

TD 11 : construire des modèles climatiques.

Pour prévoir l'évolution du climat futur, les scientifiques s'appuient sur les constats passés. Aujourd'hui avec les moyens technologiques avancés et l'ensemble des données collectées, les scientifiques modélisent le fonctionnement du système climatique pour prévoir son évolution futur.

Problème : comment modéliser le climat futur ?

<p>Tâche complexe : A l'aide des documents fournis et du logiciel SimClimat, expliquer comment les scientifiques établissent les modèles climatiques et les évaluent pour modéliser le climat futur.</p>	<p>Critères de réussite.</p>
<p>Interview de Jean-Louis Dufresne, climatologue au laboratoire de Météorologie Dynamique. « un modèle numérique de climat, c'est un programme informatique dont l'objectif est de reproduire le climat d'une Terre virtuelle, c'est-à-dire de simuler les mêmes phénomènes climatiques que sur la vraie Terre. Cette simulation se fait à partir des équations de la physique atmosphérique et océanique mais aussi de la façon dont se comporte la végétation sur les surfaces continentales... Toutes ces lois physiques ou chimiques sont mises sous forme d'équations mathématiques avant d'être résolues par des programmes informatiques qui tournent sur des supercalculateurs. Ces programmes informatiques appelés modèles numériques du climat permettent de simuler le climat sur des dizaines voire des centaines de milliers d'années. Ces simulateurs diffèrent des simulations météorologiques qui utilisent des modèles comparables mais dont l'objectif est la prévision du temps à court terme. Pour les projections climatiques, il ne s'agit pas de prévoir le temps qu'il fera tel jour dans 100 ans, mais de prédire le climat, c'est-à-dire la distribution statistique des variables météorologiques sur plusieurs décennies.</p> <p align="center"><u>Document 1 : le principe du modèle climatique numérique.</u></p>	<p>J'ai répondu à la question « qu'est-ce qu'un modèle climatique numérique ? ».</p>
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div data-bbox="145 925 552 1348" style="width: 45%;"> <p>L'atmosphère est découpée numériquement en un quadrillage tridimensionnel appelé maillage. La modélisation de l'atmosphère consiste à calculer les variables de sortie (vent, température, humidité, etc.) à chaque pas de temps et pour chaque maille. Le pas de temps, durée qui s'écoule entre deux calculs, est de l'ordre de quelques minutes. Il définit la résolution temporelle du modèle tandis que la largeur de la maille définit la résolution spatiale, ici de l'ordre de 100 km. Les phénomènes physiques complexes ayant une échelle inférieure à la taille de la maille (comme la formation des nuages) sont traités de manière statistique. Cette simplification incontournable est une source de variabilité entre les modèles (Unité 3 p. 68).</p> </div> <div data-bbox="592 925 1235 1348" style="width: 45%; text-align: center;"> </div> </div> <div style="margin-top: 20px;"> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div data-bbox="105 1400 256 1563" style="width: 15%;"> </div> <div data-bbox="272 1415 770 1736" style="width: 45%;"> <p>Interview de Camille Risi, climatologue au Laboratoire de Météorologie Dynamique</p> <p>Si on avait une puissance de calcul infinie, on réduirait la taille des mailles jusqu'à pouvoir représenter le plus finement possible les processus nuageux. À la résolution actuelle, il faut déjà environ 360 points en longitude, multiplié par 180 points en latitude, que multiplie environ 50 points sur la verticale. Le pas de temps est de l'ordre de quelques minutes (15 min) mais les calculs portent sur plusieurs milliers d'années voire des centaines de milliers d'années... Ça fait $360 \times 180 \times 50 \times 100\,000 \times (365 \times 24 \times 4)$ fois tous les calculs atmosphériques ! C'est pourquoi les simulations avec les modèles de climat se font sur des supercalculateurs de centres nationaux et certaines simulations prennent plusieurs mois.</p> </div> <div data-bbox="807 1435 1291 1659" style="width: 40%;"> <p><u>Document 2 : modèle atmosphérique et supercalculateur.</u></p> <p>Le supercalculateur Curie, hébergé dans un centre de recherche de la région parisienne, est capable d'effectuer jusqu'à deux millions de milliards (2×10^{15}) d'opérations à la seconde.</p> </div> </div> <div data-bbox="92 1749 783 2132" style="margin-top: 20px; text-align: center;"> </div> </div>	<p>J'ai indiqué le rôle du maillage et ses conséquences sur la puissance de calcul nécessaire.</p>

Réaliser une modélisation avec SimClimat (logiciel téléchargé sur la tablette à partir de google play ou play store : rechercher « simclimat ».

Protocole :

1) Ouvrir le logiciel et lancer une nouvelle simulation : état initial « maintenant » et durée « 100 ans »
Cliquer sur continuer ;

2) Donner un nom à la simulation (le logiciel permet de superposer les résultats de plusieurs simulations pour les comparer) et choisir une couleur.

Dans émission de CO₂ (sigle du milieu dans le bandeau bleu bas de page),

3) Régler directement la concentration de CO₂ qui restera constante pendant toute la simulation, choisir la valeur d'aujourd'hui.

4) Lancer la simulation. Ce résultat sera le résultat de référence.

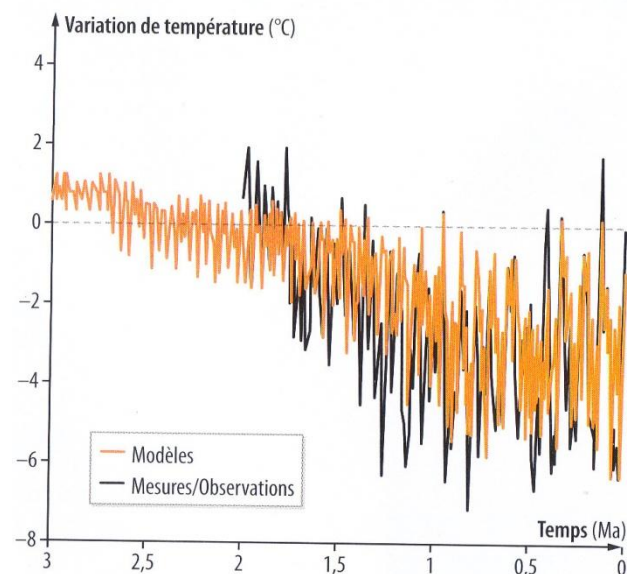
Lancer ensuite d'autres simulations, toujours basées sur le monde maintenant et durant 100 ans, en faisant varier à chaque fois un paramètre :

5) Simulation 2 : Régler les sources et les puits de CO₂ : dans émission anthropique choisir « comme aujourd'hui ».

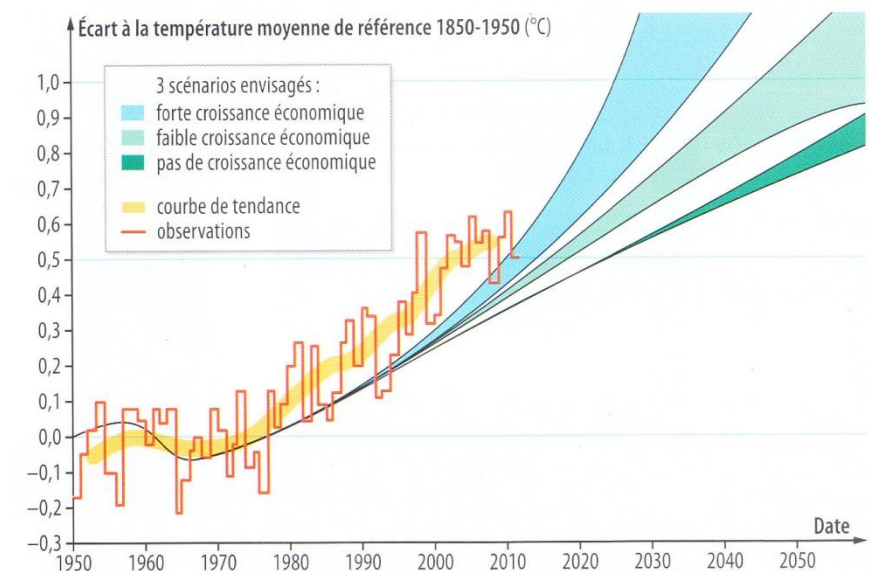
6) Simulation 3 : régler les sources et les puits de CO₂ à deux fois plus qu'aujourd'hui.

Penser à nommer chacune des simulations.

J'ai observé les changements climatiques possibles sur le XXI^{ème} siècle selon 3 scénarii et j'ai relié la température à la concentration en CO₂.



Document 3 : comparaison du climat mondial des trois derniers Ma avec différents modèles.



Écart de température par rapport à 1950 (°C)

Document 4 : confrontation modèle-observation.

Ce modèle climatique de 1981 prend en compte de nombreux paramètres (rayonnement solaire, GES, albédo...) mais pas les aérosols et certains GES dont l'effet est aujourd'hui avéré. Ce modèle est appliqué à 3 scénarii de croissance économique et les simulations sont comparées aux températures mesurées entre 1950 et 2010.

Source : Hansen, *Science*, 1981 et realclimate.org

J'ai montré que les modèles climatiques se sont améliorés et enrichis au cours du temps.

J'ai expliqué pourquoi il y a toujours plusieurs scénarii d'évolution du climat.