

Changement du climat anthropique – Réponse à ceux qui doutent de sa réalité

Michel PETIT

Ce document a pour unique objet de répondre aux arguments invoqués par les "climato-sceptiques" qui militent contre l'existence d'un changement climatique lié aux activités humaines.

1. LA COMPRÉHENSION DE LA MACHINE CLIMATIQUE ET SA MODÉLISATION

- **« La climatologie est une science neuve encore balbutiante »**

Non, la climatologie n'est pas une science neuve, contrairement à certaines affirmations. Elle fait appel à des phénomènes physiques et chimiques tout à fait classiques. Les facteurs déterminant la température de notre planète sont connus depuis Joseph Fourier (1824) et n'ont pas été remis en question depuis lors. Ils sont présentés dans le paragraphe suivant. Le Programme mondial de recherche sur le climat (en anglais [WCRP](#)) a été créé conjointement par l'[OMM](#)) et l'[ICSU](#)) en 1980, à la suite du Programme mondial de recherche atmosphérique (en anglais [GARP](#)) entrepris en 1967. Fédérés par ces programmes, des milliers de chercheurs dans tous les pays travaillent depuis lors sur la compréhension des phénomènes météorologiques et climatiques et confrontent leurs résultats.

- **« Les facteurs qui influencent la température moyenne d'une planète restent largement inconnus »**

La température moyenne d'une planète s'ajuste à une valeur qui lui permet d'envoyer dans l'espace, sous forme de rayonnement infrarouge, une quantité d'énergie égale à l'énergie solaire qu'elle absorbe. Le rayonnement infrarouge rayonné dans l'espace dépend du rayonnement de la surface de la planète, donc de sa température, mais aussi de l'absorption par l'atmosphère dont la composition réagit donc sur la température moyenne de la surface. C'est ainsi que pour Vénus, la présence d'une atmosphère dense composée essentiellement de CO₂ joue un rôle clé dans l'explication de la température d'environ 450°C qui y règne.

- **« Les modèles climatiques prédisent l'avenir à partir des observations du passé »**

En fait, les modèles climatiques partent des processus physiques bien connus qui régissent la dynamique et la thermodynamique des fluides (océan et atmosphère) et les échanges d'énergie entre le rayonnement infrarouge et les molécules de certains gaz (des expériences en laboratoire et la mécanique quantique ont permis de déterminer avec précision les spectres d'absorption correspondants). Les ordinateurs sont des auxiliaires indispensables à la simulation de phénomènes complexes décrits par des équations non-linéaires dans un milieu inhomogène horizontalement et verticalement et à l'analyse des divers facteurs affectant le climat. L'utilisation d'ordinateurs est parfois considérée comme introduisant un doute sous l'argument fallacieux que certaines modélisations numériques, dans d'autres domaines, ont conduit à des résultats démentis par l'expérience. Or dans tous les cas, ce n'est pas l'ordinateur qui est responsable des succès et des échecs.

Ce qui importe, c'est la bonne connaissance des phénomènes qu'on se propose de reproduire numériquement. Les résultats des modélisations du climat sont cependant affectés d'incertitudes, liées pour l'essentiel à l'impossibilité pratique de simuler, dans des temps de calcul réalistes, les phénomènes de faible échelle spatiale (inférieure à 100 km). On est donc conduit à introduire des paramètres les décrivant de façon empirique.

L'incertitude sur les résultats est évaluée en comparant la sortie des modèles pour les divers paramétrages envisageables. C'est ainsi que l'augmentation de la température moyenne mondiale provoquée par un doublement de la concentration des gaz à effet de serre est estimée comme étant dans la fourchette 1,5°C à 4,5°C. La validation des modèles climatiques repose sur leur capacité à reproduire les évolutions passées du climat et ses grandes structures actuelles, déduites des observations météorologiques.

- **« Le rôle de la vapeur d'eau est ignoré alors qu'il est essentiel »**

Il est vrai que la vapeur d'eau est le plus efficace des gaz à effet de serre présents dans l'atmosphère. Son action est responsable de 60% de « l'effet de serre » naturel sans lequel la Terre connaîtrait une température d'une trentaine de degrés inférieure à ce qu'elle est. Par contre, l'injection de vapeur d'eau dans l'atmosphère est sans effet durable sur la concentration de la vapeur d'eau dans l'atmosphère, dans la mesure où sa durée de résidence dans l'atmosphère n'est que de une à deux semaines.

Cette injection ne modifie donc pas le climat. Par contre, la durée de vie atmosphérique du CO₂ est supérieure à un siècle et sa concentration dans l'atmosphère est modifiée durablement par les rejets humains qui peuvent donc induire une évolution du climat. Si la vapeur d'eau n'est pas directement responsable du changement climatique, elle y joue cependant un rôle : l'augmentation de la température provoque un accroissement de sa concentration dans l'atmosphère qui provoque un réchauffement complémentaire et crée une boucle de réaction amplificatrice que les modèles prennent en compte.

2. LE RÔLE DES ACTIVITÉS HUMAINES DANS LE CHANGEMENT CLIMATIQUE

- **« L'évolution observée du climat n'est que le prolongement des variations observées dans le passé et l'Homme n'y est pour rien »**

L'évolution du climat dépend à l'évidence de phénomènes naturels comme l'énergie émise par le soleil ou la présence dans l'atmosphère de fines particules émises par les événements volcaniques majeurs. En outre, la façon dont la Terre reçoit le rayonnement du soleil, est affectée par les variations périodiques des paramètres qui décrivent son orbite et l'inclinaison de son axe de rotation.

C'est à ce dernier phénomène qu'on attribue, de manière aujourd'hui incontestée, les grandes alternances de périodes glaciaires et de périodes d'optimum climatique qui ont affecté notre planète depuis un million d'années avec une périodicité principale de 100 000 ans et continueront de l'affecter, la prochaine glaciation étant prévue dans quelques dizaines de milliers d'années. Les modélisations des climatologues tiennent compte de ces phénomènes naturels tout comme des effets liés aux activités humaines. Ces dernières ont changé récemment la concentration dans l'atmosphère de gaz absorbant le rayonnement infrarouge, comme en attestent des mesures systématiques incontestées et aucun modèle ne permet de reproduire les observations de température observées depuis quelques décennies, si on ignore ce phénomène nouveau dans l'histoire de la Terre.

- **« Des changements de composition de l'ordre de quelques millièmes de % ne peuvent changer le climat de la planète »**

Cette affirmation n'a aucun fondement scientifique : les gaz en question sont certes minoritaires, mais ils sont les seuls qui absorbent le rayonnement infrarouge émis par la Terre. Ce qui compte, c'est cet effet et ses variations. Rappelons que, sans cet effet, la Terre serait plus froide d'une trentaine de degrés.

- **« Rien ne prouve que les changements de composition observés soient d'origine humaine »**

Les arguments existent. La croissance de la concentration des gaz à effet de serre a débuté avec l'ère industrielle. L'augmentation annuelle de la concentration de CO₂ observée n'est que la moitié du rejet annuel dans l'atmosphère du CO₂ produit par l'utilisation des combustibles fossiles. On observe effectivement une faible décroissance de l'oxygène dans l'atmosphère qui correspond à ce qui est nécessaire à la combustion du charbon, du pétrole et du gaz naturel utilisés. Enfin, l'évolution observée de la composition isotopique du carbone des molécules du CO₂ atmosphérique reflète très précisément les origines naturelles et fossiles des sources de carbone atmosphérique.

- **« Les variations du rayonnement solaire jouent un rôle plus important que celui de la composition atmosphérique »**

Les variations observées par satellite du rayonnement solaire total sont insuffisantes pour expliquer le réchauffement observé et les tenants de cette thèse sont contraints de postuler des phénomènes d'amplification qui restent à évaluer. Pour l'instant, les objections à cette thèse sont triples. Premièrement, l'effet de serre lié au changement de la composition de l'atmosphère suffit à expliquer quantitativement les observations climatiques et un effet plus important du soleil devrait conduire à un réchauffement plus important que celui qui prévaut.

Deuxièmement, le cycle de 11 ans du soleil est beaucoup plus important que ses variations à l'échelle de quelques décennies et devrait donc se traduire par une périodicité marquée de 11 ans dans les variations du

climat. Enfin, l'accroissement de la température observé diminue avec l'altitude et fait même place à une diminution au niveau de la stratosphère.

Cette variation avec l'altitude ne peut être expliquée par une variation du rayonnement solaire, alors qu'elle est prédite par les modèles qui simulent la modification du transfert de rayonnement provoquée par l'augmentation de la concentration des gaz absorbant le rayonnement infrarouge. En particulier, dans la basse stratosphère, la température croît avec l'altitude à cause de l'absorption par l'ozone du rayonnement ultraviolet du soleil et le rayonnement du CO₂ devient essentiellement une perte locale d'énergie. Il est donc normal que l'accroissement de la teneur en gaz à effet de serre se traduise par une diminution de la température dans la stratosphère, puisque les pertes d'énergie qu'y provoque cet accroissement augmentent sans que l'apport d'énergie soit modifié de façon significative.

3. LES CONSÉQUENCES DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES

- **« La montée du niveau de la mer n'a rien de dramatique »**

La valeur actuelle observée de 3 mm par an est présentée comme insignifiante, ne se traduisant que par 30 cm en un siècle. Le dernier rapport du GIEC mentionnait l'importance récemment mise en évidence d'une fonte des calottes continentales polaires plus rapide que prévu, sans que l'évolution future du phénomène puisse être évaluée précisément. Le phénomène qui était précédemment sous-estimé est la fonte des contreforts de glace continentale en bordure de la mer et le glissement plus rapide vers la mer des glaciers qu'entraîne la disparition de ces contreforts.

Des travaux récemment publiés à ce sujet conduisent à redouter que l'augmentation du niveau de la mer atteigne un mètre à la fin du siècle. En tout état de cause, toute élévation du niveau de la mer est lourde de conséquences en de nombreuses régions du globe, en particulier les petites îles et les deltas très peuplés du Nil et d'Asie.

- **« La fonte des glaces ne fait pas monter le niveau de la mer »**

La fonte des glaces de mer ne contribue effectivement pas à l'élévation du niveau de la mer en vertu du principe d'Archimède : la partie immergée correspond exactement au volume de l'eau résultant de la fonte de la glace moins dense dont une partie sort de l'eau. La montée du niveau de la mer est par contre affectée par la fonte des glaces situées sur la terre ferme : glaciers de montagne et calottes continentales polaires.

- **« La Terre a connu dans le passé des températures beaucoup plus élevées, sans dommages majeurs des glaces »**

L'existence de changements climatiques au cours des âges géologiques n'est en rien incompatible avec celle d'un réchauffement actuel provoqué par les activités humaines et susceptible d'affecter sérieusement l'humanité du XXI^{ème} siècle. Certes, la planète Terre a connu des climats plus chauds et son existence n'est pas menacée par le changement climatique anthropique. Par contre, les 7 à 9 milliards d'individus qui l'habitent en verront leur existence perturbée. L'analyse des cycles climatiques du dernier million d'années confirme qu'une augmentation de température provoque une augmentation de la concentration atmosphérique en CO₂, notamment par suite du dégazage d'un océan plus chaud.

Ce phénomène coexiste avec l'effet de serre, ce qui provoque une boucle de réaction amplificatrice et les phénomènes naturels ont tendance à amplifier le changement climatique et non à l'atténuer, comme certains optimismes infondés pourraient le laisser espérer.

4. L'EXISTENCE DU CHANGEMENT CLIMATIQUES RÉCENT

- **« La notion de température moyenne n'a aucun sens »**

La température moyenne mondiale (en anglais "global temperature") ne peut être obtenue qu'en composant l'ensemble des observations ponctuelles de la température locale, disponibles sur l'ensemble du globe terrestre.

Elle n'est pas directement mesurable et ne doit être considérée que comme une moyenne de valeurs locales ; comme toute moyenne, elle ne présente qu'un aspect de la réalité. La difficulté principale rencontrée dans sa détermination est l'absence de mesures de température dans certaines régions du maillage mondial mis en place.

Les divers auteurs traitent ce problème de façon différente, ce qui explique de petites variations dans les résultats obtenus. Certains ne tiennent pas compte de ces régions, ce qui revient à leur attribuer une valeur égale à la moyenne mondiale. D'autres pensent plus représentatif de la réalité d'attribuer à ces régions la moyenne des régions adjacentes, en faisant remarquer qu'il existe généralement une corrélation forte entre les variations de régions voisines.

Les résultats obtenus sont peu différents, mais peuvent conduire à des modifications de détail du classement des années par ordre de température croissante. Le record absolu peut ainsi être attribué soit à 1998 soit à 2005. Par contre, à condition de conserver la même méthode de traitement des observations, chacune de ces approximations d'une vraie moyenne mondiale est un paramètre dont l'évolution traduit l'ensemble des observations mondiales de façon synthétique. Elle constitue cependant une sous-estimation de l'augmentation de température observée en moyenne sur les continents qui se réchauffent plus vite que les océans.

Bien d'autres indicateurs que la température globale confirment le réchauffement mondial : mesures locales de la température faisant toutes apparaître une augmentation, fonte des glaciers sur tous les continents et à toutes les latitudes, diminution de l'enneigement dans l'hémisphère nord, mesure de l'élévation du niveau de la mer (3mm par an) due pour partie à la dilatation de l'eau dont la température augmente et pour partie à la fonte des glaces continentales, changements observés de systèmes physiques et biologiques cohérents avec les augmentations locales de température.

- « **La température a cessé de croître depuis le début du siècle** »

Comme on vient de le voir, certains classements indiquent que le record absolu a été atteint en 1998, et que les températures moyennes annuelles ont été moins élevées depuis lors. Outre le fait que d'autres méthodes de calcul de la température moyenne attribuent le record à 2005, les variations aléatoires d'une année à la suivante interdisent toute conclusion fondée sur une année seulement et seules les moyennes sur plusieurs années ont un sens. L'étude de l'évolution de la température, publiée en janvier 2010 par la NASA, conclut que la dernière décennie a été la plus chaude jamais enregistrée, la dernière année 2009 se classant au 3ème rang après 2005 et 1998. 2014 vient d'être classée comme l'année la plus chaude jamais observée.

- « **Certaines reconstitutions des températures du passé montrent des valeurs plus fortes que celles d'aujourd'hui et les climatologues distordent ces données à leur convenance** »

Nous ne possédons évidemment pas d'archives sur des mesures fiables de la température au-delà d'une centaine d'années. Une méthode célèbre et unanimement prisée consiste à analyser la composition de bulles d'air emprisonnées jadis dans les calottes polaires et que l'on récupère grâce à des carottages d'autant plus profonds qu'on veut remonter loin dans le temps.

On fait également appel à l'analyse de l'extension des glaciers et à un certain nombre d'indicateurs reliés à la température : cernes des troncs d'arbre, plancton des sédiments lacustres et océaniques, analyse des pollens. Ces indicateurs sont sensibles à d'autres paramètres que la température et leur interprétation fait donc l'objet de discussions entre spécialistes et est nécessairement entachée d'incertitudes. La cohérence entre les résultats obtenus par les diverses méthodes est le principal facteur de crédibilité de la reconstitution. En aucun cas, une mesure locale isolée ne peut être considérée comme représentative d'une évolution mondiale.

5. LA DIFFÉRENCE ENTRE CLIMATOLOGIE ET MÉTÉOROLOGIE

- « **Il est illusoire de prévoir le climat dans un siècle, alors qu'on est incapable de faire des prévisions météorologiques pour le mois suivant** »

La météorologie est l'étude du temps caractérisé par un ensemble de paramètres : température, pression atmosphérique, humidité, précipitations, vent, nébulosité. Les prévisions météorologiques ne sont possibles avec une fiabilité raisonnable quant aux tendances générales qu'à une échéance d'une semaine. La climatologie est l'étude du temps météorologique moyen sur une période suffisamment longue pour éliminer les fluctuations aléatoires et dégager des tendances significatives. Une trentaine d'années est généralement considérée comme un bon ordre de grandeur. Si des écarts de température de quelques degrés sont monnaie courante en météorologie, de tels écarts sont importants en climatologie.

Par exemple, 5 à 6° seulement séparent la température moyenne mondiale que nous connaissons actuellement de celle de la dernière période glaciaire au cours de laquelle l'Europe du nord était recouverte d'une couche de glace épaisse de 3 km. Il est impossible de prévoir avec précision le temps qu'il fera à long terme parce que des variations infimes des conditions initiales engendrent des évolutions très différentes à longue échéance dans la réalité comme dans les modèles numériques.

Par contre, il est possible de modéliser l'évolution du climat et on peut constater, en répétant plusieurs fois cette modélisation, que les résultats obtenus sont cohérents en ce qui concerne les moyennes, bien que les valeurs pour une année donnée varient de façon aléatoire.

- « **Comment peut-on faire croire au réchauffement climatique, alors que, quelque part dans le monde, l'hiver a été rigoureux et froid ?** »

Interpréter un événement météorologique limité dans le temps et dans l'espace comme une preuve de l'existence ou au contraire de l'inexistence du changement climatique n'a aucun sens. Une vague de froid quelque part dans le monde (par exemple, le mois de décembre 2010 en France plus rigoureux que les précédents, mais bien loin des records historiques) ne prouve pas que le réchauffement anthropique n'existe pas, pas plus que la douceur qui a perturbé le début des jeux olympiques d'hiver à Vancouver n'est la conséquence de ce dernier.

La variation du climat est un changement de la moyenne sur une longue période des paramètres décrivant le temps : température, précipitations, vent ... les variations aléatoires du temps qu'il fait interdisant toute interprétation causale d'un événement isolé. Cette variabilité a toujours existé et continuera à exister : la vue simpliste d'une canicule perpétuelle n'est évidemment pas celle des spécialistes.

6. LE GIEC

- « **Le consensus scientifique des rapports du GIEC n'a aucun sens** »

Les rapports du GIEC ont pour unique objet de faire l'état des connaissances scientifiques, en exposant les points de vue contradictoires, à chaque fois qu'ils existent. Le consensus dont ils font l'objet ne porte donc pas sur une sorte de vérité scientifique moyenne qui effectivement n'a aucun sens, mais sur une présentation de la totalité des résultats obtenus et de leurs divergences éventuelles. En ce sens, ils présentent une certaine similitude avec les communications de synthèse (review papers) qui sont couramment au programme de colloques scientifiques. Ils en diffèrent sur un point : ils sont destinés à des non-spécialistes, décideurs et grand public.

Le règlement intérieur du GIEC interdit formellement que ces rapports contiennent des recommandations d'action politique, quelles qu'elles soient. Cette règle est scrupuleusement respectée, ce qui n'empêche pas que les partisans comme les adversaires des mesures de lutte contre le changement climatique de parler à tort des recommandations du GIEC.

- « **Le GIEC est un repère de fonctionnaires internationaux grassement payés** »

La structure permanente du GIEC ne comprend qu'une dizaine de personnes remplissant des fonctions administratives. Les rapports sont rédigés bénévolement par des scientifiques qui acceptent de consacrer une partie de leur activité à cet exercice. Ils restent impliqués dans la recherche et mettent en jeu leur crédibilité de chercheur, en étant nommément désignés comme auteurs de leur chapitre. Il existe un renouvellement important dans la liste des auteurs d'un rapport au rapport suivant.

- « **Le GIEC est un lobby fermé** »

Les rapports font l'objet de deux versions préliminaires successives, chacune étant soumise à une expertise impliquant tous les scientifiques qui le souhaitent et se font désigner soit par un gouvernement soit par une organisation non gouvernementale ayant un statut d'observateur (il en existe de toute tendance). Les auteurs sont tenus de répondre à toutes les remarques reçues. Le succès du GIEC repose essentiellement sur le fait que la communauté scientifique concernée reconnaît dans son immense majorité que ses rapports constituent une bonne synthèse des travaux connus et que les politiques suivent tout le processus et reçoivent tous les éclaircissements qu'ils souhaitent sur les interprétations possibles des résultats obtenus par les scientifiques.

- « **Comment croire à la crédibilité scientifique de rapports adoptés par des politiques ?** »

L'assemblée générale du GIEC est composée de représentants des états membres, elle approuve mot à mot le sommaire à l'attention des décideurs qui résume en une quinzaine de pages le contenu de chaque rapport. Néanmoins, les scientifiques conservent un rôle essentiel : lorsqu'une proposition d'amendement rencontre l'opposition des auteurs concernés qui estiment qu'elle n'est pas conforme aux résultats scientifiques, elle est considérée comme non recevable.

Les différents chapitres du rapport ne font pas l'objet d'un examen en séance et sont approuvés globalement, avec quelques modifications éventuelles à la marge pour les rendre cohérents avec le résumé. Le processus

d'approbation ne conduit donc pas à altérer le message des auteurs. Il est remarquable que les deux derniers rapports aient été approuvés à l'unanimité et aient donc reçu l'aval de pays notoirement opposés à la réduction de l'utilisation des combustibles fossiles.

Annexe

Rapport de l'Académie des Sciences

En avril 2010, suite à l'[Appel](#) signé par plus de 600 chercheurs appartenant à de la communauté scientifique, la ministre de la Recherche demandait à l'Académie des sciences d'organiser un débat sur le sujet. Il s'est tenu le 20 septembre 2010 et a donné lieu à la publication d'un rapport le 26 octobre : Le [changement climatique](#).

Ce texte est une synthèse des interventions et discussions qui ont eu lieu lors du débat, des contributions écrites qui l'ont précédé ainsi que des commentaires qui l'ont suivi.

Voici les conclusions de ce rapport :

- Plusieurs indicateurs indépendants montrent une augmentation du réchauffement climatique de 1975 à 2003.
- Cette augmentation est principalement due à l'augmentation de la concentration du CO₂ dans l'atmosphère.
- L'augmentation de CO₂ et, à un moindre degré, des autres gaz à effet de serre, est incontestablement due à l'activité humaine.
- Elle constitue une menace pour le climat et, de surcroît, pour les océans en raison du processus d'acidification qu'elle provoque.
- Cette augmentation entraîne des rétroactions du système climatique global, dont la complexité implique le recours aux modèles et aux tests permettant de les valider.
- Les mécanismes pouvant jouer un rôle dans la transmission et l'amplification du forçage solaire et, en particulier, de l'activité solaire ne sont pas encore bien compris. L'activité solaire, qui a légèrement décliné en moyenne depuis 1975, ne peut être dominante dans le réchauffement observé sur cette période.
- Des incertitudes importantes demeurent sur la modélisation des nuages, l'évolution des glaces marines et des calottes polaires, le couplage océan-atmosphère, l'évolution de la biosphère et la dynamique du cycle du carbone.
- Les projections de l'évolution climatique sur 30 à 50 ans sont peu affectées par les incertitudes sur la modélisation des processus à évolution lente. Ces projections sont particulièrement utiles pour répondre aux préoccupations sociétales actuelles, aggravées par l'accroissement prévisible des populations.
- L'évolution du climat ne peut être analysée que par de longues séries de données, à grande échelle, homogènes et continues. Les grands programmes d'observations internationaux, terrestres et spatiaux, doivent être maintenus et développés, et leurs résultats mis à la libre disposition de la communauté scientifique internationale.
- Le caractère interdisciplinaire des problèmes rencontrés impose d'impliquer davantage encore les diverses communautés scientifiques pour poursuivre les avancées déjà réalisées dans le domaine de la climatologie et pour ouvrir de nouvelles pistes aux recherches futures.