

La science des prédictions climatiques

Stéphan Reeb
Département de biologie
Université de Moncton, Canada
© 2010

Le réchauffement de la planète nous préoccupe tous, car les prédictions de ce que sera notre monde suite aux changements climatiques qui nous guettent (voire même, qui ont déjà commencé) sont plutôt inquiétantes. Un certain nombre de ces prédictions sont générées par des scientifiques, des climatologues tout particulièrement. Le présent article traite de la façon dont ces scientifiques s'y prennent pour faire leurs prédictions, et du rôle des prédictions en général dans la démarche scientifique.

La quantité de CO₂ dans l'air

Le CO₂ est le principal gaz à effet de serre, responsable du réchauffement de notre planète. Les activités humaines basées sur la combustion de pétrole et autres hydrates de carbone (automobiles, usine de charbon, chauffage, etc.) en relâchent beaucoup dans l'atmosphère. Les experts s'entendent pour dire que la quantité de CO₂ qu'il y aura dans l'atmosphère en 2060 sera le double de ce qu'elle était au début de l'ère industrielle en 1750. Mais comment peuvent-ils connaître la valeur de 1750 et prédire celle de 2060?

La quantité de CO₂ dans l'atmosphère de 1750 est mesurée directement à partir de minuscules pochettes d'air qui ont été emprisonnées dans les glaciers à cette époque. La glace garde l'air intact et chaque hiver depuis lors a laissé une marque (une couche de neige transformée en glace) par-dessus les pochettes, permettant de compter depuis combien d'années les pochettes existent. (On peut en fait remonter encore plus loin dans le temps, jusqu'à 500,000 ans environ, dans le cas de la vieille calotte glaciaire du Groenland.)

Les prédictions pour 2060, quant à elles, proviennent d'une extrapolation des changements survenus depuis les 50 dernières années. Chaque année depuis 1958, un observatoire astronomique situé au sommet du mont Mauna Loa à Hawaï a pris des échantillons d'air. L'observatoire est situé loin de toute source majeure de CO₂ (comme les usines de charbon, par exemple) et donc la quantité de CO₂ qui y est mesuré représente bien la moyenne de l'air en général dans l'hémisphère nord. Les données ainsi recueillies indiquent une augmentation de 17.5 %, le CO₂ passant de 315 ppm (parties par million) en 1958 jusqu'à plus de 370 ppm

aujourd'hui. En général les prédictions pour 2060 prennent pour acquis qu'une telle augmentation continuera. Il faut dire cependant que ces prédictions varient quelque peu en fonction de divers postulats. Ces postulats sont reliés à la production de CO₂ par les activités humaines : est-ce que cette production restera la même que par les années passées, ou est-ce qu'elle augmentera à mesure que les pays du tiers-monde s'industrialisent? Dépendamment des postulats, on peut entendre différentes prédictions. Mais comme personne ne croit sérieusement que les activités humaines productrices de CO₂ ralentiront, et encore moins qu'elles iront en diminuant, ce sont toujours des augmentations qui sont prédites.

(En passant, un fait intéressant : réalisez-vous que le CO₂, ce gaz si néfaste, n'occupe que 0.037 % de l'air – c'est ce que veut dire 370 ppm. Qui eut crû qu'un gaz si peu abondant pourrait avoir autant d'effet sur notre climat? C'est pourtant le cas.)

L'augmentation de température

Les prédictions d'augmentation de température pour le siècle qui s'en vient sont faites à partir de modèles. Un modèle est une représentation hypothétique d'un système. En climatologie, les modèles sont des ensembles d'équations qui définissent de façon quantitative, et au meilleur de nos connaissances, les échanges d'air et de chaleur qui se font entre différentes parties de l'atmosphère. Ces modèles sont extrêmement complexes parce qu'ils divisent la surface terrestre en 8,227 blocs de 62,000 kilomètres carrés chacun, et l'atmosphère en 30 couches, et une multitude d'échanges sont possibles entre toutes ces parties. Mais grâce aux superordinateurs, il est quand même possible de calculer une valeur de température moyenne pour un bloc donné à partir d'un ensemble de conditions pré-établies qui sont entrées dans le modèle (telle ou telle quantité de CO₂ dans l'air, tel ou tel nombre de journées ensoleillées, tel ou tel niveau d'humidité, etc.).

Il existe plusieurs modèles climatologiques différents. Certains intègrent seulement des influences naturelles sur l'environnement, tandis que d'autres n'incluent que les facteurs humains. Les meilleurs combinent les deux. Certains modèles incluent des interactions entre facteurs qui sont plutôt spéculatives, tandis que d'autres sont plus conservateurs et n'utilisent que les relations qui sont très bien connues. Mais dans tous les cas, on essaie de valider les modèles (c'est-à-dire, de s'assurer qu'ils représentent bien la réalité) en leur donnant des conditions pré-spécifiées réelles (celles mesurées au cours du 20^e siècle, par exemple) et en vérifiant si les modèles peuvent alors prédire correctement les températures qui ont été observées dans les faits lors de cette même période. À ce titre, il existe un bon nombre de modèles bien performants, et ce sont eux que les experts utilisent.

Grâce aux modèles, les experts nous prédisent des augmentations moyennes de température entre 1.5 °C et 4.5 °C d'ici à 2060. Pourquoi un tel écart plutôt qu'une valeur bien précise? C'est que certaines des conditions pré-spécifiées qu'on doit entrer dans les modèles sont difficiles à prédire, de même que certains effets. Par

exemple, n'ayant jamais vécu cette situation dans le passé, on ne sait pas jusqu'à quel point les plus hautes températures entraîneront la formation d'un plus grand nombre de nuages, lesquels pourraient mitiger le réchauffement de la planète en coupant ou en reflétant les rayons du soleil. Les équations qui définissent cet effet sont donc floues, et varient beaucoup d'un modèle à l'autre, ce qui nous donne des prédictions variables. Les modèles ne pourront se préciser qu'à mesure qu'on observera ces effets mal connus (et à ce moment, avouons-le, il sera un peu tard pour faire des prédictions!). On ne peut faire autrement que d'accepter ce niveau d'incertitude.

Un petit point en passant. Que répondre au sceptique qui doute de notre capacité de prédire le climat dans 50 ans alors que les modèles météorologiques actuels ont de la difficulté à correctement prédire la température qu'il fera à Moncton demain matin ou dans quelques jours? La réponse est que les niveaux de détail exigés sont très différents. Le sceptique réclame de connaître la température maximum exacte qu'il fera à un moment précis et à un endroit bien précis. Les modèles climatiques ne se contentent que de donner une température moyenne pour de très grandes régions, ce qui est plus facile à faire, permettant ainsi d'étaler les prédictions sur une plus longue échelle de temps. (À noter aussi que, non-obstant notre mémoire sélective, les modèles météorologiques sont quand même assez bien performants; on a fait beaucoup de chemin depuis l'ère des prédictions météorologiques basées sur l'arthrite de grand-maman.)

Les conséquences autres que climatiques

Le réchauffement de la planète aura sans aucun doute plusieurs répercussions, mais combien grandes seront ces répercussions, et jusqu'à quel point nous affecteront-elles? Ici, on s'éloigne des prédictions éclairées de nos modèles et on commence à entrer dans le domaine des devinettes. La situation n'est pas trop grave dans le cas de variables physiques. Par exemple, la fonte des glaciers et des calottes polaires a déjà commencé, on peut la quantifier maintenant, et donc on peut prédire assez bien comment elle se poursuivra dans un environnement plus chaud, avec l'impact que cela aura sur la hausse du niveau de la mer. Mais dans le cas de variables biologiques, la tâche est beaucoup plus ardue parce que l'écologie englobe trop d'interactions et de variables.

Considérez par exemple les questions suivantes. On sait que l'augmentation de CO₂ et de température favorisera la photosynthèse et donc la croissance des plantes, incluant les plantes agricoles, mais n'augmentera-t-elle pas aussi la croissance des mauvaises herbes et des plantes compétitrices? La photosynthèse accrue sera-t-elle contrebalancée par des sécheresses plus fréquentes? À mesure que les écosystèmes se déplaceront vers le nord (dans notre hémisphère), les plantes seront-elles suffisamment mobiles (par l'intermédiaire de leurs graines) pour suivre ces écosystèmes dans leur déplacement? De telles questions sont bien difficiles à répondre.

Et il est tout aussi difficile de prédire comment les populations humaines réagiront aux changements climatiques. Migrations? Ajustement technologique? Guerres? On s'éloigne de la science pure et dure ici et on s'approche plutôt de la boule de cristal.

Le rôle des prédictions en science

Les modèles climatiques font des prédictions que nos dirigeants peuvent utiliser pour nous convaincre de changer nos habitudes de vie ou nos politiques, ou pour se préparer à des catastrophes possibles. Les prédictions sont donc générées dans une optique utilitaire. Mais il est intéressant de noter qu'elles auront aussi une utilité scientifique. En effet, si les prédictions se réalisent, on saura alors que nos modèles sont bons. On sera donc confiant que les équations qu'on a employées pour construire nos modèles représentent bien la réalité, encore plus confiant qu'on ne l'était après avoir validé le modèle avec des données du passé. On sera confiant qu'on comprend relativement bien les interactions physiques qui se passent dans l'atmosphère.

Les prédictions sont une composante essentielle de l'approche expérimentale en science. À son meilleur, la démarche scientifique commence par proposer une hypothèse (un genre de modèle verbal) et, par raisonnement logique, énonce que « si l'hypothèse est vraie, alors dans telles ou telles conditions, on devrait s'attendre à ce que telle chose se passe ». L'expérience consiste alors à créer ces conditions et à voir si effectivement la prédiction se réalise. Si oui, alors notre confiance dans l'hypothèse s'en trouve accrue.

À noter qu'une prédiction dépend presque toujours des conditions auxquelles elle s'applique. Ces conditions devraient toujours être spécifiées quand on fait une prédiction scientifique. De plus, on devrait toujours se demander si l'expérience qu'on va faire reproduit bien ces conditions. Par exemple, si on fait la prédiction que les mâles d'une espèce de poisson devraient s'accoupler de préférence avec les plus grosses femelles disponibles parce que ce sont celles-ci qui peuvent pondre le plus d'œufs, ce qui augmente le succès reproducteur, alors il importe de tester la prédiction avec une espèce chez qui il y a effectivement des femelles de différentes grosseurs, et chez qui les plus grosses pondent effectivement plus d'œufs. Il s'agit ici d'un exemple assez évident, mais parfois le manque de reproduction des conditions est plus subtil, et il faut être vigilant intellectuellement pour le décerner.

À noter aussi qu'on peut faire des prédictions sur le passé, ou plus précisément des prédictions sur les découvertes futures d'indices du passé. Par exemple, la théorie de l'évolution prédit que les fossiles qui seront découverts dans le futur le seront dans des couches de roches anciennes s'ils sont des organismes très simples, ou dans des couches de roches plus récentes si les fossiles sont plus complexes.

Et à noter finalement que la réalisation d'une prédiction ne prouve pas qu'une seule hypothèse soit vraie. Le principal problème est que d'autres hypothèses

peuvent parfois faire la même prédiction. Les meilleures prédictions sont celles qui sont uniques à une hypothèse. Souvent, ça prend de l'imagination pour trouver un ensemble de conditions dans lesquelles une hypothèse permet de générer une prédiction qu'aucune autre hypothèse ne peut faire. Ces belles expériences se font publier dans *Science* ou dans *Nature*.