont entraîner une augmentation de la fréquence et de l'intensité des vagues de chaleur, des sécheresses, des incendies (comme le montrent les incendies australiens de 2020), des tempêtes et des cyclones, ce qui aura des conséquences sur l'accès à l'eau potable et sur les rendements agricoles.

● L'**acidification des océans** rendra plus difficile la fabrication des squelettes calcaires des mollusques (comme les huîtres ou les moules) et des coraux, ce qui, par voie de conséquence, déstabilisera les chaînes alimentaires marines.

● Le réchauffement climatique aura également un impact majeur sur les **écosystèmes terrestres et marins**.

● Enfin, des **conséquences économiques et sociales** de grande ampleur sont aussi attendues.

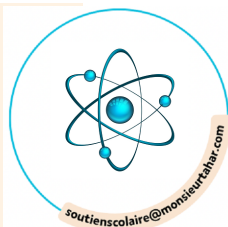
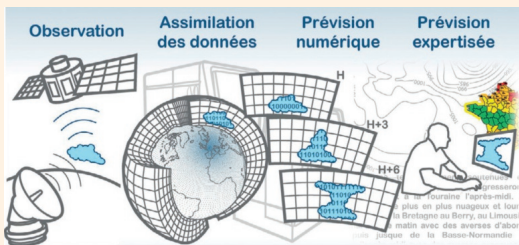
À noter

Au-delà de +2 °C par siècle, on estime que 20 à 30 % des espèces animales et végétales risquent de disparaître.



ZOOM

Des modèles numériques perfectibles



Les modèles numériques ne sont pas parfaits : certaines données sont incertaines, imprécises et certains phénomènes atmosphériques difficilement prévisibles et simplifiés.