

HISTOIRE ET AVENIR DU CLIMAT

Alain Foucault

L'atmosphère est un milieu extrêmement instable ce qui entraîne, surtout dans certaines régions, des modifications rapides du temps : un jour est ensoleillé, le lendemain pluvieux ; à des jours calmes succèdent de jours de tempête. Du fait de cette instabilité, nous ne sommes pas capables de prévoir ces phénomènes plus de quelques jours à l'avance.

Malgré ces incertitudes, on sait que, selon les lieux où l'on se trouve à la surface du globe, les caractéristiques générales du temps seront différentes ; plus ou moins chaud, plus ou moins froid, plus ou moins sec, plus ou moins humide. Une des raisons principales de ces différences géographiques est la situation en latitude de ces lieux qui reçoivent du soleil des quantités d'énergie dépendant de la hauteur moyenne de celui-ci dans le ciel, c'est-à-dire de l'inclinaison de ses rayons : les pôles sont moins favorisés que l'équateur. Ceci justifie le mot de climat (du grec *klima*, inclinaison) utilisé pour désigner ces types géographiques de temps.

Mais en un même lieu, d'une année sur l'autre, des différences considérables peuvent apparaître dans la répartition des températures et des précipitations. Alors se pose la question de savoir si le climat local évolue et, plus généralement, si le climat de la terre évolue. La question elle-même est difficile à formuler parce que les années successives peuvent avoir des caractéristiques très différentes dont on ne sait pas au juste si elles correspondent à une évolution significative du climat ou si, simplement, elles traduisent l'instabilité naturelle de l'atmosphère qui oscille aléatoirement autour d'un état moyen. Pour décider si des modifications climatiques sont réelles et ne résultent pas des fluctuations du hasard, il faut donc qu'elles aient une action pendant une durée suffisante. C'est pourquoi on a souvent proposé de définir le climat par des moyennes effectuées sur une période de 30 ans. L'idéal serait évidemment de comprendre les causes et les mécanismes de ces changements climatiques, ce qui ne laisserait aucun doute sur leur réalité et permettrait de les prévoir. De grands progrès ont été effectués dans ce domaine dans les 20 dernières années même si beaucoup reste encore à faire.

Il a fallu attendre très longtemps pour avoir des preuves de l'existence de véritables changements climatiques à la surface du globe. C'est seulement en 1837 qu'un géologue suisse, Louis Agassiz, a convaincu le monde savant de l'existence de ces changements en lui révélant, preuves à l'appui, que les Alpes et le Jura avaient, un jour, été recouverts par d'immenses glaciers. On a bientôt compris que tout le nord de l'Europe et le nord de l'Amérique, avaient aussi été occupés par des glaciers plus gigantesques encore. A cet envahissement des glaciers, répondait une répartition particulière de la végétation, les forêts européennes ayant fait place à des steppes et à des toundras parcourues par des troupeaux de rennes, de bisons, et de mammoths.

Plus tard, on a pu mettre en évidence que cet « âge de la glace » n'était pas unique mais qu'il consistait en périodes glaciaires successives, elles-mêmes comportant des pulsations. Enfin, lorsqu'on a pu les dater, il y a quelques dizaines d'années seulement, on s'est rendu compte que ces périodes revenaient assez régulièrement tous les 100 000 ans environ, et ceci depuis environ 2 millions d'années, ce qui est, en gros, ce que l'on s'imagine actuellement être l'ancienneté de l'homme. Autant dire que, pour notre histoire, ce phénomène nous intéresse.

Cette régularité a une cause et dont le mécanisme a été calculé il y a presque 80 ans, mais qu'on a mis ensuite 50 ans à démontrer. C'est en effet en 1920 qu'un mathématicien yougoslave, Milutin Milankovitch, a proposé de voir dans les irrégularités de l'orbite terrestre les causes des variations climatiques qui engendraient les glaciations. Si la terre était seule à tourner autour du soleil, sa trajectoire devrait être une ellipse parfaite. Mais les autres planètes, ainsi que la lune, déforment cette trajectoire et ont aussi une influence sur l'inclinaison de l'axe de rotation de la terre. Sans rentrer dans les détails, il en résulte que la répartition du rayonnement solaire à la surface du globe peut varier très largement, et périodiquement, au cours du temps. En particulier, la durée des saisons varie et on peut avoir, par exemple, des périodes avec des étés courts et chauds ou des étés longs et frais. Ce phénomène explique très bien l'évolution à long terme des climats et particulièrement celui des successions de phases glaciaires. Mais il ne s'agit là que de cycles extrêmement longs, les plus marqués ayant comme durées 100 000 ans (celui dont on a parlé plus haut pour les successions de périodes glaciaires), 41 000 ans, et environ 20 000 ans.

On n'a malheureusement pas trouvé de règles pour expliquer des variations climatiques à plus courte période. Pourtant, on connaît de telles variations. L'exemple qui en est le plus habituellement présenté est celui du « petit âge glaciaire » qui a régné pendant la plus grande partie du 17^e siècle et du 18^e siècle. Comme son nom l'indique, il a été caractérisé par une avancée des glaciers, notamment dans les Al-

pes, infiniment moins marquée, cependant, que pendant la dernière glaciation. De très nombreux témoignages historiques viennent confirmer l'idée d'une détérioration du climat à cette époque où les exemples d'hivers très froids ne manquent pas.

Cependant, on n'a aucune explication valable pour ce refroidissement. On a suspecté, et on suspecte encore, une baisse d'activité solaire d'être sa cause. En effet, les taches que le soleil montre habituellement à sa surface disparurent pendant une grande partie de cette période. Cependant, aucune liaison physique ne semble pouvoir être retenue entre ces deux phénomènes. De la même manière, on n'a pas pu démontrer que la périodicité d'environ onze ans qui caractérise le nombre et l'extension de ces taches solaires ait une influence sur les climats, en dépit des très nombreuses études qui ont été faites à ce sujet.

Ces considérations n'épuisent pas ce que peut nous apporter l'étude de l'évolution des climats terrestres dans un passé qui peut être très lointain, puisqu'on a pu le reconstituer, dans ses grands traits, depuis plusieurs milliards d'années, la plus vieille glaciation connue datant de 2,6 milliards d'années. Une chose est sûre, cependant, c'est que les conditions climatiques à la surface du globe ont permis, durant tout ce temps d'y maintenir la vie. Cela est dû, pour une grande part, à l'existence dans l'atmosphère de ce que l'on nomme des gaz à effet de serre. Ces gaz (en particulier le gaz carbonique) ont comme caractéristique de très bien laisser passer la lumière visible (ils sont transparents) qui vient échauffer la surface terrestre, mais d'être, au contraire, un obstacle au rayonnement calorifique ainsi produit, ce qui a comme conséquence un réchauffement de l'atmosphère. Il en résulte que la température moyenne de la surface de la Terre, qui devrait être sans eux de -18°C , est en réalité de 15°C , ce dont nous pouvons nous réjouir.

Mais pour en venir à la période qui est la nôtre, on peut se demander ce que pourraient nous apporter les règles concernant le contrôle de l'évolution des climats par les variations de l'orbite terrestre. La réponse est la suivante. Le maximum de la dernière glaciation date d'il y a environ 20 000 ans, l'époque de l'homme de Cro-Magnon, celle aussi, de la plupart des peintures des Eyzies et de Lascaux. Ensuite, la température moyenne du globe est remontée jusqu'à un optimum, il y a 5000 ou 6000 ans. Depuis, elle redescend car nous sommes entrés dans une nouvelle glaciation, avec une première phase froide dans 23 000 ans, une autre, plus intense, dans 65 000 ans.

C'est du moins ce qui devrait se passer si l'homme n'avait pas connu le développement industriel que l'on sait. Ce développement étant basé essentiellement sur l'énergie produite par la combustion du bois, du charbon et du pétrole, nous avons relâché dans l'atmosphère des

quantités considérables de gaz carbonique, qui résulte de la combinaison du carbone contenu dans ces combustibles et de l'oxygène de l'air, et dont on a vu que c'était un gaz à effet de serre. A ceci viennent s'ajouter d'autres gaz à effet de serre produits par les activités humaines, essentiellement du méthane, produit par des activités agricoles, des oxydes d'azote et de l'ozone. Ceci n'est pas une vue de l'esprit. On a en effet un moyen excellent d'analyser l'air du passé car il a été conservé dans les glaciers. La glace des glaciers, en effet est formée de neige accumulée et qui se tasse lentement sous son propre poids. En se tassant, elle enferme des bulles d'air et l'on comprend alors que, en faisant un sondage dans un glacier, on puisse trouver des glaces de plus en plus anciennes refermant de l'air de l'époque. Pour le récupérer, il suffit de faire fondre la glace. Les analyses de cet air ont montré qu'au 18^e siècle, avant l'ère industrielle, il y avait dans l'air, sous forme de gaz carbonique, 550 milliards de tonnes de carbone, alors qu'aujourd'hui il y en a presque 800 milliards, soit une augmentation de 45 %. Les statistiques de notre consommation, ainsi que les mesures faites régulièrement de la composition de l'air actuel montrent que nous relâchons actuellement environ 5 milliards de tonnes de carbone par an dans l'atmosphère.

Quel peut être l'effet de ces modifications de l'atmosphère ? Il paraît extrêmement probable que l'augmentation des concentrations de gaz à effet de serre aura pour conséquence une augmentation de la température moyenne de la basse atmosphère. D'ailleurs, on peut avancer à l'appui de cette idée le fait que, selon des estimations qui semblent fiables, la température moyenne de la basse atmosphère se serait élevée d'environ 0,5°C depuis un siècle. Cependant, il est actuellement difficile de préciser l'intensité de l'augmentation future et d'évaluer ses conséquences. Plus difficile encore est de prévoir quelle sera l'ampleur des rejets de gaz à effet de serre dans l'avenir, compte tenu de l'impossibilité de prévoir l'évolution de nos sociétés.

Pour tenter une prévision, les experts internationaux, et notamment le Groupe intergouvernemental pour l'étude des changements climatiques (GIEC, en anglais : Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC), ont élaboré ce qu'ils nomment des scénarios et qui leur paraissent refléter des évolutions possibles des situations au cours du prochain siècle. Ils aboutissent à la conclusion que, sans changement dans les activités, la température du globe devrait augmenter d'environ 3°C dans un siècle. La fonte des glaces continentales et l'augmentation de volume des eaux océaniques consécutifs à ce réchauffement ferait monter le niveau marin d'environ 70 cm. Cependant, ils considèrent ce scénario comme peu probable et en présentent d'autres où, les rejets des gaz à effet de serre étant mieux maîtrisés, l'élévation de température dans un

siècle pourrait n'être que de 1°C à 2°C et l'élévation du niveau marin de 25 à 40 cm. Cependant, les résultats des récents congrès internationaux traitant de l'environnement, qui n'ont pas été en faveur de limitations du rejet de gaz à effet de serre dans l'atmosphère, ne peuvent en aucune façon inciter à l'optimisme. Ainsi, les prévisions les plus fortes de l'IPPC ne peuvent pas être rejetées.

En conclusion, si l'évolution naturelle du climat nous conduisait, très lentement, vers un refroidissement du globe, cette tendance a été récemment brutalement inversée par le rejet massif dans l'atmosphère de gaz à effet de serre. Selon toute apparence, ces rejets vont produire une élévation de la température de la basse atmosphère de l'ordre de 1°C à 3°C dans un siècle, et, à la même échéance, une élévation du niveau marin de l'ordre de 30 cm à 70 cm.

Dans l'état actuel des connaissances, et compte tenu des réalités économiques et géopolitiques, cette évolution semble inéluctable.

Alain Foucault

Professeur au Muséum national
d'histoire naturelle
43, rue Buffon, 75005 Paris
e. mail : foucault@cimrs1.mnhn. fr

Bibliographie

André Berger, *Le climat de la Terre. Un passé pour quel avenir ?* De Boeck Université, Bruxelles, 1992

Alain Foucault, *Climat. Histoire et avenir du milieu terrestre*. Fayard, Paris, 1993.