Comment Fonctionnent les Modèles du Climat ?

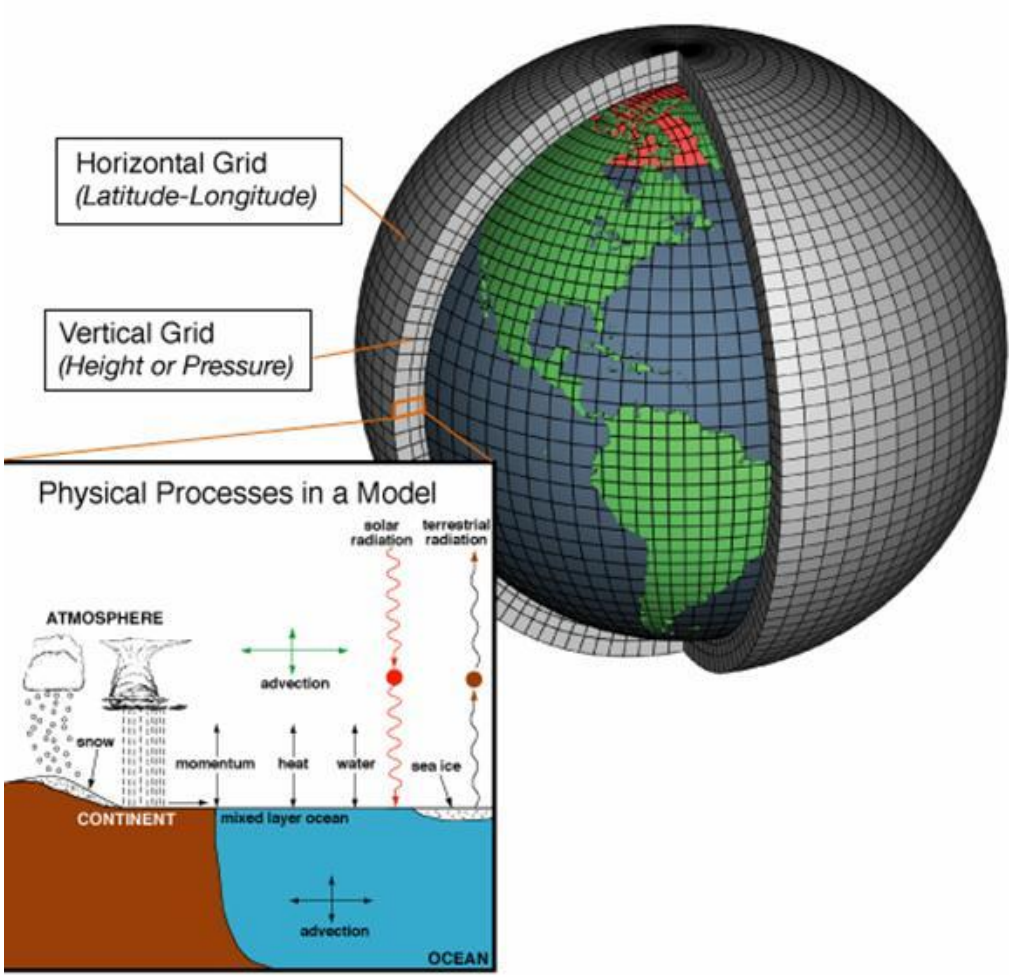
Roy Spencer – 13 Juillet 2009

Puisque la peur du réchauffement climatique anthropique ainsi que la mise en œuvre de lois ou de limitations des émissions de dioxyde de carbone, reposent essentiellement sur les résultats de modèles du climat, il est important que le grand public comprenne les bases de ces modèles, comment ils fonctionnent et quelles en sont les limites.

Les modèles du Climat sont des Programmes

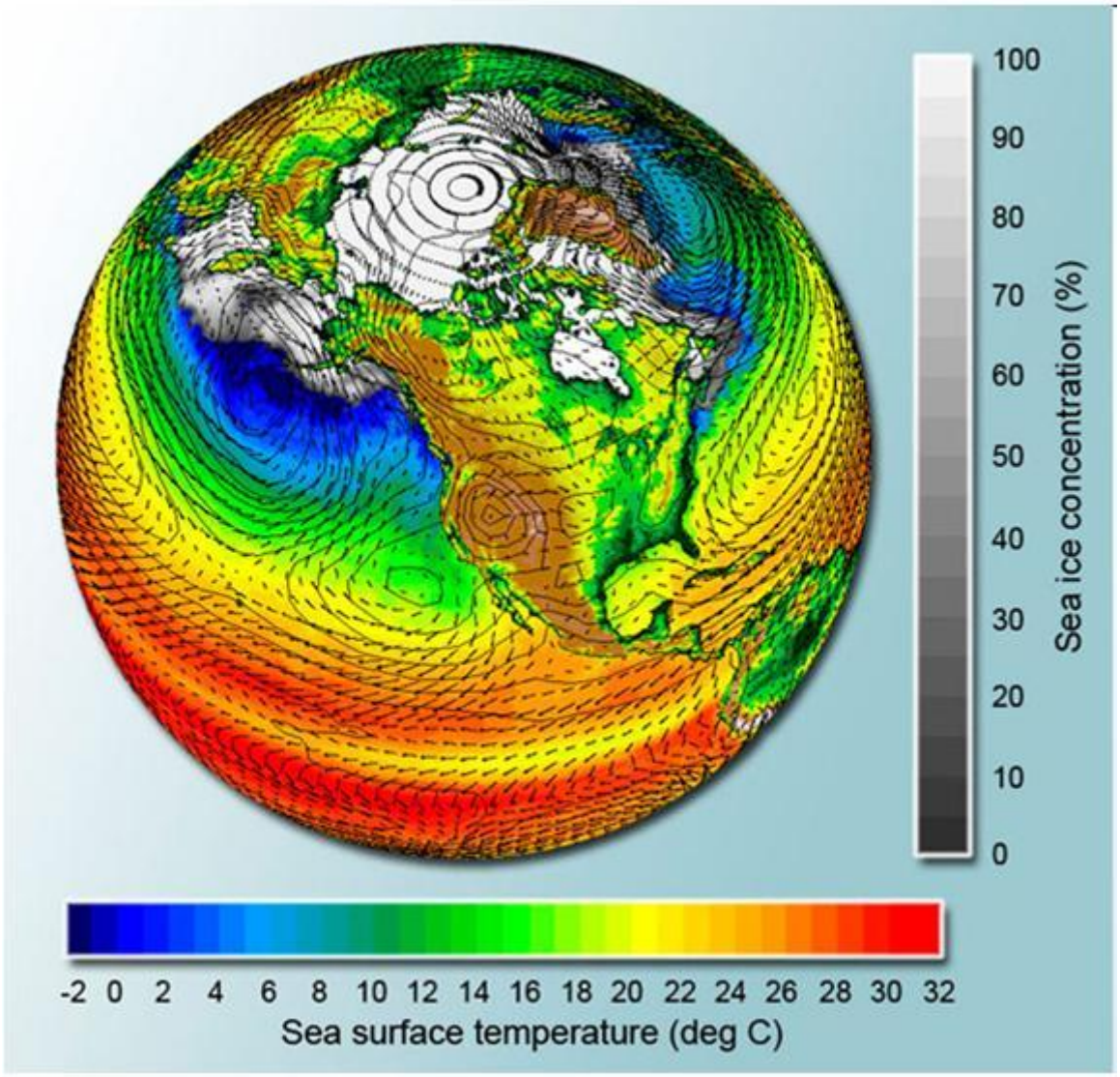
De manière générale, un modèle climatique est un programme d'ordinateur essentiellement constitué d'équations mathématiques. Ces équations décrivent, de manière quantitative, comment la température de l'atmosphère, la pression de l'air, les vents, la vapeur d'eau, les nuages et les précipitations répondent au réchauffement de la surface de la terre et de l'atmosphère par le soleil. On y inclue aussi les équations qui décrivent comment les éléments de l'atmosphère dénommés à 'effet de serre' (essentiellement la vapeur d'eau, les nuages, le dioxyde de carbone et le méthane) conservent la chaleur de la basse atmosphère en constituant une 'couverture' radiative qui contrôle, en partie, la vitesse de refroidissement de la terre par échappement de ses infrarouges vers l'espace lointain.

Les calculs des équations nécessaires sont effectués sur chaque point d'une grille tridimensionnelle plaquée sur la terre (voir figure ci-dessous)



Dans les modèles climatiques dits ‘couplés’ on dispose également d’équations qui tiennent compte de la circulation océanique tridimensionnelle, de la manière dont celle-ci transporte l’énergie solaire absorbée tout autour de la terre et comment elle effectue les échanges de chaleur et d’humidité avec l’atmosphère. Les modèles climatiques couplés modernes incluent aussi un modèle des terres émergées qui tient compte de la manière dont la végétation, les sols et la couverture de neige ou de glace échangent de l’énergie et de l’humidité avec l’atmosphère.

Il est possible de visualiser la manière dont tous ces processus évoluent au cours de la progression du calcul sur l’ordinateur, à l’image du bel exemple représenté ci-dessous et qui résulte du travail de Gary Strand au Centre National pour la Recherche Atmosphérique (NCAR) (National Center for Atmospheric Research). Cette image montre la température de surface des mers, les vents soufflant à proximité de la surface et la concentration en glace donnés par un des modèles du NCAR, à un moment donné durant la progression du calcul effectué avec le modèle sur le supercalculateur.. [Notons que le modèle n’a aucune réalité physique dans le calculateur… Il ne s’agit que d’une longue suite de calculs]



Si vous voulez avoir une idée sur l'évolution des résultats d'un modèle climatique au cours du temps, allez voir l'étonnante vidéo You Tube du modèle climatique CCSM du NCAR sur ce site.

L'importance de l'Equilibre Energétique dans les Modèles Climatiques

Les modèles climatiques sont généralement utilisés pour analyser la manière dont le climat de la terre pourrait réagir à de faibles variations telles que celle de l'intensité de la lumière solaire absorbée par la terre ou, dans le cas du réchauffement global anthropique, l'addition de gaz à effet de serre résultant de l'activité humaine qui limitent la capacité de l'atmosphère à se refroidir en émettant vers l'espace extérieur.

Car c'est bien l'équilibre entre les deux flux d'énergie radiante –l'énergie rentrante venant du soleil et l'énergie infrarouge sortante du système climatique– qui est supposé contrôler la température moyenne à long terme du système climatique. Si les deux flux d'énergie radiante sont en équilibre, alors la température moyenne du système climatique reste pratiquement constante. S'ils sont en déséquilibre, on s'attend à ce que la température moyenne du système climatique change.

Si ce concept fondamental "d'équilibre énergétique" vous semble étranger, il ne le devrait pas, car il fait partie de votre expérience quotidienne. Par exemple, la température d'une casserole d'eau mise à chauffer sur une cuisinière va augmenter aussi longtemps que le taux de gain en énergie venant de la cuisinière est plus grand que le taux de perte de la casserole vers son environnement. Lorsque la casserole aura chauffé jusqu'au point ou le taux de perte en énergie sera égal au taux de gain en énergie, alors la température restera constante.

NdT : Malgré toute l'estime que je porte à Roy Spencer, je dois dire que cette "image" ultra-simplifiée de la casserole d'eau chauffée par de l' « énergie » me laisse perplexe et ceci pour plusieurs raisons. D'une part, parce que l'équilibre ne sera pas atteint quand le "taux de perte en énergie sera égal au taux de gain en énergie" (autrement dit quand ce qui rentre est égal à ce qui sort) parce qu'une partie de l'énergie entrante restera confinée à l'intérieur du système sous forme d'énergie (cinétique et potentielle) qui correspond à la convection de l'eau à l'intérieur de la casserole, générée par l'agitation thermique du liquide chauffé. Ainsi l'équilibre est atteint quand ce qui rentre est égal à ce qui sort … plus ce qui reste dans le système. Il en est d'ailleurs de même pour les océans qui stockent en profondeur une partie de l'énergie reçue de la part du soleil.

D'autre part, la confusion de langage généralisée chez les climatologues et beaucoup de non-physiciens, entre les notions d'énergie et de chaleur me semble problématique comme cela a d'ailleurs déjà été relevé par Gerlich et Tscheuschner dans leur article à l'International Journal of Modern Physics (texte complet). S'il est exact que l'échange de chaleur n'est qu'une forme particulière de l'échange d'énergie, l'échange de chaleur obéit, lui, aux principes fondamentaux de la thermodynamique énoncés par Clausius, ce que ne font pas les autres échanges d'énergie. Dans le cas de l'exemple cité par Spencer, et à proprement parler, la cuisinière transmet de la chaleur (et non pas de l'énergie) à la casserole. Une partie de cette chaleur est convertie en énergies cinétique et potentielle résultant en une convection interne du liquide. Cette énergie reste dans le système. Le reste est perdu par convection externe (avec l'air ambiant) et rayonnement infrarouge (sans parler de l'évaporation et de la chaleur latente de vaporisation).
Cette assimilation des notions d'énergie et de chaleur dans la plupart des discours relatifs au système terre-atmosphère-océans peut sembler anodine. Elle ne l'est pas, car elle permet, par un simple glissement sémantique de s'affranchir de la nécessité de préciser le mode d'échange de l'énergie ce qui peut conduire à de graves erreurs conceptuelles. Ainsi en est-il du transfert radiatif qui est souvent considéré par les climatologues comme un banal transfert d'énergie alors que Rudolph Clausius, le fondateur des principes de la thermodynamique, a bien précisé que le transfert radiatif obéissait, comme tout autre transfert de chaleur, aux principes de la thermodynamique (notamment au deuxième). Alors, sauf à démontrer que Clausius s'est lourdement trompé…on est en droit de se poser des questions.

On peut donner un exemple typique des erreurs que l'on peut commettre en se laissant glisser dans cette confusion de langage :
Considérons, situés à proximité l'un de l'autre, un gros iceberg et un verre d'eau chaude. De par son grand volume (l'énergie dont il est question est une variable extensive), le gros iceberg contient beaucoup plus d'énergie thermique que le petit verre d'eau chaude. Parlant d'énergie, sans préciser davantage, on est naturellement conduit à affirmer que le transfert spontané d'énergie se fera dans le sens où le plus énergétique (l'iceberg) donnera son énergie au moins énergétique (le verre d'eau).
Il n'en est rien car le second principe de la thermodynamique nous apprend que ce sont les températures qui déterminent le sens de l'échange d'énergie thermique (chaleur) et non pas les contenus énergétiques : Au contraire, c'est le verre d'eau qui perdra sa chaleur (son énergie thermique) au profit de l'iceberg. Dans ce cas précis, le transfert d'énergie thermique se fera donc du moins énergétique vers le plus énergétique, ce qui peut sembler contre-intuitif.
Il est toujours risqué d'oublier la thermodynamique en parlant systématiquement de transferts d'énergie plutôt que de transferts de chaleur lorsque cela est nécessaire. Pourtant, j'observe que ceci est vraiment très répandu.

De manière similaire, la température à l'intérieur d'une voiture placée au soleil va augmenter jusqu'à ce que le taux d'absorption de la lumière du soleil par la voiture soit égal au taux de perte de la chaleur de la voiture vers son environnement.

De la même façon, on peut s'attendre à ce que tout déséquilibre dans les flux moyens d'énergie entrants ou sortants du système climatique, provoquent une variation de température. Les moyennes, sur la totalité du globe, des taux d'énergie solaire absorbée et des pertes par rayonnement infrarouge, sont estimés aux environs de 235 à 240 Watts par mètre carré. Je dis "estimé" parce que notre système satellite destiné à la mesure du budget d'énergie radiative n'est pas encore tout à fait assez bon pour l'évaluer avec le degré de précision requis.

Une collection de paramètres ajustables du modèle sont alors réglés jusqu'à ce que le modèle, rende compte approximativement de la variation saisonnière moyenne des données météorologiques sur l'ensemble du globe et, aussi, de l'absorption de la lumière solaire et de l'émission d'énergie infrarouge vers l'espace avec un taux global moyen d'environ 235 à 240 Watts par mètre carré. Les modélisateurs ont tendance à supposer que si le modèle fait un travail raisonnablement bon pour singer ces comportements basiques du système climatique, alors le modèle sera capable de prédire le réchauffement climatique. Il est possible, ou pas, qu'il s'agisse d'une bonne hypothèse – En réalité, personne ne le sait vraiment.

De plus, il est important de comprendre que même si un modèle climatique gère parfaitement 95% des processus du système climatique, ceci ne veut pas dire que ce modèle sera correct à 95% dans ses prédictions. Il suffit qu'un seul processus important soit mal modélisé pour que les modèles se trompent lourdement. Par exemple, la manière dont le modèle modifie la couverture nuageuse avec le réchauffement peut faire la différence entre un réchauffement global anthropique catastrophique ou simplement noyé dans le bruit de la variabilité naturelle.

Le Réchauffement Global Anthropique dans les Modèles du Climat.

On estime que notre ajout de dioxyde de carbone à l'atmosphère, en brulant des carburants fossiles, a induit un déséquilibre d'environ 1,5 Watts par mètre carré entre 235 et 240 Watts par mètre carré de la moyenne de la lumière solaire absorbée et des radiations infrarouges émises. Ce CO_2 supplémentaire épaissit légèrement la couverture de gaz à effet de serre qui entoure la terre. Ce déséquilibre énergétique est trop petit pour être mesuré par les satellites ; Il doit être calculé en se basant sur la théorie.

Ainsi, si la terre était initialement dans un état d'équilibre énergétique et que le taux de lumière solaire absorbé par la terre était exactement de 240 Watts par mètre carré, alors le taux de perte par infrarouge vers l'espace serait passé de 240 Watts par mètre carré à 238,5 Watts par mètre carré (soit 240 -1,5).

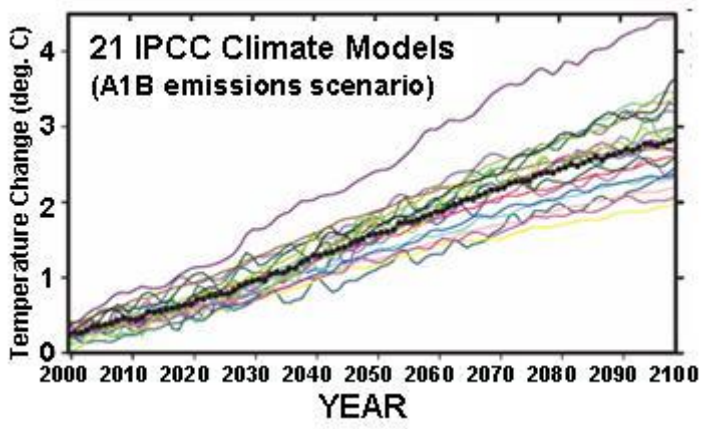
Dans le modèle du climat, ce déséquilibre énergétique provoque un réchauffement. Et comme une terre plus chaude (exactement comme tout autre objet) perd de l'énergie infrarouge plus vite qu'un objet froid, le système climatique modélisé va se réchauffer jusqu'à ce que l'équilibre soit de nouveau atteint. Parvenu à ce point, le taux de perte en infrarouge vers l'espace est de nouveau égal au taux d'absorption de la lumière solaire et la température va de nouveau rester sensiblement constante.

Qu'est ce qui décide de combien le modèle va se réchauffer ?

La plus grande source d'incertitude dans la modélisation du climat est la suivante : Le système climatique va-t-il réagir en réduisant ou en augmentant le petit réchauffement induit par le CO_2 ?

Le modèle du climat (et aussi le système climatique réel) possède différents moyens pour neutraliser le déséquilibre tel que celui résultant d'une addition de CO_2 à l'atmosphère. La réponse la plus simple serait d'augmenter seulement sa température. Par exemple, on peut montrer théoriquement que l'augmentation d'environ 40% du CO2 atmosphérique dont on pense que les humains sont responsables, pendant les 150 dernières années, n'induirait qu'une augmentation d'environ 0,5°C pour restaurer l'équilibre énergétique. Cette réponse théorique est appelée " le cas sans rétroaction" parce que rien, sauf la température, n'a changé.

Mais on peut s'attendre à ce qu'une variation de température provoque des variations d'autres éléments du système climatique, tels que les nuages et la vapeur d'eau. Ces dernières variations, indirectes, sont appelées rétroactions et ils peuvent soit amplifier le réchauffement dû seulement au CO_2, soit le réduire. Ainsi qu'on le voit sur la figure suivante, la totalité des quelques vingt (et plus) modèles qui sont actuellement répertoriés par le GIEC (Groupe Intergouvernemental d'Etude du Climat) amplifient le réchauffement.



Cette amplification résulte essentiellement d'une augmentation de la vapeur d'eau –Le principal gaz à effet de serre de la terre – et d'une diminution des nuages de basse et moyenne altitude dont l'effet principal est de laisser plus de lumière solaire pénétrer dans le système ce qui cause une augmentation du réchauffement. Ces variations au second degré en réponse au réchauffement sont appelées rétroactions. Les modèles amplifient le réchauffement dû au CO2 par une rétroaction positive de la vapeur d'eau et une rétroaction positive des nuages.

Mais est-ce bien comme ça que le climat fonctionne en réalité ?

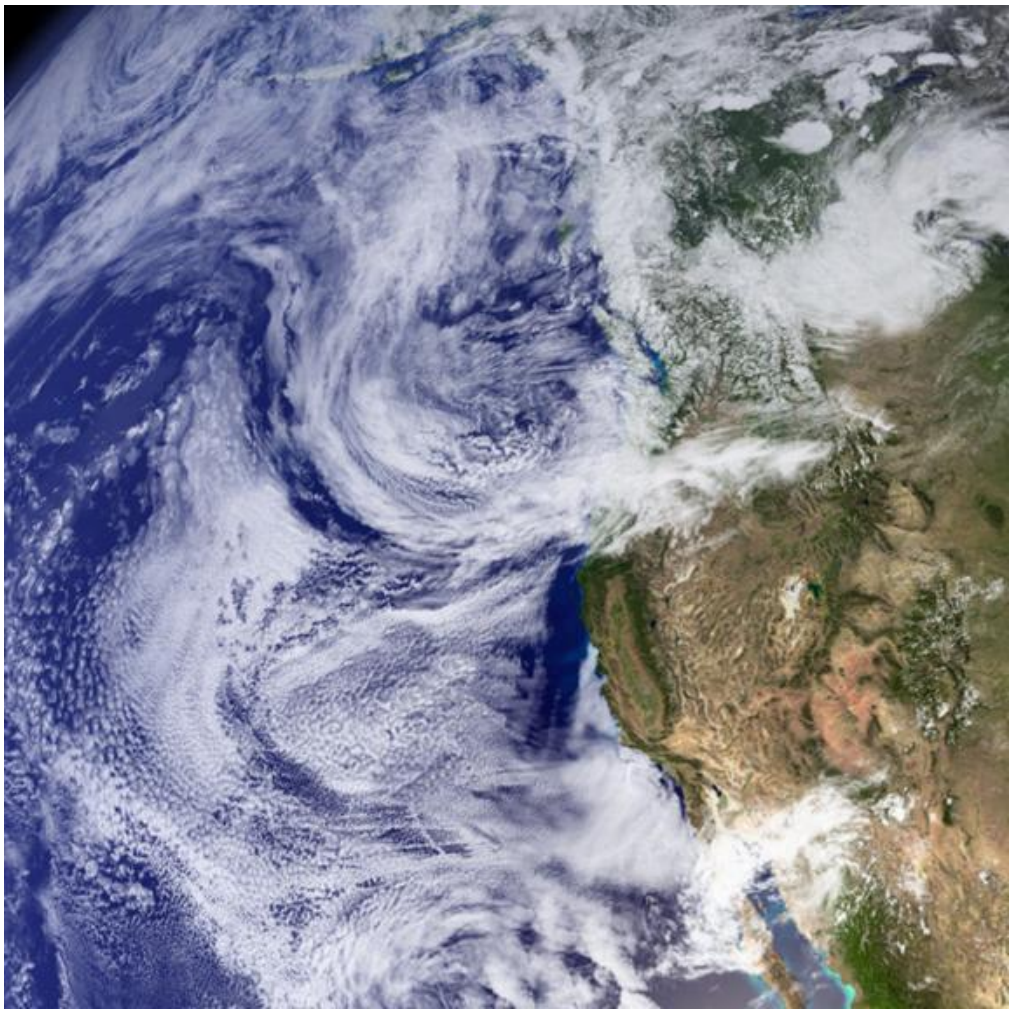
Les Incertitudes du Modèle Climatique dans les Processus des Nuages et de la Vapeur d'Eau.

Les équations du modèle climatique ne sont que des approximations des processus physiques qui se produisent dans l'atmosphère. Tandis que certaines de ces approximations sont tout à fait justifiées, certaines, parmi les plus importantes du point de vue du changement climatique, sont inévitablement grossières. Ceci résulte du fait que les processus réels qu'elles représentent sont soit (1) trop complexes pour être inclus dans le modèle tout en conservant

une vitesse suffisante pour le calcul sur ordinateur, soit (2) parce que notre compréhension de ces processus est encore trop limitée pour pouvoir être mise en équations.

Ceci est particulièrement vrai pour les processus de formation et de dissipation des nuages qui, en revanche, ont un impact considérable sur la quantité de lumière solaire absorbée par le système climatique. L'extension de la couverture nuageuse générée dans le modèle en réponse au réchauffement dû au soleil, participe au contrôle de la température de la terre de telle manière que la variation de la couverture nuageuse en réponse au réchauffement est d'une importance énorme pour les prédictions de réchauffement climatique.

Les modélisateurs du climat se battent encore pour parvenir à ce que les modèles reproduisent la couverture des nuages et leur typologie telle que celle que l'on observe dans différentes régions et pendant différentes saisons. L'image suivante de la NASA (MODIS) qui montre la partie Ouest des Etats Unis et la partie Est de l'océan Pacifique révèle une grande variété de types de nuages qui sont déterminés par une collection de différents processus.

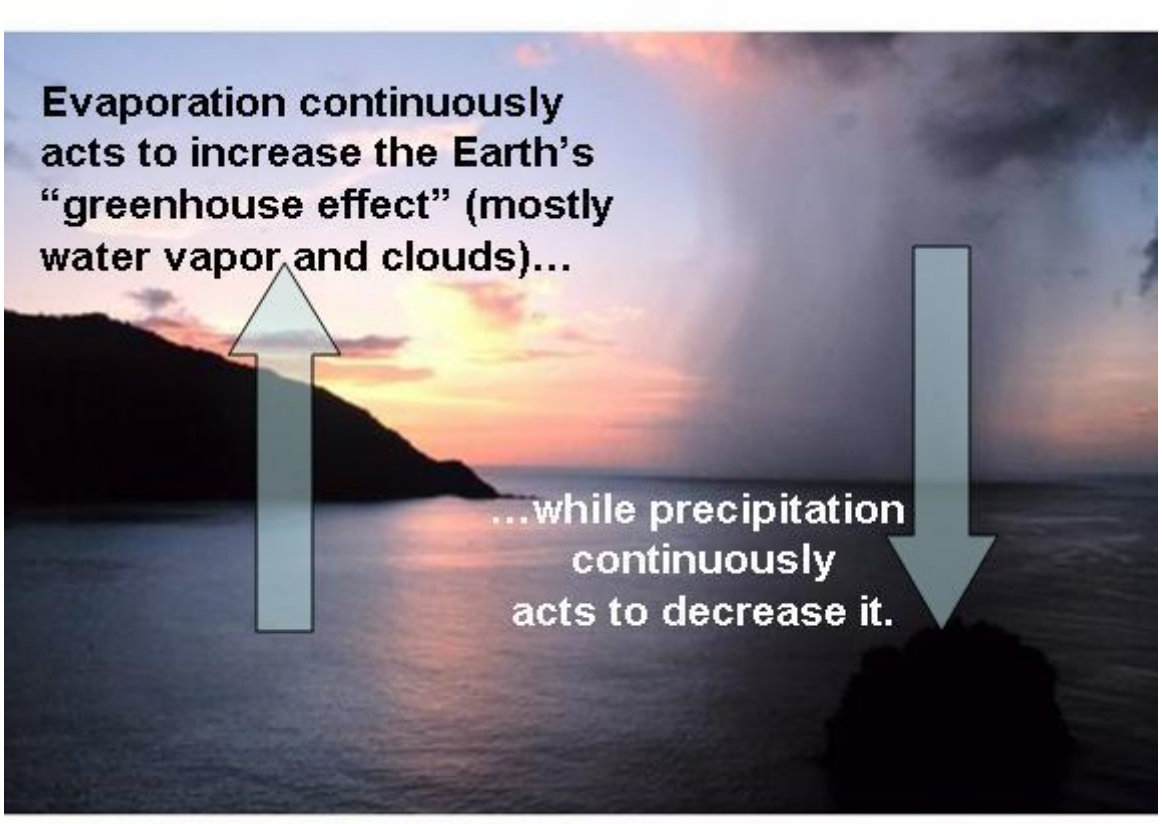


La complexité des nuages est comprise de manière intuitive par quiconque, experts comme non- experts. Il est probablement réaliste de dire que tous les modélisateurs du climat reconnaissent que la modélisation précise du comportement des nuages est très difficile et que ceci n'a pas encore été réalisé dans les modèles du climat du globe.

Tous les modèles climatiques du GIEC attribuent une rétroaction positive aux nuages de basse et moyenne altitude. C'est la que réside la principale cause des différences entre le réchauffement indiqué par les différents modèles climatiques (Trenberth and Fasullo, 2009). Je prédis que ce type de comportement des modèles sera finalement démontré comme erroné. Et alors que les auteurs ont horreur de l'admettre, il existe déjà quelques éléments de preuve sortant dans la littérature scientifique revue par les pairs, que cela est bien le cas. (Spencer et al., 2007; Caldwell and Bretherton, 2009).

Je pense que les modélisateurs ont interprété à tort la diminution de la couverture nuageuse avec le réchauffement comme une rétroaction positive des nuages (le réchauffement provoquerait une diminution des nuages), alors qu'en réalité, c'est en fait la diminution des nuages qui a surtout causé le réchauffement. Ceci est typiquement une affaire de causation : Une direction de relation cause à effets a été ignorée lorsqu'on a essayé de trouver la relation de causation dans le sens opposé (Spencer and Braswell, 2008).

La question fondamentale de la causation en matière de modélisation du climat ne concerne pas seulement les nuages. S'il est vrai que le réchauffement causera, en moyenne, une augmentation de la vapeur d'eau à basse altitude, c'est le système des précipitations qui contrôlent le contenu en vapeur d'eau de la plupart du reste de l'atmosphère. Comme je le montre dans l'image suivante, tandis que l'évaporation essaye continuellement d'augmenter l'effet de serre naturel de la terre en ajoutant de la vapeur d'eau, la pluviométrie essaye continuellement de diminuer l'effet de serre en convertissant la vapeur d'eau en nuages puis en précipitation.



Cependant, alors que la physique de l'évaporation de la surface terrestre est assez bien comprise, les processus qui contrôlent la conversion de la vapeur d'eau en précipitation pour faire des nuages sont complexes et demeurent encore passablement mystérieux. Et c'est

l'équilibre entre ces deux processus - évaporation et précipitation- qui déterminent l'humidité de l'atmosphère.

Même dans certains modèles très sophistiqués "modélisant les nuages" –c'est à dire des modèles qui utilisent des calculs beaucoup plus compliqués pour faire "pousser" des nuages- le seuil au delà duquel les nuages commencent à se former est introduit comme une constante ad-hoc. Je considère que ceci est une énorme source d'incertitude et qui n'est même pas appréciée par la plupart des modélisateurs du climat. Les modélisateurs ajustent les paramètres des modèles pour rendre compte approximativement de l'humidité relative moyenne de l'atmosphère, mais nous ne comprenons toujours pas, à partir des "premiers principes" pourquoi l'humidité relative se trouve à la valeur observée. Il faudrait que nous comprenions tous les processus de précipitation, ce qui n'est pas le cas.

In fine, beaucoup des approximations utilisées dans les modèles climatiques ne se révèleront pas d'une importance décisive pour la prévision du changement climatique… Mais il suffit qu'un seul processus critique soit faux pour que les projections climatiques soient totalement erronées. Le GIEC admet que leur source d'incertitude la plus importante provient de la couverture nuageuse à basse altitude, à savoir comment cette couverture nuageuse va changer avec le réchauffement. Et ainsi que je viens de le mentionner, je crois que la question de savoir comment le taux de précipitation peut changer avec la température constitue aussi le joker des prédictions des modèles climatiques.

Les sources du réchauffement global : Les Humains ou La Nature ?

Parvenus à ce point, j'espère que vous comprenez que les modélisateurs du climat pensent que le réchauffement climatique résulte du fait que les humains ont "bouleversé" l'équilibre énergétique radiatif de la terre. Et je suis d'accord avec eux que l'addition de plus de dioxyde de carbone dans l'atmosphère doit avoir quelque conséquence… mais quelle est l'importance de ce changement en comparaison des déséquilibres énergétiques que le système climatique s'impose à lui-même ?

Il apparaît que les modélisateurs ont fait une hypothèse cruciale qui les a conduit à la conclusion que le système climatique est très sensible vis à vis de nos émissions de gaz à effet de serre : *Ceci résulte de l'hypothèse que le système climatique était dans un état d'équilibre énergétique avant notre intervention*.

Il existe une croyance persistante, mais non-scientifique, dans les sciences de la terre, que la nature se trouve dans un état d'équilibre fragile. Qu'il s'agisse des écosystèmes ou du système climatique, vous entendrez ou lirez des déclarations orales ou écrites de scientifiques au sujet de la fragilité supposée de la nature.

Mais ceci est un concept subjectif et non scientifique. Pourtant, il se fraye un chemin dans la littérature scientifique (voyez le résumé de cet article fondateur sur les premières mesures par satellite du budget énergétique de la terre…une recherche pour un équilibre "délicat"). Le simple fait que la nature tende vers un équilibre ne signifie pas que cet équilibre soit, de quelque façon, fragile. Et d'ailleurs, que signifie "fragile" quand la nature elle-même est en permanence, occupée à le perturber ?

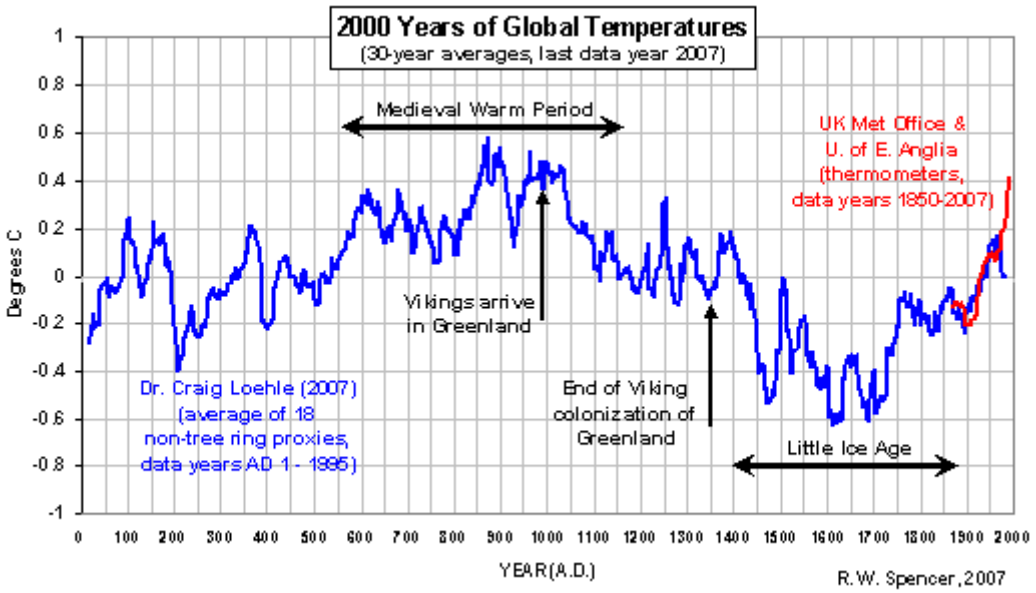
Pourquoi est-ce si important pour la modélisation du climat ? Parce que si les chercheurs qui travaillent sur le climat ignorent la variabilité naturelle du climat et, au contraire, supposent

que la plupart des changements climatiques résultent de l'activité humaine, inévitablement, ils en arriveront à la conclusion que le système climatique est fragile : C'est à dire que les rétroactions sont positives. C'est un peu comme chez les gens des anciennes tribus qui croyaient que les événements météorologiques dramatiques résultaient de leurs transgressions morales.

Si le réchauffement observé pendant le 20ème siècle était dû aux émissions de gaz à effet de serre par les humains, alors le système climatique doit être particulièrement sensible (rétroactions positives). Mais si le réchauffement était essentiellement dû à des changements naturels de la couverture nuageuse, alors le système climatique est plus probablement insensible (rétroactions négatives). Et il n'existe aucun moyen de savoir si des changements naturels de la couverture nuageuse ont eu lieu à cette époque tout simplement parce que nos observations des nuages du globe pendant le siècle dernier sont très loin d'être suffisamment complets et précis.

Ainsi, les modélisateurs du climat font l'hypothèse qu'il n'y a pas de changement à long terme des nuages, de la vapeur d'eau etc. Mais ils ne se rendent pas compte qu'en suivant cette idée, ils vont nécessairement aboutir à la conclusion que le système climatique est très sensible (rétroactions positives). Il en résulte qu'ils programment des modèles climatiques avec une sensibilité suffisante pour reproduire le réchauffement des cinquante dernières années accompagnant l'augmentation de la concentration du dioxyde de carbone. Ceci étant fait, ils utilisent ces résultats comme apportant la "preuve" que le CO2 a provoqué le réchauffement. C'est un raisonnement circulaire.

Les modélisateurs du climat ont tout simplement supposé que le climat de la terre était dans un état d'équilibre énergétique avant que l'homme commence à utiliser les carburants fossiles. Mais ainsi qu'il apparait sur la reconstruction des températures suivante pour les 2000 dernières années (Loehle, 2007), des variations continuelles de température impliquent nécessairement des changements permanents dans l'équilibre énergétique de la terre..



Et alors que des variations de l'activité solaire sont une des explications possibles pour ces événements, il est également possible qu'il existe des fluctuations internes et à long terme de l'équilibre énergétique généré par les fluctuations naturelles de la couverture nuageuse et de la

vapeur d'eau. Par exemple, une variation dans la couverture nuageuse modifiera la quantité de rayons solaires absorbés par la terre, ce qui fera varier la température du globe. Ou bien, une modification du régime de précipitation pourrait aussi modifier la quantité de nos principaux gaz à effet de serre –la vapeur d'eau – résidant dans l'atmosphère. La modification de l'un ou de l'autre de ces facteurs provoquera un réchauffement ou un refroidissement global.

Mais exactement comme les gens des anciennes tribus qui ne comprenaient pas qu'il existe des processus physiques qui jouent un rôle dans la nature et qui sont responsables des tempêtes, les modélisateurs du climat tendent à voir le changement climatique comme le résultat d'une action humaine – telle que l'utilisation immorale des carburants fossiles.

La Modélisation du Climat Basée sur la Foi.

Il n'y a pas de doute que beaucoup d'argent et d'efforts ont été consacrés à la construction et l'amélioration des modèles climatiques. Mais ceci ne veut pas nécessairement dire que ces modèles peuvent prédire le climat à 20, 50 ou 100 ans. En fin de compte, les climatologues (et aussi les politiciens) doivent accomplir un véritable acte de foi pour accepter l'idée que les modèles informatiques actuels contiennent tous les processus important et nécessaires pour prédire le réchauffement climatique.

C'est pour cela que la validation des prédictions de toute théorie est si importante pour le progrès de la science. Le meilleur test d'une théorie consiste à vérifier si les prédictions de cette théorie s'avèrent correctes. Malheureusement, nous n'avons aucun bon moyen de tester rigoureusement les modèles climatiques dans le contexte de la théorie du réchauffement anthropique. Bien que certains modélisateurs du climat affirmeront que leurs modèles reproduisent le même "empreinte" que celle que l'on voit dans la nature, en réalité, il n'existe aucune empreinte de ce genre. Tout simplement parce que le réchauffement dû à une augmentation du dioxyde de carbone est, dans tous les cas pratiques, indistinguable du réchauffement provoqué, par exemple, par une augmentation naturelle de la vapeur d'eau atmosphérique.

Les modélisateurs protesteront que "Mais qu'est ce qui pourrait bien causer un tel changement naturel de la vapeur d'eau ?" Eh bien, que diriez vous d'un petit changement des modes de circulation atmosphérique qui provoqueraient une diminution de la couverture nuageuse de basse altitude au dessus des océans ? Ceci provoquerait un réchauffement des océans qui, à leur tour, humidifieraient et réchaufferaient l'atmosphère du globe (Compo and Sardeshmukh, 2009). Ou, encore, que diriez-vous d'un changement du mode de circulation qui provoquerait une variation des vents cisaillant à travers les systèmes de précipitations ? Ceci induirait une diminution du taux de précipitation résultant en une augmentation de la vapeur d'eau dans l'atmosphère, conduisant aussi à une augmentation naturelle du réchauffement par "l'effet de serre" (Renno et al., 1994).

Pour me répéter une fois encore, ce n'est pas parce que nous ne comprenons pas tout du fonctionnement de la nature que nous, les humains, sommes responsables des changements que nous voyons dans la nature.

Les changements climatiques naturels que je suis entrain d'évoquer peuvent être vus comme résultant du chaos. Même si tous les météorologues et les climatologues sont d'accord sur le fait que le chaos existe bien dans le temps qu'il fait, les modélisateurs du climat semblent ne pas concevoir la possibilité que le climat soit, lui aussi, chaotique (Tsonis et al., 2007). S'ils

pensaient que cela est possible, ils devraient sérieusement réfléchir à l'éventualité que l'essentiel du réchauffement que nous avons vu au 20ème siècle était naturel et non pas le résultat de l'activité humaine. Mais le GIEC reste étrangement silencieux sur cette question.

Les modélisateurs nous affirmeront que leurs modèles peuvent reproduire les changements importants de la température moyenne du globe pendant le 20ème siècle. Bien qu'il y ait un fond de vérité, il n'est pas (1) probable que leur explication soit l'unique explication possible et (2) ceci n'est en aucun cas une vraie prédiction puisque la réponse (c'est à dire les mesures de températures effectuées) étaient connues avant les tests.

Si, *a contrario*, les modélisateurs n'avaient PAS eu accès aux variations de température du 20ème siècle et qu'on leur ait alors demandé de produire une "prévision" de la température du globe, alors, dans ce cas, cela aurait été une validation de la prévision. Mais, en réalité, des années d'efforts passés en tests et corrections successives des paramètres ont fini par donner un modèle du climat qui reproduit l'historique de la température du 20ème siècle, lequel était déjà connue des modélisateurs. Certains d'entre nous pourraient dire qu'ils ne s'agit de rien de plus que d'un exercice d'adaptation de données à une courbe plutôt que d'une "amélioration du modèle climatique".

Le problème est que, alors que les modèles climatiques offrent une explication possible pour le changement climatique, cette solution n'est, en aucun cas, unique. Et un modélisateur qui affirme avoir trouvé la seule cause possible du réchauffement climatique est, soit un imposteur, soit quelqu'un qui a laissé sa foi prendre le pas sur sa capacité à raisonner.

Le GIEC (2007) lui-même, admet qu'il existe 10% de chance qu'il puisse se tromper sur la responsabilité humaine dans le réchauffement observé depuis les 50 dernières années. Ceci, à lui seul, suffit à montrer que quiconque prétend que "la science est comprise" ne sait pas de quoi il parle.

Conclusion

Il n'est pas question de nier que de grands progrès ont été accomplis dans la modélisation du climat. Je considère que la modélisation informatique est une part essentielle de la recherche sur le climat. Après tout, si on n'utilise pas des données chiffrées introduites dans des équations de la physique, on ne peut réellement pas affirmer que l'on comprend beaucoup de choses sur la façon dont fonctionne le climat.

Mais étant donné toutes les incertitudes restantes, je ne crois pas que nous puissions décider - avec un degré suffisant de confiance- si une des projections d'un réchauffement futur par l'un des modèles actuels, peut être crédible. Tout scientifique qui prétend le contraire a, soit une motivation politique, soit une autre motivation non-scientifique, à moins qu'il ne soit, tout simplement, médiocre.

REFERENCES CITEES:

Caldwell, P., and C. S. Bretherton, 2009. Response of a subtropical stratocumulus-capped mixed layer to climate and aerosol changes. Journal of Climate, 22, 20-38.

Compo, G.P., and P. D. Sardeshmukh, 2009. Oceanic influences on recent continental warming, Climate Dynamics, 32, 333-342.

Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007. Climate Change 2007: The Physical Science Basis, report, 996 pp., Cambridge University Press, New York City.

Loehle, 2007. A 2,000 year global temperature reconstruction on non-treering proxy data. Energy & Environment, 18, 1049-1058.

Renno, N.O., K.A. Emanuel and P.H. Stone, 1994. A Radiative-convective model with an explicit hydrologic cycle: 1.Formulation and sensitivity to model parameters. Journal of Geophysical Research, 99, 14,429-14,441

Spencer, R.W., W. D. Braswell, J. R. Christy, and J. Hnilo, 2007. Cloud and radiation budget changes associated with tropical intraseasonal oscillations, Geophys. Res. Lett., 34, L15707 doi:10.1029/2007GL029698.

Spencer, R.W., and W.D. Braswell, 2008. Potential biases in cloud feedback diagnosis: A simple model demonstration, J. Climate, 21, 5624-5628.

Trenberth, K.E.., and J.T. Fasullo, 2009. Global warming due to increasing absorbed solar radiation. Geophysical Research Letters, 36, L07706, doi:10.1029/2009GL037527.

Tsonis, A. A., K. Swanson, and S. Kravtsov, 2007. A new dynamical mechanism for major climate shifts. Geophysical Research Letters, 34, L13705, doi:10.1029/2007GL030288.