

inférieure d'un demi-degré par rapport à ce que l'on pensait précédemment, que faudrait-il en déduire ? Y aurait-il moins de risque à continuer de brûler des combustibles fossiles au rythme actuel ? Quand dépasserait-on un réchauffement critique ?

La plupart des chercheurs s'accordent sur le fait qu'un réchauffement de deux degrés au-dessus de la température de l'ère pré-industrielle affecterait de multiples domaines : l'approvisionnement en nourriture et en eau, la santé, la sécurité, la fourniture d'énergie, la prospérité économique... J'ai récemment calculé l'évolution des températures pour différentes valeurs de la sensibilité climatique, grâce à un modèle (simplifié) dit de bilan énergétique. De tels modèles sont utilisés pour

étudier les divers scénarios climatiques possibles. Ils déterminent l'évolution de la température de surface moyenne en réponse aux changements naturels (éruptions volcaniques, variations de l'activité solaire, etc.) ou anthropiques, tels que l'émission de gaz à effet de serre ou de particules. Bien que critiqués, les modèles climatiques sont notre meilleur outil pour décrire le système climatique en fonction de paramètres physiques, chimiques et biologiques. Et ils ont fait leurs preuves : ainsi, il y a plusieurs décennies, le réchauffement récent a été prédit avec précision par les modèles.

Le calcul considérait des émissions de gaz à effet de serre se poursuivant au rythme actuel (*business-as-usual*). Je

l'ai effectué à plusieurs reprises, pour des valeurs de la sensibilité climatique à l'équilibre allant de la limite inférieure du GIEC (1,5°C) à sa limite supérieure (4,5°C). Les courbes les plus en accord avec les mesures récentes étaient celles correspondant à 2,5°C et 3°C. Les courbes obtenues avec une sensibilité climatique notablement plus basse ou plus haute s'accordaient peu aux mesures, renforçant l'idée qu'elles ne sont pas réalistes.

Sommes-nous près d'un seuil dangereux ?

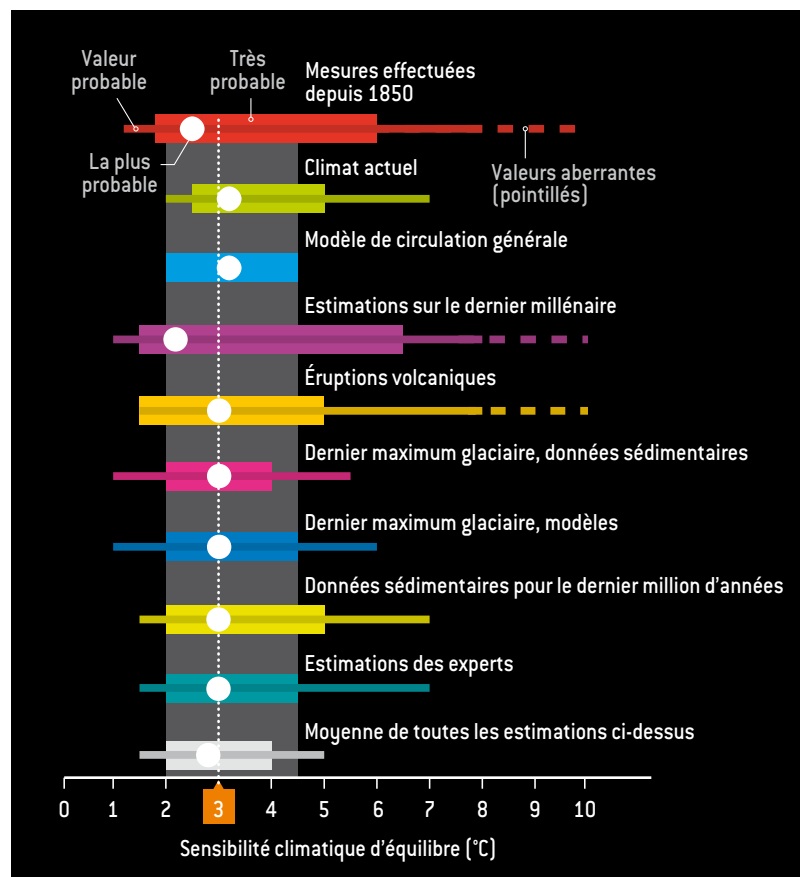
Ces calculs ont montré qu'avec une valeur de 3°C, la planète franchirait la limite dangereuse correspondant à un réchauffement de 2°C dans seulement 22 ans, en 2036. Si la sensibilité climatique n'est que de 2,5°C, cette limite sera atteinte en 2046, soit dix ans plus tard (voir la figure pages 64 et 65). Une moindre sensibilité ne ferait donc que retarder un peu l'échéance – mais ce délai pourrait se révéler précieux pour la lutte contre le réchauffement.

Que faire pour limiter ce dernier à moins de 2°C ? Rappelons que la sensibilité climatique à l'équilibre représente la valeur du réchauffement pour un doublement de la concentration atmosphérique de dioxyde de carbone. Une sensibilité de 3°C signifie que pour garder le réchauffement inférieur à 2°C, la concentration de CO₂ doit rester très inférieure au double du niveau préindustriel (560 ppm). Il faudrait qu'elle ne dépasse pas 450 ppm, voire moins si l'on prend en compte l'effet des aérosols. En brûlant moins de charbon, on réduirait certes les émissions de CO₂, mais aussi la quantité d'aérosols (telles les particules de sulfates) présents dans l'atmosphère ; or ces derniers ont un effet refroidissant, en faisant écran au soleil. La concentration atmosphérique de CO₂ à ne pas dépasser se situerait alors plutôt autour de 405 ppm.

Nous sommes pourtant près de la franchir. En 2013, la concentration de dioxyde de carbone a brièvement atteint 400 ppm pour la première fois depuis le début des enregistrements – et peut-être depuis plusieurs millions d'années, comme le suggère l'analyse des couches géologiques. Pour ne pas dépasser les 405 ppm, nous devrions cesser immédiatement de brûler des carburants fossiles. Une limite de 450 ppm autoriserait quelques années

À QUEL POINT LE CLIMAT EST-IL SENSIBLE AU CO₂ ?

La sensibilité climatique d'équilibre est le réchauffement que provoquerait un doublement de la concentration atmosphérique de dioxyde de carbone, après stabilisation du climat. La valeur la plus probable est légèrement inférieure à 3°C. C'est ce que montrent de nombreux calculs indépendants des températures anciennes, ainsi que de multiples modèles climatiques (*barres de couleur*). La moyenne des estimations réalisées est représentée en bas du graphique (*barre grise*).



encore d'augmentation des émissions de carbone, qui devraient ensuite décroître de quelques pour cent par an. Si la sensibilité climatique est de 2,5°C, la lutte contre le réchauffement sera un peu moins brutale, mais elle restera difficile.

Ce n'est pas la seule source d'inquiétude. La valeur limite de 450 ppm a été obtenue en ne considérant que les rétroactions dites rapides, résultant par exemple des changements dans les nuages, la vapeur d'eau et la banquise. Mais pour certains experts du climat, dont James Hansen, précédent directeur de l'Institut Goddard de la NASA pour les études spatiales, il existe aussi des rétroactions plus lentes, telles celles provoquées par l'évolution des glaces continentales. Les prendre en compte impliquerait que nous devrions faire redescendre la concentration de CO₂ à son niveau du milieu du XX^e siècle, soit 350 ppm, si nous voulons limiter les dommages liés au réchauffement. Cela nécessiterait de déployer des technologies coûteuses pour capturer le CO₂ atmosphérique.

En outre, l'idée qu'un réchauffement inférieur à 2°C soit sans danger est subjective. Elle est fondée sur une estimation du moment où la majorité du globe sera exposée à des changements climatiques potentiellement irréversibles. Or des modifications destructrices se sont déjà produites dans certaines régions. En Arctique, la fonte de la banquise et le dégel du pergélisol nuisent aux populations indigènes et aux écosystèmes. Les nations insulaires vivant à basse altitude voient leurs terres et l'eau douce disparaître, en raison de la montée du niveau de la mer et de l'érosion. Dans ces régions, le réchauffement – qui va s'aggraver d'au moins 0,5°C avec le CO₂ déjà émis – est dès à présent problématique.

Espérons que la sensibilité climatique correspond à l'estimation probable la plus faible, soit 2,5°C. Cela autoriserait un optimisme prudent quant à la possibilité de prévenir des dégâts irréparables pour la planète. Mais c'est à la condition de réduire la dépendance aux énergies fossiles de façon urgente et notable. ■

■ SUR LE WEB

Détails sur le modèle de bilan énergétique utilisé pour les simulations : ScientificAmerican.com/apr2014/mann

■ BIBLIOGRAPHIE

A. P. Schurer *et al.*, *Separating forced from chaotic climate variability over the past millennium*, *Journal of Climate*, vol. 26(18), pp. 6954-6973, 2013.

M. E. Mann, *The Hockey Stick and the Climate Wars*, Columbia University Press, 2012.

M. E. Mann, *Defining dangerous anthropogenic interference*, *PNAS*, vol. 106(11), pp. 4065-4066, 2009.

Climat : comment éviter la surchauffe ?, *Dossier Pour la Science*, n° 54, janvier-mars 2007.

NUIT

EXPOSITION
Jardin des Plantes
12 fév. — 3 nov. 2014

Grande Galerie de l'Évolution
36 rue Geoffroy Saint-Hilaire — Paris 5^e

NUIT.MNHN.FR

5 TROIS PARIS REGION JUNIOR ANOUS PARIS 20 LE FIGARO Europe 1

MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE