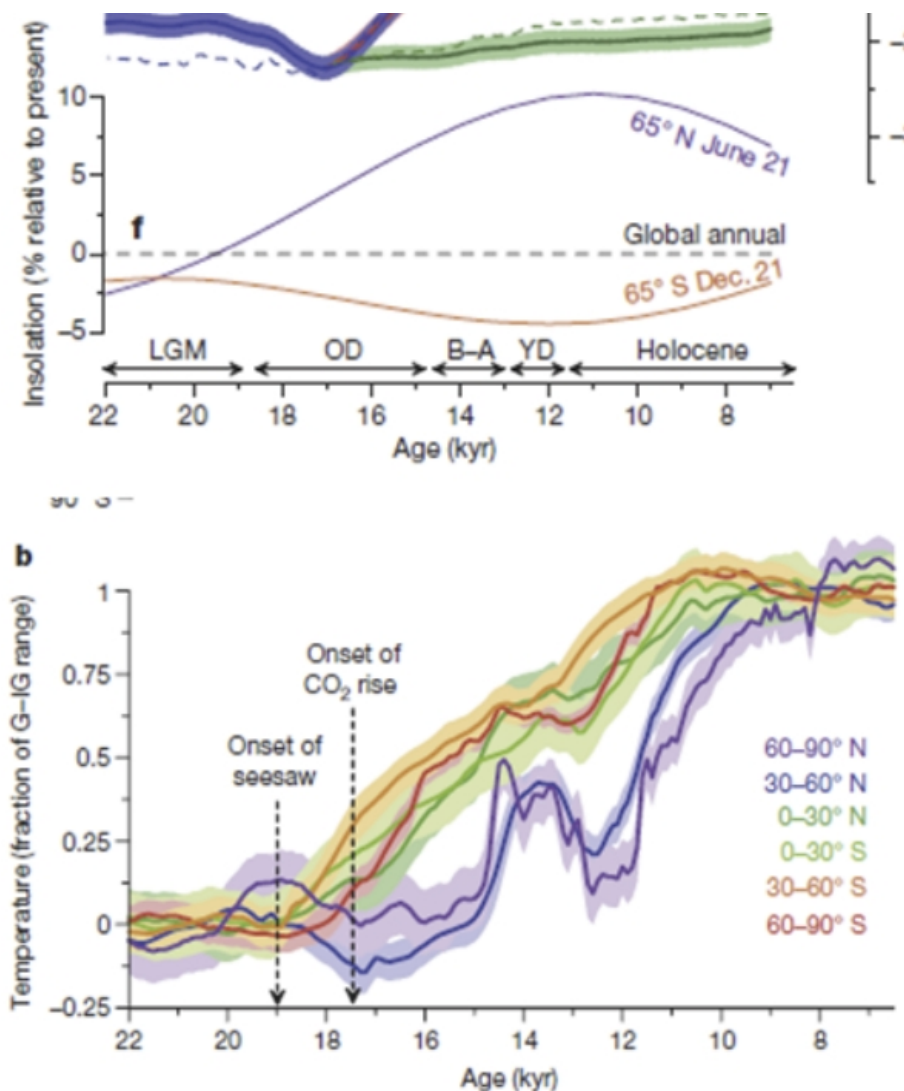


[Sommaire](#) - [Chapitre précédent : Le CO₂, clé du changement climatique ?](#)

5. 1990-2000 : La théorie confirmée



Selon une étude de Shakun et al (2012), une légère augmentation de l'insolation au nord suffit à déclencher un réchauffement régional, qui enclenche l'effondrement du courant océanique Atlantique (AMOC), qui entraîne un largage massif de CO₂. C'est celui-ci qui va entraîner le réchauffement qui va mettre fin à la glaciation. Il démontre qu'à la fin de cet âge glaciaire le réchauffement global a suivi la hausse de la teneur en CO₂

5.1 Devine qui vient en premier... le CO₂ ou le réchauffement ?

Cependant des mesures plus précises compliquèrent l'énigme des âges glaciaires. D'autres

Histoire de la découverte du réchauffement climatique : l'effet de serre et le CO2 (V)

Écrit par Olivier Dumont

Vendredi, 11 Octobre 2013 15:52 - Mis à jour Jeudi, 07 Novembre 2013 12:21

carottes de glaces extraites dans les années 1990 en Antarctique montrèrent que la hausse initiale des températures, à cet endroit du moins, avait *précédé* l'augmentation du CO2. À mesure que la précision des mesures augmentait, ce décalage fut confirmé. Cela semblait ruiner l'idée que la hausse de la concentration en CO2 était la cause du réchauffement... Mais en réalité, cela n'était pas une bonne nouvelle pour le climat

[\(1\)](#)

Cela semblait dire que la variation du CO2 n'avait pas initié les cycles glaciaires. Mais en réalité la plupart des scientifiques avaient abandonné cette idée depuis longtemps, car dans les années 1960, de difficiles études sur l'axe de rotation de la Terre et sur son orbite avaient montré que de très légères variations correspondaient aux cycles glaciaires, mettant ainsi en évidence les cycles de Milankovitch. Une légère variation de l'axe de rotation de la Terre pouvait modifier la quantité de soleil reçue aux latitudes hautes à certaines saisons. Or un printemps plus chaud dans les hautes latitudes nord, où il existe de nombreuses terres émergées, fait fondre la neige fond plus vite. La terre absorbe alors plus de chaleur ce qui accentue le réchauffement. Mais les calculs montrent que les variations de l'orbite sont insuffisantes pour déclencher un changement de climat global. Comment de si légères variations pouvaient-elles provoquer la fonte ou l'apparition de glaciers monumentaux recouvrant plusieurs continents ? [\(2\)](#)

C'est alors que de nouvelles carottes de glaces suggérèrent qu'un léger réchauffement pouvait provoquer une modeste augmentation de CO2. Celle-ci suffisait à déclencher ce que les scientifiques appellent des rétroactions positives en chaîne : une cause entraîne un effet qui en retour accentue la cause, ce qui accentue encore l'effet, et ainsi de suite. Cette boucle de rétroaction positive peut provoquer une forte amplification du signal de départ. Ce dernier n'est alors qu'un déclencheur. Un peu comme la gâchette d'un pistolet : ce n'est pas cette légère impulsion qui provoque l'énergie de la balle, mais elle suffit pour mettre le feu à la poudre [\(3\)](#).

Une légère augmentation des températures amènerait les océans à évaporer plus de CO2 et la toundra de l'Arctique à libérer du CO2 et du méthane. Cela accentuerait le réchauffement initial, qui à son tour renforcerait les émissions de GES... Et ainsi de suite pendant plusieurs milliers d'années. Cette hypothèse était la seule façon d'expliquer comment de modestes modifications d'orbite pouvaient déclencher de si profonds changements. Elle fut confirmée en 2011, quand une étude put reconstituer le climat ailleurs qu'aux latitudes polaires. Elle montrait qu'en effet, si le réchauffement des pôles précédait bien l'augmentation de CO2, c'est l'augmentation du CO2

dans l'atmosphère qui provoquait le réchauffement de l'ensemble de la planète, selon un scénario à tiroirs : l'augmentation de l'insolation au nord provoque un net réchauffement des hautes latitudes nord. Celui-ci provoque un effondrement du courant océanique AMOC. Du coup le nord se refroidit malgré l'ensoleillement, et le sud se réchauffe. Au plus bas de l'AMOC, un largage massif de CO2 provoque un réchauffement global de grande ampleur. Ce dernier ne peut s'expliquer par le soleil puisque l'ensoleillement global n'augmente pas [\(4\)](#).

Ainsi, c'est bien le CO2 qui est le *conducteur* de ces changements d'ère climatique, même si ces changements sont *déclenchés* initialement par l'insolation. Le fait que le réchauffement des pôles précédait l'augmentation de CO2, qui intriguait tant les chercheurs, a donc trouvé sa résolution : le réchauffement global lors des déglaciations a bien *suivi*

la hausse du CO2, et cette dernière est due aux modifications du cycle des océans qui ont suivi le réchauffement du pôle nord.

Or la mise en évidence de ce phénomène d'amplification peut également expliquer comment une augmentation des [gaz à effet de serre](#) provoquée par l'homme pourrait déclencher un emballement climatique du fait des rétroactions positives. Et cela signifiait que le CO2 a bien eu un rôle majeur lors de plusieurs changements climatiques de grande ampleur.

5.2 Les modèles sur ordinateur confirmés

5.2.1 La signature du CO2

Depuis les années 1990 une douzaine d'équipes rivales travaillent sur des modèles tournant sur ordinateur et intègrent au fur et à mesure les progrès des observations ou de la théorie. À l'aube du XXIe, un accord de plus en plus important se confirme entre des observations de nature différente et les modèles issus de diverses équipes à travers le monde. Cet accord entre les modèles d'équipes rivales et avec des données de différents types constitue une confirmation importante. Tous les modèles confirment que le réchauffement constaté depuis 1970 est dû en partie aux gaz à effet de serre anthropiques. En effet, non seulement les modèles sont en bon accord avec les observations, mais ils parviennent bien à expliquer la hausse des températures depuis les années 1950 en incluant l'effet de serre dû au CO2 supplémentaire, mais ne peuvent plus l'expliquer en enlevant ce forçage anthropique.

Un autre argument décisif vint donner le coup de grâce envers le scepticisme scientifique : des mesures ont confirmé en 2005 que la température de l'océan augmentait conformément aux prédictions alors même qu'à la surface de la Terre les températures stagnaient plus ou moins depuis 1998. Or l'eau est un puissant fluide calorifique et les masses en question sont

gigantesques. D'où provenait une telle quantité de chaleur ? Le surcroît d'énergie nécessaire était d'un watt par mètre carré environ. Exactement ce que prédisaient les calculs prenant en compte le CO₂. Plus fort encore : sur le plan régional, chaque bassin océanique se comportait comme prévu. Une autre source de réchauffement, comme le soleil par exemple, n'aurait pas causé les mêmes effets ; sa signature régionale et globale aurait été différente. Pour James Hansen, qui a mené ces études, cette signature constituait le « smoking gun » (pistolet fumant) du réchauffement anthropique. Avec ses empreintes digitales dessus. Il était pris en flagrant délit [\(5\)](#). De même, le réchauffement de la troposphère pendant que la stratosphère se réchauffait montrait clairement la signature du CO₂. Un réchauffement dû au soleil aurait eu les effets inverses.

5.2.2 Sensibilité à l'échelle géologique au CO₂

Finalement les géochimistes parvinrent à reconstituer les grandes lignes des climats passés et de l'atmosphère sur des millions d'années grâce à l'amélioration des techniques utilisant des données indirectes. Ils ont pu établir sur ces millénaires la concomitance entre variations du climat et variations du CO₂. Ils purent même établir la sensibilité paléoclimatique du climat au doublement du CO₂ : 3 °C environ... soit un chiffre tout à fait semblable à celui donné par les modèles ! Les données du passé lointain rejoignaient les observations contemporaines et les modèles. Cela constituait une confirmation remarquable du rôle du CO₂ et indiquait que, manifestement les modèles n'avaient rien oublié d'essentiel.

5.2.3 Conséquences géologiques et conséquences biologiques : deux échelles différentes

Ces chiffres étaient en partie rassurants : ainsi on ne risque pas un emballement cataclysmique comme celui qu'a connu Venus. En effet le réchauffement de cette planète a été tel qu'il a fini par provoquer l'évaporation de toute son atmosphère. Mais en partie seulement. Car si on considère les conséquences de ces changements climatiques non plus à l'échelle géologique, mais à l'échelle biologique, c'est-à-dire des êtres vivants, on voit que ces changements auront un impact considérable. Quelques degrés de plus ? La Terre en a vu d'autres sur le plan géologique. Mais pas nous. Ces changements ont coûté la vie à de milliards d'êtres vivants.

Quelques degrés et la Terre prennent un autre visage. Les forêts tropicales recouvrent les pôles et les océans s'éveillent de plus d'une centaine de mètres. La vie s'en est autrefois sortie en s'adaptant ou en se recréant après avoir parfois presque complètement disparu. Mais s'adapter pour l'évolution, cela signifie la mort de milliards d'individus et l'adaptation lente de l'espèce. À moins que les changements ne soient trop rapides.

La fonte des pôles prendra plusieurs milliers d'années, mais les quelques dizaines de

centimètres attendus d'ici la fin du siècle perturberont grandement les populations et les infrastructures, et ce ne sera qu'un début. Jamais, hors chute de météorite gigantesque, un changement aussi rapide n'a été observé [\(6\)](#). Or la survie des écosystèmes et de nos modes de vie dépend du temps disponible pour s'adapter.

6. Perspectives pour le XXIe siècle

6.1 Un consensus confirmé

En 2010, de nouvelles études confirment l'association des données paléoclimatiques avec les variations de la teneur en CO2. Des variations de CO2 plus faibles qu'aujourd'hui provoquent une hausse allant de 3 à 6 °C. Cela signifie que dans la vraie vie, et contrairement à ce que disent les [climatosceptiques](#), la vapeur d'eau et les nuages n'ont pas dans le passé empêché un réchauffement climatique conduit par le CO2 [\(7\)](#). Au contraire, la glace, les océans et la végétation ont joué un rôle d'amplificateur.

6.2 Le 4ème rapport du GIEC

Dans la première décennie du XXIe, le [consensus](#) se confirma, acté par la publication en 2007 du 4ème rapport du Groupe d'Expert Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (GIEC), créé par l'ONU et l'Organisation Météorologique Mondiale en 1988. Les académies des sciences des plus grands pays, les sociétés scientifiques et les scientifiques ayant publié des travaux sur la question étaient d'accord sur t
trois points clés et deux nécessités

*:
l'activité humaine provoque une hausse de la concentration en GES, celle-ci provoque un réchauffement climatique qui ne fait que commencer, celui-ci aura des conséquences fâcheuses sur les écosystèmes naturels et sur les modes de vie. Il est donc nécessaire de lutter contre les émissions de CO2 et de préparer la société à une adaptation à ces changements climatiques.*

Cela signifie qu'un effort important était nécessaire même si ces décisions n'étaient pas faciles à prendre pour les politiques et pour les populations. Cependant quelques scientifiques n'ayant pas publié de travaux sur le climat dans les revues à comité de lecture et quelques leaders d'opinion représentant des intérêts idéologiques ou industriels, intensifièrent une campagne consistant à nier les faits scientifiques et à semer le doute dans l'opinion, alors que la controverse scientifique était tranchée

[\(8\)](#)

Certes les scientifiques continuent d'argumenter. De nombreux points sont à préciser. La recherche, frontière entre l'ignorance et la connaissance, continue d'avancer. Connaître plus précisément le rôle de chaque facteur, permettre des prévisions plus précises et à plus brève

échéance, mieux connaître la chronologie et le mécanisme des changements climatiques passés... Mais ces débats ont lieu suivant les modalités propres à la science et ne remettent pas en cause le consensus sur les points clés.

6.3 On a retrouvé le carbone manquant

Pendant ce temps Keeling et ses collègues continuent à affiner leurs mesures du CO₂. Le carbone continue d'augmenter de façon inquiétante mais un peu irrégulière. La question dominante était de distinguer la part du CO₂ et des autres gaz atmosphériques émis ou absorbés par la biosphère, les océans, les volcans ou les activités humaines, ces dernières provoquant des émissions dues au changement d'affectation des sols et à la déforestation, à la combustion d'énergie fossile et aux processus industriels.

On parvint enfin à retrouver le « carbone manquant » qui intriguait les scientifiques pendant les années 1970 grâce à une meilleure prise en compte des interactions avec le monde végétal. L'origine du carbone pouvait être mieux connue grâce au carbone 13. Cet autre isotope du carbone, stable mais plus rare que le carbone 12, est moins absorbé par les plantes. Donc on en trouve en moins grande quantité dans les combustibles fossiles. Or on a trouvé une augmentation de l'isotope 12, ce qui prouvait une fois de plus sa provenance : le surplus venait bien des combustibles fossiles et non des volcans ou d'une autre cause naturelle.

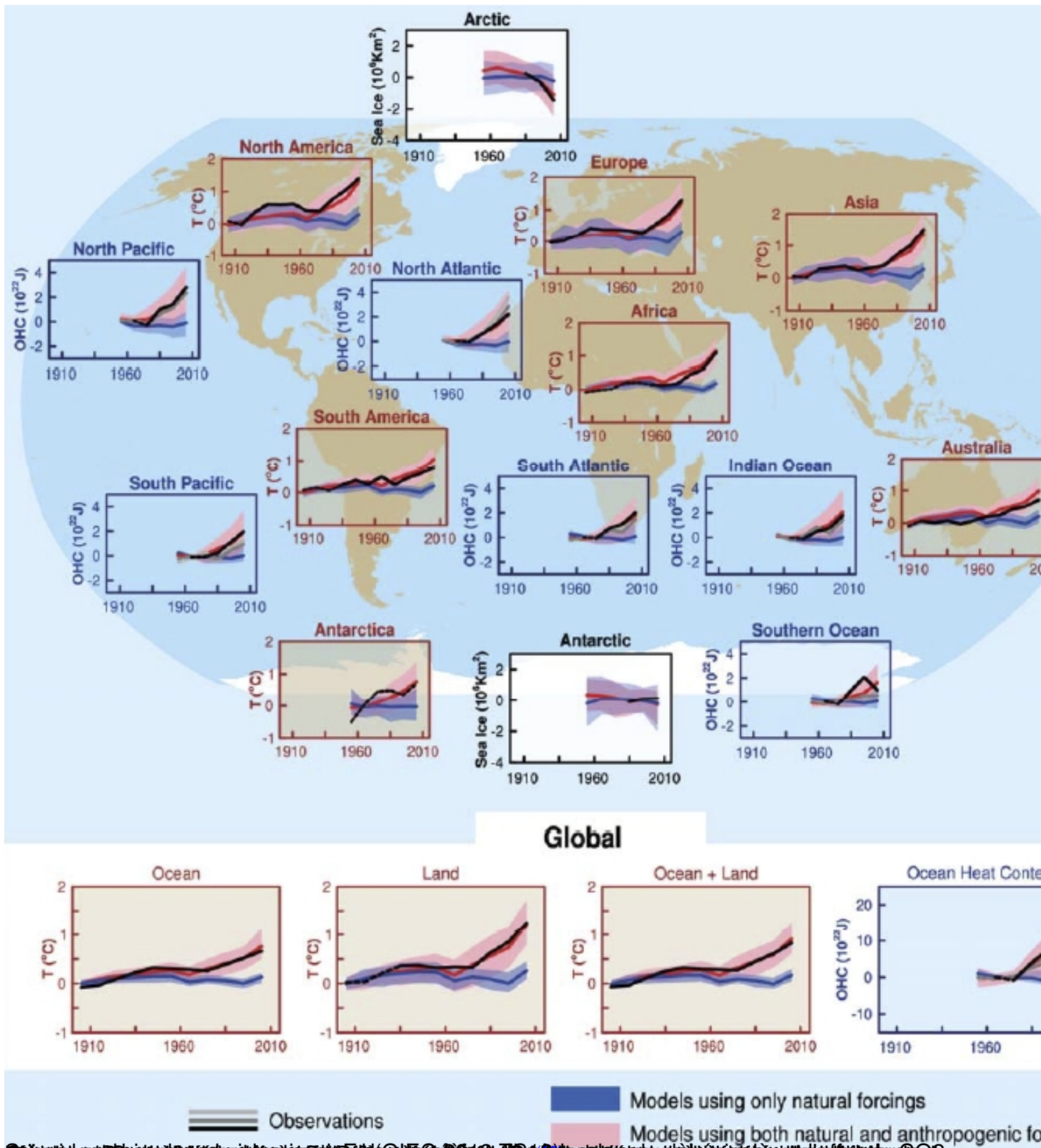
6.4 Des prévisions vérifiées

Depuis le début du XXI^e siècle les émissions de CO₂ augmentèrent comme jamais. Elles quadruplèrent entre la moitié du XX^e siècle et 2010. Or la quantité absorbée par les océans et la biosphère restait constante, autour de 55 % (60a). Comme la communauté scientifique l'avait établi dès les années 1950, le réchauffement commença à se faire sentir dès la fin du XX^e siècle et les capacités d'absorption des plantes et des océans s'amenuisaient. Des émissions de GES commençaient à se produire dans la toundra arctique. Bref, cela semblait confirmer l'idée que plus de réchauffement provoquerait plus d'émission et donc plus de réchauffement... Il devenait évident que le problème était sérieux et appelait des mesures appropriées [\(9\)](#).

Histoire de la découverte du réchauffement climatique : l'effet de serre et le CO2 (V)

Écrit par Olivier Dumont

Vendredi, 11 Octobre 2013 15:52 - Mis à jour Jeudi, 07 Novembre 2013 12:21



[From the Icehouse Effect](#) [The Discovery of Global Warming](#) [The Carbon](#)