

## LES THEMES DE SCIENCE-CLIMAT-ENERGIE

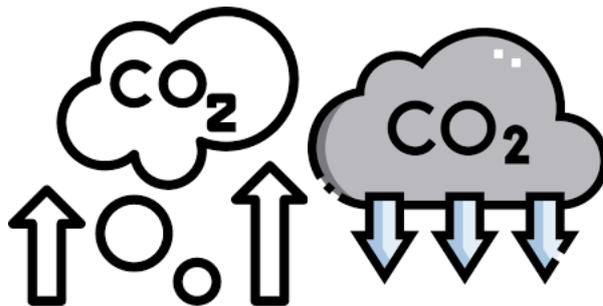
SCE a vu le jour en juin 2018 sous l'impulsion de plusieurs professeurs d'universités européennes. Plus de 250 articles ont été publiés après examen par un Comité Editorial. Les articles sont repris dans une liste des auteurs ([ici](#)) et permettent un dialogue entre lecteurs et auteurs ou lecteurs entre eux, à travers une rubrique 'commentaires' dont les règles ont été fixées ([ici](#)).

Au terme de ces 5 ans, nous avons décidé de regrouper les articles sous forme de .pdf reprenant chaque fois un thème précis. Cela permet de disposer pour tout lecteur d'un document complet sur un sujet précis, plutôt que de devoir aller chercher les articles un à un sur une période de près de 5 ans. Une sélection des articles les plus représentatifs a été opérée afin de couvrir au mieux chaque thème.

Nous publierons au fur et à mesure ces documents reprenant les articles spécifiques.

Le présent document intitulé '**Le CO<sub>2</sub> atmosphérique**' reprend des articles sélectionnés couvrant la période mars 2018 à avril 2023.

Nous espérons que ces documents seront utiles et diffusés à grande échelle.



## LE CO<sub>2</sub> ATMOSPHERIQUE

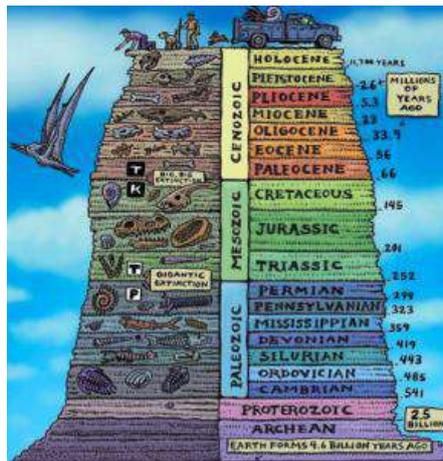
1. Quelques contre-vérité géologiques et historiques concernant le CO<sub>2</sub> , A. Prétat, p.3-12.
2. Evolutions récentes du CO<sub>2</sub> atmosphérique (1/4), J.C. Maurin, p.12-24
3. Evolutions récentes du CO<sub>2</sub> atmosphérique (2/4), J.C. Maurin, p.24-40
4. Evolutions récentes du CO<sub>2</sub> atmosphérique (3/4), J.C. Maurin, p.40-49
5. Evolutions récentes du CO<sub>2</sub> atmosphérique (4/4), J.C. Maurin, p.50-64
6. Le CO<sub>2</sub> belge, que représente-t-il vraiment ?, N. Jean, p.64-68
7. La croissance du CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère est-elle exclusivement anthropique ? (1/3), J.C. Maurin, p.68-78
8. La croissance du CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère est-elle exclusivement anthropique ? (2/3), J.C. Maurin, p.78-88
9. La croissance du CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère est-elle exclusivement anthropique ? (3/3), J.C. Maurin, p.88-99
10. Croissance du CO<sub>2</sub> atmosphérique, deux nouvelles publications, N. Jean, p.99-100
11. Le CO<sub>2</sub> c'est la qualité de vie, F. Furfari, p.101-114
12. Covid-19 et émissions de CO<sub>2</sub>, N. Jean, p.114-123
13. CO<sub>2</sub> Guilt : Origins of an Ideological and Political Saga, J.C. Pont,124-124
14. Selon le physicien Happer il y aura peu d'effets pour un doublement du taux de CO<sub>2</sub>, J. Van Vliet, p.124-128
15. CO<sub>2</sub> atmosphérique (1/3), J.C. Maurin, p.128-135
16. CO<sub>2</sub> atmosphérique (2/3), J.C. Maurin, p.135-146
17. CO<sub>2</sub> atmosphérique (3/3), J.C. Maurin, p.146-158
18. Pourquoi l'effet du CO<sub>2</sub> sur le climat est exclu par la physique, J. Van Vliet, p.158-159
19. Dérivée du CO<sub>2</sub> et anomalie de température, R. Van den Broek, p.159-160
20. Soleil, température et CO<sub>2</sub> (version complète), R. Van den Broek et H. Masson, p.160-161

# 1. Quelques contre-vérité géologiques et historiques concernant le CO<sub>2</sub>

Mis en ligne SCE : 22.03.2018

## 1.1. Petite piqûre de rappel ...

Fin 2016 j'ai publié dans cette revue [1] une synthèse de la concentration du CO<sub>2</sub> atmosphérique à travers l'ensemble des temps géologiques depuis l'Archéen (formation de la Terre il y a 4,567 milliards d'années ou 'Ga') jusqu'à la période actuelle. Ce texte a été repris dans la sphère 'internet' et particulièrement par la revue électronique notre-planete.info[2] De la lecture des très nombreux commentaires suite à cette parution **il apparaît que la plupart des lecteurs ignoraient le fait que la teneur en CO<sub>2</sub> atmosphérique a presque toujours été beaucoup plus élevée durant le Phanérozoïque d'un facteur de 5 à 20 (et 100 à 1000 au cours du Précambrien) par rapport à aujourd'hui** [3] (voir ci-dessous la figure de l'échelle des temps géologiques). Cette méconnaissance est en partie due au fait que la géologie est une science encore peu ou plus souvent pas enseignée dans le cycle secondaire, elle n'occupe donc pas une place équivalente à celle par exemple de la chimie, de la biologie, de la physique (...) et n'est choisie que par une poignée d'étudiants dans le cycle universitaire. Pourtant malgré des teneurs élevées, souvent très variables de son CO<sub>2</sub> atmosphérique, notre planète n'a jamais connu un destin 'catastrophique' au sens, par exemple, où toute forme de vie aurait disparu. Que du contraire les premiers métazoaires triploblastiques (limite Précambrien/Cambrien il y a 541 millions d'années ou Ma [3]) sont apparus et se sont développés avec des teneurs en CO<sub>2</sub> de plusieurs milliers de ppm [4] alors que les procaryotes [5] apparaissent il y a plusieurs milliards d'années (au moins depuis 3,8 Ga à l'Archéen) avec des teneurs en CO<sub>2</sub> atmosphérique de plusieurs dizaines de milliers de ppm, soit des pourcents! Certains de ces microorganismes se sont également développés dans des milieux marins ou continentaux (sols) extrêmement riches en méthane (CH<sub>4</sub>) et le font encore aujourd'hui.



L'échelle des temps géologiques: Credit line : Artwork by Ray Troll, copyright 2017 (voir également: <http://www.stratigraphy.org/index.php/ics-chart-timescale>)

Finalement, comme mentionné dans mon article cité ci-dessus, **la Terre avec ses 400 ppm de CO<sub>2</sub> atmosphérique actuel n'a jamais connu une concentration en ce gaz si basse excepté pendant une 'courte' période d'une partie du Carbonifère et du Permien**. La Terre a commencé à se refroidir graduellement à partir de l'Eocène (56 Ma), époque durant laquelle la température était 6 à 7 °C plus

élevée qu'aujourd'hui, les glaces de l'Antarctique forment un inlandsis à la fin de l'Eocène (à environ 34 Ma) et celles de l'Arctique plus tard il y a 2,6 Ma, s'en suit alors 'l'âge glaciaire' marqué par des successions de périodes glaciaires et interglaciaires, dont la dernière est l'actuelle débutant il y 11 500 années avec l'Holocène. Pour ne parler que de cette période géologiquement récente du Cénozoïque (avec l'Eocène mentionné ci-dessus), on voit que la Terre est passée d'un climat chaud à un climat froid à cette échelle temporelle. **Il n'est pas question de réfuter un léger réchauffement actuel, mais non seulement il est minime (0,6°C entre 1975 et 1998), mais il est encadré de périodes de diminution de la température de même amplitude (1880-1910 et 1940-1975) [6].** Pour être complet mentionnons que la Terre ne se réchauffe plus depuis presque 20 ans, comme si elle avait atteint un plateau, un palier assimilé dans la littérature à une 'pause' qui met à mal le 'fameux consensus' qui représente la 'vérité officielle' martelée sans cesse par le GIEC [7], à savoir 'la Terre ne cesse de se réchauffer'. Cette pause n'avait jamais été prévue dans les très nombreux modèles du GIEC, ce dernier l'a d'ailleurs d'abord ignorée, il a ensuite invoqué des dizaines d'explications (souvent farfelues) sans jamais pouvoir en démontrer une seule, avant de la reconnaître, car pour une fois ce sont les observations (relevés de températures) qui ont pris le dessus. Kevin Trenberth, un climatologue du GIEC déclarait déjà en 2009 « *le fait est que pour l'instant, nous ne pouvons pas expliquer le manque de réchauffement observé depuis plus de 10 ans* »[8]. C'est toujours le cas aujourd'hui en 2018. **Enfin nous verrons que contrairement à ce qui est affirmé la contribution du CO<sub>2</sub> anthropique n'est que de quelques pourcents seulement.** Oui la Terre est bien soumise depuis sa formation aux variations climatiques, elles sont naturelles et n'ont jamais empêché les processus de la vie de se poursuivre....

## 1.2. Rien n'est figé ... tout fluctue sans cesse

Non seulement la Terre a connu d'importants bouleversements de la composition chimique de son atmosphère, mais également de bien d'autres de ses paramètres. Par exemple le niveau marin au Crétacé Supérieur était de 250 à 350 m plus élevé qu'aujourd'hui [9] suite à une activité tectonique particulièrement intense des rides médio-océaniques résultat de la dislocation du supercontinent Pangée [10]. Au total au moins six supercontinents se sont succédés depuis environ 2,5 Ga ce qui souligne bien le caractère sans cesse changeant de notre Planète. Le niveau marin ne reste donc jamais stable à l'échelle des temps géologiques, il fut très élevé au Crétacé Supérieur et son augmentation fut lente s'étendant sur des dizaines de millions d'années, par contre, il changea plus rapidement avec des fluctuations de plus de 100 m d'amplitude totale lors de la période récente marquée par la succession des âges glaciaires et interglaciaires : par exemple au cours du dernier épisode interglaciaire il y a environ 120 000 ans BP [11] (de 132 000 à 110 000 ans BP), connu en Europe sous le nom d'Eémien, le niveau marin était élevé de 5 m par rapport à l'actuel (d'après les données de terrain, ou de 2,2 m à 3,4 m suivant les modélisations) avant de diminuer pendant près de 100 000 ans, d'environ 140 m en plusieurs étapes lors de la dernière période glaciaire [12]. Cette succession des âges glaciaires et interglaciaires est liée aux variations des paramètres astronomiques de la Terre ('cycles de Milankovic [13]) qui opèrent de différentes façons depuis que notre Planète existe. Depuis la formation des premiers océans il y a plus de 4 Ga, les fluctuations du niveau marin d'amplitudes très diverses sont la règle en géologie[14], elles sont bien documentées et le plus souvent les processus à leurs origines bien compris (tectoniques, cycles de Milankovic ou autres). D'une façon générale, le niveau marin a presque toujours été plus élevé que l'actuel depuis la formation de la Terre, du moins depuis le début du Phanérozoïque (il y a 541 Ma), car les reconstitutions au cours du Précambrien sont plus incertaines, faute de données fiables (effacées au cours des orogènes successifs).

Mentionnons également des changements de tous types, tout au long de la longue histoire de la Terre avec notamment les variations du champ magnétique, ce dernier non seulement fluctue mais

aussi s'inverse, le pôle sud magnétique devenant le pôle nord magnétique sans aucune cyclicité évidente. Pour prendre la période récente, notons que le champ magnétique nord actuel l'est depuis 780 000 ans, son intensité a diminué de 10% depuis 150 ans et on estime qu'il faut plus de 90% de fluctuation (ici diminution) pour que le champ magnétique s'inverse (à nouveau), donc si le processus se poursuit il s'inversera dans environ 1000 ans [15]. Les variations du champ magnétique terrestre sont bien connues depuis le Mésozoïque (il y a 251 Ma) et moins bien avant. Les inversions peuvent être très brèves, de l'ordre de quelques milliers d'années. D'autres paramètres majeurs de la Terre ont également changé, citons par exemple la température des océans qui était de +70°C au début de l'Archéen (vers 4 Ga) puis des températures comprises entre 20 et 30 °C à la fin du Protérozoïque (541 Ma). Il en va de même avec la salinité des océans au cours des temps géologiques qui était 1,6 à 2 fois supérieure à la salinité actuelle [16]. Idem avec le taux d'oxygène dans l'atmosphère qui a connu des variations de 1 à 1000 ou plus depuis le Précambrien [17]. A nouveau ces modifications drastiques des conditions opérant sur la Terre n'ont pas empêché la vie de se poursuivre, voire même de se diversifier [18].

**Tous ces changements et bien d'autres, tout aussi drastiques, nous montrent que la Terre ne connaît pas de période de stabilité à l'échelle géologique, et que la pérennisation de la vie y trouve plus que probablement son compte,** puisque les extinctions majeures (dites 'de masse') et mineures (qui ne le sont sans doute pas tant que cela) ont été suivies chaque fois d'un renouvellement des écosystèmes (faunes, flores, microbes, Fungi) s'appropriant toutes les nouvelles niches écologiques disponibles. **La Terre n'a donc cessé de s'accommoder de bouleversements à toutes les échelles spatio-temporelles, et ce depuis plusieurs milliards d'années.**

### 1.3. L' action de l'Homme

Se pose alors la place et surtout l'action de l'Homme, qui fait tant de débats dans les médias aujourd'hui. Bien que notre long terme soit lié à celui de notre planète (vouée à disparaître dans quelques milliards d'années) à moins que nous nous installions ailleurs, nous n'avons pas d'autre choix que de nous intéresser au court terme de l'humanité, soit dans l'immédiat à nos générations et celles qui vont nous suivre, soit dans un lointain avenir, par exemple, au terme de ce nouveau millénaire entamé en 2001. Aujourd'hui l'Homme est devenu un agent géologique à part entière, il déplace et transporte autant ou plus de matériaux que ne charrient les fleuves [19], il modifie par ses activités industrielles la composition chimique de nombreux sites naturels, il perturbe la plupart des écosystèmes agissant directement ou non sur presque tous les organismes depuis les plus petits (micro-organismes) jusqu'aux plus grands. Force est de constater que ces modifications importantes ne mettent pas en péril la planète en tant que telle, ni même l'humanité quelle que soit l'horizon envisagé. Force est aussi de constater qu'à ces effets discutés, considérés comme négatifs pour certains, d'autres effets, cette fois-ci positifs, sont sans conteste au rendez-vous, comme par exemple l'espérance de vie qui partout augmente, les famines qui ne sont plus une fatalité (elles sont aujourd'hui liées aux guerres) et un confort de vie jamais égalé. Bien entendu cela ne concerne pas toute la population terrienne, mais la situation actuelle ne peut se comparer à celle qui prévalait il y a à peine quelques siècles. L'action de l'Homme s'accompagne également de pollutions diverses, le remède n'est pas la Nature, mais réside uniquement dans nos comportements, *in fine* résultat de l'Education. Ce point rejoint d'une manière générale la politique au sens large et n'a rien à voir avec la climatologie. **Evitons justement les amalgames entre climat et pollution qui sont légion dans la presse.**

#### 1.4. Alors en quoi aujourd'hui l'Homme menace t'il sa survie, à défaut de celle de la Terre ?

Il suffit d'ouvrir un journal, de parcourir une librairie, d'écouter la radio, la télévision, les hommes politiques, les médias ... les scientifiques (heureusement pas tous), et même l'Eglise, pour se rendre compte que le climat, ici le '*réchauffement climatique*' selon tous ces intervenants nous mène, par notre faute, dans le mur. Ne parle-t-on pas de '*réfugiés climatiques*', de situations catastrophiques dans presque tous les domaines depuis la fonte des glaces jusqu'à une submersion jamais vue en passant par des ouragans toujours plus nombreux et plus puissants. Le climat a bon dos et serait à même d'expliquer presque tout depuis l'anodin jusqu'au global[20]. L'alarmisme est omniprésent, est-il justifié? On peut sérieusement en douter à force de voir toutes les prédictions démenties [21.]

#### 1.5. Y a t'il un coupable ?

A qui la faute donc ? Le responsable numéro 1 est bien connu et il n'est pas un seul jour où il est pointé du doigt : il s'agit bien sûr du CO<sub>2</sub> dont la teneur '*explose*' selon le terme consacré par les médias, il ne cesse donc de croître à une échelle temporelle considérée comme jamais vue, et cette augmentation est presque entièrement attribuée aux activités anthropiques. Ces deux dernières assertions ne sont pourtant pas démontrées et font justement le jeu des médias au sens large. De plus, selon ces acteurs, c'est ce CO<sub>2</sub> qui est responsable de l'augmentation de température observée, alors que rien n'est non plus prouvé dans ce domaine, **puisque l'augmentation de CO<sub>2</sub> suit l'augmentation de température à différentes échelles temporelles [22]. Il y a confusion entre cause(s) et effet(s). Ce point crucial n'est pratiquement jamais repris par les médias scientifiques ou non.** De plus l'histoire toute récente de la Terre nous a montré qu'une succession de périodes chaudes, équivalentes à l'actuelle, a eu lieu sans la moindre contribution de CO<sub>2</sub> anthropique, avec les '*optima climatiques*' (voir ci-dessous). Alors nous ment-on ? *a minima* par omission..., ou plus probablement sciemment, comme le suggère dès 1938 la sélection des données des concentrations de CO<sub>2</sub> par Callendar, ingénieur anglais et météorologue amateur, qui écarta les valeurs anciennes trop élevées et les valeurs récentes trop basses afin de ne retenir que celles qui montraient le mieux une augmentation de la température entre les années 1860 et 1960 [23]. Ici la machine du '*réchauffement anthropique*' est lancée et la fameuse *courbe en hockey* de Mann et al. (1998) (qui s'est révélée fautive par la suite, cf. ci-dessus) va parachever la '*démonstration*'...

Tout ceci devrait inciter les scientifiques à une extrême prudence avant de conclure [24]. D'autant plus que malgré des émissions de CO<sub>2</sub> qui ont triplé depuis ces dernières 50 années par rapport aux années précédentes, force est de constater que la température ne bouge presque plus, reste calée sur un plateau, représentant ce qu'il est convenu d'appeler dans la littérature '*le hiatus de réchauffement*' [25] mettant en friche le *fameux consensus* sur le réchauffement. Le tableau d'ensemble montre pourtant que nous ne vivons pas un épisode climatique si remarquable en regard d'une histoire dont l'échelle minimale est celle des siècles ou des millénaires.

Tous ces préliminaires où vérités et contre-vérités s'amalgament sont loin de valider la célèbre phrase d'Al Gore '*the science is settled*' ou bien les rapports du GIEC dont les conclusions ne sont pratiquement jamais vérifiées, **c'est d'ailleurs Al Gore (et le GIEC) qui en 2007, lorsqu'il reçut le Prix Nobel de la Paix a annoncé que dans 10 ans toute la glace arctique aurait disparu, et sans doute même, avant en 2013 [26].**

Puisqu'un des points centraux de la discussion porte sur le taux de CO<sub>2</sub> et sa vitesse d'augmentation à nos échelles humaines et annuelles, voyons ce qu'il en est réellement par rapport aux enregistrements géologiques. Pour cela on ne peut considérer que les périodes les plus récentes car la précision temporelle dans les séries géologiques est des plus mauvaises pour le problème qui nous occupe, elle est de plusieurs dizaines de milliers d'années dans le Cénozoïque, ensuite de plusieurs centaines de milliers d'années et plus encore en remontant le temps. Heureusement quelques études sur des périodes récentes apportent des informations précieuses. En 2002 une étude [27] consacrée à l'événement de refroidissement d'il y a 8200 ans B.P. a montré à partir de l'analyse des stomates [28] dans des feuilles préservées dans un lac danois que la région de l'Atlantique Nord a subi un refroidissement important entre 8400 et 8100 ans BP, entrecoupé de légers réchauffements, avec au total un déclin du CO<sub>2</sub> de 25 ppm sur moins de 100 années, soit au minimum 0,25 ppm/an. Dans le détail cette évolution est accompagnée de plusieurs fluctuations, certaines ont pu être datées par le C14, **et on a ainsi une augmentation de la teneur en CO<sub>2</sub> de 35 ppm en 40 ans (de 8680-8640 ans BP) et de 33 ppm en 34 ans (de 7584-7550 BP), soit près de 1 ppm/an ce qui est l'ordre de grandeur de taux d'accroissement actuel du CO<sub>2</sub> atmosphérique. Les auteurs de cette étude concluent que *'the exact phase relationship between changes in temperature and CO<sub>2</sub> cannot be determined yet'* et que la température a fluctué dans une fourchette de 1 à 5°C.** Notons également que cette étude détaillée à partir des stomates a mis en évidence des teneurs de CO<sub>2</sub> jusqu'à 326 ppm alors que l'analyse classique des glaces antarctiques (à partir des bulles de gaz) de cette même période, non seulement ne met pas en évidence les nombreuses fluctuations reportées ici, mais donnent des teneurs en CO<sub>2</sub> toujours plus basses (< 265 ppm). Bien que concernant l'hémisphère nord cette étude montre donc que des fluctuations relativement significatives de la teneur en CO<sub>2</sub> peuvent se produire suivant des durées de quelques siècles ou de quelques dizaines d'années. Enfin, au vu de l'absence de variations significatives dans l'Antarctique, les auteurs s'interrogent sur la fiabilité des études pour la reconstitution du CO<sub>2</sub> atmosphérique à partir des bulles de gaz.

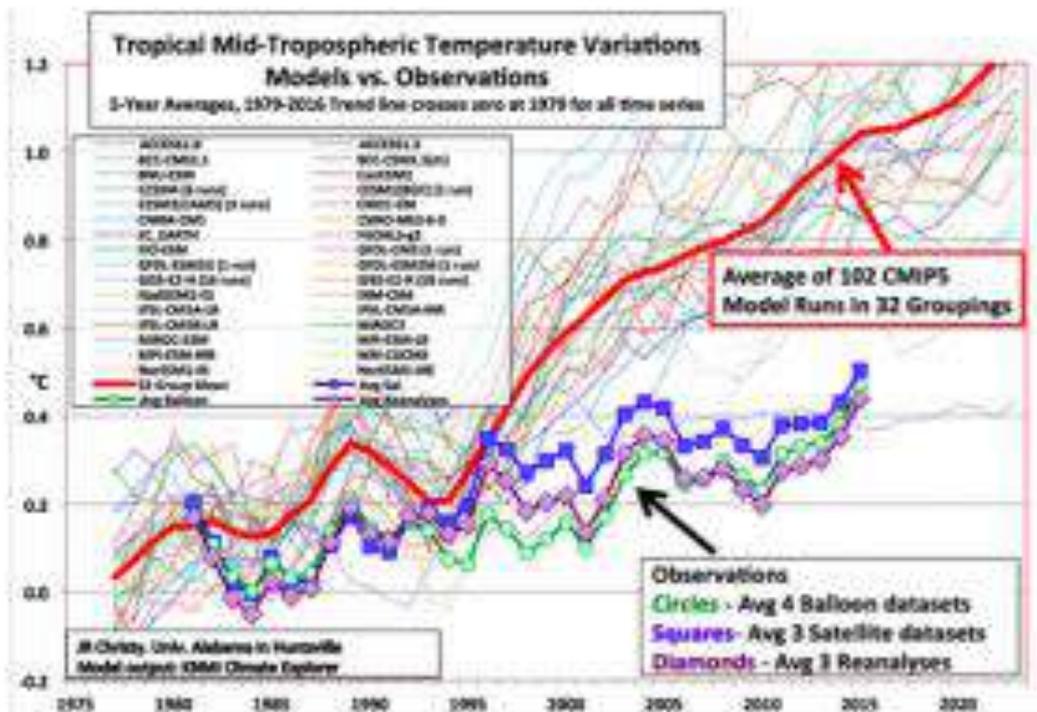
### 1.6. Quid de la température ?

La température peut donc fluctuer sur des échelles de temps très courtes. Prenons la période du dernier glaciaire (de 117 000 à 21 000 BP) fort étudiée et qui est caractérisée par des variations climatiques brutales surtout dans l'hémisphère Nord, marquée par la succession de plus de 20 stades froids et d'interstades chauds [29] avec chaque fois un cycle long et un cycle court. **Le cycle court (ou cycle de Dansgaard-Oeschler d'environ 1500 années) enregistre un réchauffement brutal de 8 à 10°C en quelques dizaines d'années seulement, soit à l'échelle d'une vie humaine.** Ce réchauffement est suivi d'un refroidissement généralement plus lent, de plusieurs degrés (de 2 à 8°C) sur quelques centaines d'années (200 à 800 ans) suivant les cycles. Notons que les augmentations de température sont décalées entre les deux hémisphères, débutant environ 220 ans en Antarctique pour chaque cycle. Ces augmentations fort importantes de température n'ont rien à voir avec le CO<sub>2</sub> (en encore moins avec un CO<sub>2</sub> anthropique inexistant à cette époque), et sont sans doute liées à la circulation thermohaline dans l'océan couplée notamment avec une réduction de la banquise [30]. D'autres cycles de variations de la température (événement de Heinrich, cycle de Bond) s'observent aussi dans cette période glaciaire et montrent à quel point la 'climatologie' de cette période pourtant bien documentée est complexe, et les processus à l'origine de ces variations loin d'être compris. En tous cas nul besoin ici d'invoquer le CO<sub>2</sub>...

Revenons à l'augmentation récente du taux de CO<sub>2</sub> atmosphérique. Il est donc d'environ 1,5 à 2 ppm par an. Si on met cet accroissement annuel en regard de la variation annuelle de température correspondante on n'observe aucune corrélation entre les grandeurs [31]. Si une corrélation était néanmoins présente elle serait différente de ce que les médias ont réussi à nous faire croire, en réalité l'augmentation de CO<sub>2</sub> atmosphérique suit celle de la température à différentes échelles

temporelles longues (plus d'un millier d'années) ou courtes (9 à 12 mois) [32]. De plus il est à noter qu'après le réchauffement modeste du siècle dernier, la température de la planète est à peu près stabilisée depuis bientôt vingt ans, malgré le triplement de nos émissions de CO<sub>2</sub> ces cinquante dernières années. Enfin si l'on compare les anomalies de température en fonction de la consommation mondiale d'hydrocarbures depuis 1850-1860 jusqu'à 2010-2015 [33][34], les deux courbes obtenues ne montrent aucune corrélation satisfaisante, mettant en doute une contribution significative du CO<sub>2</sub> anthropique dans le réchauffement. **Le réchauffement anthropique est bien entendu à prendre en considération mais est minimum, de l'ordre de quelques pourcents suivant des études sérieuses, par exemple 4,3% ou 5% [35].** Notons également qu'à force de marteler l'effet néfaste du CO<sub>2</sub> on en vient à oublier qu'une autre molécule, celle de l'eau (H<sub>2</sub>O) présente des variations 100 fois plus importantes variant naturellement dans l'atmosphère de 0 à 4% alors que le CO<sub>2</sub> présente aujourd'hui une concentration de 0,040% et de 0,028% à l'époque pré-industrielle.

Tout cela concerne la période actuelle focalisée sur le fameux CO<sub>2</sub> anthropique, tant médiatisé alors que même le GIEC commence du bout des lèvres à reconnaître que cette contribution anthropique n'est pas si importante. Depuis près de 20 années d'ailleurs il n'y a plus de réchauffement et plus d'une soixantaine d'explications ont été proposées par les tenants de l'alarmisme [36] démontrant par la même occasion la fausseté des modèles développés depuis 1998 par le GIEC [37] (111 des modèles sur 114 ont été contredits par les observations, c'est-à-dire par les mesures ou encore les faits [38]).



Comparaison de l'évolution des anomalies de température moyenne entre modèles climatiques et observations par ballons sondes et satellites pour la période 1979-2016. La courbe rouge représente la moyenne des modèles lissée sur 5 ans. Source : J.C. Christy, University of Alabama at Huntsville. Présenté ainsi au Sénat américain. In 'Les modèles surchauffent'.

Toutes ces simulations exagèrent très significativement le réchauffement [39]? pourtant le GIEC estime leur degré de confiance à plus de 95%. Pourquoi? D'abord car le GIEC utilise des méthodes linéaires ('détection-attribution') pour ses modèles alors qu'il faudrait utiliser des modèles 'd'identification des systèmes dynamiques complexes' [40][41] qui intègrent un contribution

chaotique qui est plus que probablement majeure [42], ensuite la sensibilité climatique a fortement été exagérée par le GIEC, un doublement de la teneur en CO<sub>2</sub> devrait en réalité amener à une augmentation de 0,5-0,7 °C [43] ou moins, et non entre 2 et 4,5°C [44], ce qui est loin d'être immédiat puisqu'en ajoutant chaque année 2 ppm dans l'atmosphère, le doublement aura lieu dans juste un peu plus de 200 ans, et ce même si tout le CO<sub>2</sub> injecté était strictement anthropique.

Finalement le GIEC a produit tellement de courbes différentes de l'évolution de la température, que celles-ci s'entremêlent et constituent '*un plat de spaghettis*', terme consacré aujourd'hui dans la littérature. Plus personne n'y voit clair et on peut se demander si tout cela est bien sérieux ?

D'autant plus que toute cette 'saga' autour de l'évolution de la température moyenne globale est partie de la courbe en hockey de Mann et al. (1998) dont il a été démontré [45] qu'elle était fautive de bien de points de vue, ce qui n'a pas empêché le GIEC de la diffuser, de s'en référencer etc. pour atteindre ses objectifs, cette courbe a finalement disparu avec le quatrième rapport.

### 1.7. Encore un peu de géologie (récente)...

D'ailleurs, sans nier le réchauffement (cependant minime de 0,7°C en 137 ans (entre 1880 et 2017), soit 0,0051°C/an avec des périodes à la fois d'augmentation et de diminution de la température annuelle moyenne il n'est pas besoin d'invoquer de CO<sub>2</sub> anthropique pour expliquer les nombreux optima climatiques : (i) limite Paléocène/Eocène ; (ii) Eocène inférieur ; (iii) Eocène moyen ; (iv) Eocène/Oligocène ; (v) Miocène moyen ; (vi) Pliocène moyen/Pliocène inférieur (vii) Holocène avec par exemple à la fin de l'événement Dryas ; (viii) Minoen (ix) Romain ; (x) Médiéval recensés au cours des temps géologiques récents (depuis le Cénozoïque) et historiques (depuis le Quaternaire). Notons que l'Optimum Médiéval (d'environ l'an 900 à 1300) qui est l'événement le plus chaud proche de la période actuelle ne figurait pas dans la courbe de Mann et al. (1998), car bien entendu trop gênante (période chaude sans CO<sub>2</sub> anthropique). De nombreux épisodes très chauds sont également connus au cours des temps pré-Cénozoïques, citons uniquement une augmentation de 10°C à la transition Permien/Trias (252 Ma) avec une atmosphère présentant des températures de +50 à +60°C pendant 5 millions d'années et des températures océaniques de surface de +40°C. L'océan Crétacé est à +37°C, bien au-dessus des températures océaniques actuelles au niveau de l'équateur. Ces événements d'augmentation brutale de la température terrestre (les refroidissements sont également connus dans l'histoire géologique) sont multifactoriels avec de nombreuses boucles de rétroactions encore mal connues. Les résolutions temporelles dans ces séries géologiques ne permettent pas à l'heure actuelle d'établir les boucles de rétroaction et de corréliser directement les concentrations en gaz (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, ... H<sub>2</sub>Ov) et la température, comme l'a par exemple bien démontré le forage de Vostok (Antarctique) avec, il y a 240.000 ans, l'augmentation du CO<sub>2</sub> atmosphérique qui a suivi de 800 ± 200 ans une augmentation de température [46]. La géologie nous montre ainsi qu'il y a d'autres processus qui interviennent, que le CO<sub>2</sub> est loin d'être le coupable idéal. Quels processus ? Forcément des processus naturels, parmi les plus crédibles, citons notamment la corrélation très forte entre les rayons cosmiques, l'irradiance solaire et la formation des nuages [47], les courants ionosphériques induits par les variations de l'activité solaire [48].

L'analyse détaillée des variations de température [49] montre qu'il n'y a pas eu un réchauffement régulier, continu depuis 1860, mais au contraire deux périodes d'augmentation (1860-1880, 1910-1945) séparées de deux périodes de refroidissement (1880-1901, 1945-1998) d'environ 0,15 à 0,16°C/décade. Ces fluctuations de températures moyennes globales de surface se corrélaient avec les changements du signe de la PDO Océan (Pacific Decadal Oscillation) et les changements de pente de l'AMO (Atlantic Multidecadal Oscillation) suggérant ainsi un cycle ou une sinusoïde d'environ 60 ans

(64 ans [50]) dont le sommet correspondrait à la fameuse pause. Nous sommes probablement sur un plateau de température élevée, et il n'est pas donc pas étonnant que les années dites les plus chaudes 'de mémoire d'homme' s'observent actuellement. Hélas cette frénésie à déceler chaque fois la nouvelle année la plus chaude suscite des raccourcis qui n'ont plus rien à voir avec la science : ainsi les climatologues de la NASA ont-ils affirmé en 2016 que l'année 2014 fut la plus chaude de 0,02°C par rapport à 2010. Le 0,02°C n'était bien entendu pas relayé dans les médias quels qu'ils soient, et encore moins le fait que la NASA estimait que cette affirmation était juste à 38%, et que la méthode de calcul comprenait une marge d'erreur de 0,1°C (la température de l'année la plus chaude est donc fautive à 62% sans parler de la marge d'erreur...). **En d'autres termes, l'erreur sur la mesure étant plus grande que la mesure elle-même, on ne peut absolument rien déduire de ces valeurs.** Ce type de 'désinformation' est régulier dans le monde des climatologues catalogués 'giecistes' : notons par exemple que dans son rapport de 1999 le GIEC estimait 'que l'année la plus chaude était 1934 dépassant de 0,6°C l'année 1998'. Ensuite sous prétexte de recalibrage des données satellitaires, le GIEC annonça en 2011 que l'année 1934 avait été moins chaude que 1998... De nombreux exemples interpellants sont repris dans le livre 'Climat : 15 Vérités qui dérangent' (cité ci-dessus) ainsi que dans de très nombreux ouvrages du même type, ou parfois dans la presse. De plus les phénomènes océaniques (El Nino, PDO, AMO etc.) sont présentés par le GIEC comme des causes alors que ce sont globalement des effets des fluctuations de la répartition de la chaleur océanique.

### 1.8. Que conclure ?

Finalement si le CO<sub>2</sub> continue de croître, d'environ 2 ppm/an, et ajoutera ainsi 166 ppm en 2100, l'augmentation de température par simple extrapolation (nous avons cependant vu qu'elle n'avait en réalité aucun fondement scientifique) serait de 0,2°C (à probablement moins si l'on tient compte de la courbe la sensibilité ou saturation CO<sub>2</sub>/température) sans grand impact. Le coût pour lutter contre cette augmentation si elle était anthropique a lui un fort impact, il est aujourd'hui de 19 milliards de dollars par jour (Banque Mondiale, 2015). L'Agence Internationale de l'Energie a estimé en 2013 le coût de la lutte contre le changement climatique à 45 trillions de dollars (= milliards de milliards ou 45<sup>^</sup>12\$) à raison de 19 milliards de dollars par jour. Tout cela, si le GIEC avait raison pour éviter une augmentation de 166 ppm de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère (à raison de 2 ppm/an) d'ici l'an 2100, ce qui représenterait par rapport à aujourd'hui une augmentation de la température d'environ 0,2°C (toujours suivant les 'modèles' du GIEC). Rappelons également que l'ensemble de la démarche actuelle est basé sur une température moyenne globale et annuelle de la Terre, qui pose elle aussi beaucoup de questions [51] non abordées ici (par exemple le problème des îlots urbains), notons par exemple que les extrêmes journaliers de températures peuvent varier d'environ 55°C (+53,7°C en Iran, 2017) à -90°C (-89,2°C en Antarctique, en 1983) sans parler des fortes ou très fortes variations de température sur une journée 24 heures en un lieu donné. La température est une grandeur intensive qui ne se combine pas par simple addition lorsque des systèmes sont réunis en un seul [52].

**Il est manifeste que la science est loin d'avoir été dite, que les 'médias' altèrent consciemment ou non les faits, que la climatologie en est à ses balbutiements et que le GIEC avec ses 20 000 experts a sans doute mis la charrue avant les bœufs en définissant, à sa création, son premier objectif comme étant 'de comprendre les fondements scientifiques des risques liés au changement climatique d'origine humaine'.** Les variations liées à des processus naturels ne sont donc pas prises en considération, pourtant on ne peut les négliger [53]. Autrement dit, reprenons la déclaration d'Al Gore, qui n'est pas un scientifique, loin s'en faut, qui déclara en 2007 devant le Congrès que '*la Science est dite*'... Donc Acte ?

*Nb : Depuis la parution de cet article, la relation CO<sub>2</sub> (dégazage au Paléocène/Eocène) et température a été 'décortiquée' et la libération du CO<sub>2</sub> fut liée à un réchauffement initié par une*

variation des paramètres astronomiques de la Terre ([ici](#)), le CO<sub>2</sub> a donc suivi l'augmentation de température d'au moins 1000 ans.

## Footnotes

- 1 ^ Pr at, A. 2016. Le changement climatique : la règle en géologie... Le taux de CO<sub>2</sub> atmosphérique n'a jamais été aussi faible qu'aujourd'hui et la relation température/teneur en CO<sub>2</sub> reste encore mal comprise. <http://www.science-climat-energie.be/climat-et-geologie/le-changement-climatique-la-regle-en-geologie/>
- 2 ^ Pr at, A. 2017. <https://www.notre-planete.info/actualites/4562-variation-CO2-temperatures-eres-geologiques>
- 3 ^ The Geological Time Scale: <http://www.stratigraphy.org/index.php/ics-chart-timescale>
- 4 ^ 1ppm = une partie pour un million, soit un millionième [https://fr.wikipedia.org/wiki/Partie\\_par\\_million](https://fr.wikipedia.org/wiki/Partie_par_million)
- 5 ^ Un procaryote est un organisme (bactérie, cyanophyc e) unicellulaire qui ne possède pas de noyau. L'ADN est circulaire, généralement unique et regroupé.
- 6 ^ <http://news.bbc.co.uk/2/hi/science/nature/8511670.stm>
- 7 ^ GIEC (IPCC) ou Groupe d'Experts Intergouvernemental du Climat, [http://www.ipcc.ch/home\\_languages\\_main\\_french.shtml](http://www.ipcc.ch/home_languages_main_french.shtml)
- 8 ^ [https://en.wikipedia.org/wiki/Kevin\\_E.\\_Trenberth](https://en.wikipedia.org/wiki/Kevin_E._Trenberth) et [https://en.wikipedia.org/wiki/Climatic\\_Research\\_Unit\\_email\\_controversy](https://en.wikipedia.org/wiki/Climatic_Research_Unit_email_controversy)
- 9 ^ par exemple, De Wever P. 1999. L'Europe au Mésozoïque. In Fröhlich F. & Schubnel H.L. ( d). Les âges de la Terre, Mus m National Histoire Naturelle  d., Paris, 6-69.
- 10 ^ Pr at, A. 2017. <https://www.notre-planete.info/actualites/4575-formation-supercontinents-pangee-Terre>
- 11 ^ BP pour 'Before Present' pour désigner les âges exprimés en nombre d'années compt es vers le passé à partir de l'année 1950 du calendrier grégorien, [https://fr.wikipedia.org/wiki/Avant\\_le\\_pr sent](https://fr.wikipedia.org/wiki/Avant_le_pr sent)
- 12 ^ Van Vliet-Lano  B., 2013. Cryosphère. Histoire et environnements de notre ère glaciaire. Vuibert, 405p.
- 13 ^ Ogg J.O. et al. 2016. A Concise Geologic Time Scale. Elsevier ISBN978-0-444-63771-0 and Gradstein F.M. et al., 2012. The Geologic Time Scale, Elsevier ISBN978-0-444-593900.
- 14 ^ Vail P.R. et al. 1977. Seismic stratigraphy and global changes of sea level. In Seismic stratigraphy. Application to hydrocarbon exploration, C.E. Payton ( d). American Association Petroleum Geologists, Memoir 26, 49-212.
- 15 ^ La Recherche, vol. 511, 2016. Terre, le champ magnétique va s'inverser. <http://www.larecherche.fr/parution/mensuel-511> et <http://www.lefigaro.fr/sciences/2012/08/24/01008-20120824ARTFIG00422-la-terre-va-t-elle-perdre-le-nord.php>
- 16 ^ Floriel et al. 2004. Biological control on Cl/Br and low sulfate concentration in a 3.5-Gyr-old seawater from North Pole, Western Australia. Earth Planet. Sci.-Review, 228, 451-463.
- 17 ^ Pr at, A. 2016. [https://www.notre-planete.info/actualites/actu\\_4467.php](https://www.notre-planete.info/actualites/actu_4467.php)
- 18 ^ Pr at, A. 2016. [https://www.notre-planete.info/actualites/actu\\_4510.php](https://www.notre-planete.info/actualites/actu_4510.php)
- 19 ^ Marshak S. 2010. Terre, portrait d'une planète. De Boeck, 833p. (hors annexes).
- 20 ^ Moreau J. 2017. Les épouvantables conséquences du changement climatique. <http://belgotopia.blogs.lalibre.be/archive/2017/06/02/les-epouvantables-consequences-du-changement-climatique-1158776.html>
- 21 ^ Javier, 2017. Some failed climate predictions, <https://wattsupwiththat.com/2017/10/30/some-failed-climate-predictions/>
- 22 ^ Gervais F. 2013. L'innocence du carbone. L'effet de serre remis en question. Albin Michel, 315p.
- 23 ^ Jaworowski, Z. 1997. Another global warming fraud exposed. Ice core data show no carbon dioxyd increase. 21st Century and Technology, Spring 1997, 42-52.
- 24 ^ François Gervais 2018. L'Urgence climatique est un leurre. L'Artilleur, 302p. ISBN 9-782810-008513
- 25 ^ par exemple <http://www.insu.cnrs.fr/node/5222>, <https://www.nature.com/articles/nclimate2531>, <https://mythesmanciesetmathe matiques.wordpress.com/2017/09/26/le-hiatus-pas-de-quoi-en-faire-un-fromage-ni-une-publi/>
- 26 ^ [https://en.wikipedia.org/wiki/Al\\_Gore](https://en.wikipedia.org/wiki/Al_Gore), <https://www.quora.com/Why-do-people-say-the-science-is-settled-when-it-comes-to-climate-change-Isnt-the-point-of-science-that-nothing-is-settled>
- 27 ^ Wagner, F. et al. 2002. Rapid atmospheric CO<sub>2</sub> changes associated with the 8,200-years-B.P. cooling event. PNAS, 99/19, 12011-12014, <http://www.pnas.org/content/99/19/12011.full.pdf>
- 28 ^ Un stomate est un orifice de petite taille présent dans l'épiderme des organes aériens des végétaux. Il permet les échanges gazeux entre la plante et l'air ambiant (O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>Ovap), <https://fr.wikipedia.org/wiki/Stomate>
- 29 ^ <https://judithcurry.com/2017/02/17/nature-unbound-ii-the-dansgaard-oeschger-cycle/> <http://www.co2science.org/articles/V6/N26/EDIT.php>
- 30 ^ Van Vliet-Lano  B. 2013. Cryosphère. Histoire et environnements de notre ère glaciaire. Vuibert, 405p.
- 31 ^ Gervais F. 2013. L'innocence du carbone. L'effet de serre remis en question. Albin Michel, 315p.
- 32 ^ Humlum, O., Solheim J.E., Stordahl, K. 2011. [Identifying natural contributions to late Holocene climate change](#). Global and Planetary Change, 79, 145-156
- 33 ^ Debeil A. et al. 2004. Climat : 15 Vérités qui dérangent. Textis, 270p. <https://www.amazon.fr/Climat-15-v%E9rit%E9s-qui-d%E9rangent/dp/2930650052>
- 34 ^ Boden T.A. & Andres R.J. 2015. Global, Regional, and National Fossil-Fuel CO<sub>2</sub>, Emissions, CDIAC [http://cdiac.ess-dive.lbl.gov/trends/emis/overview\\_2011.html](http://cdiac.ess-dive.lbl.gov/trends/emis/overview_2011.html) Egalement: <http://notrickszone.com/2017/03/26/new-literature-strongly-suggests-co2-residence-time-in-the-atmosphere-is-exaggerated/#sthash.emJIOfmJ.nPbaSQXG.dpbs>

- 35 ^ Harde H. 2017. Scrutinizing the carbon cycle and CO2 residence time in the atmosphere. Global and Planetary Change, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921818116304787>
- 36 ^ Updated list of 66 excuses for the 18-26 year 'pause' global warming, 2014. <http://hockeyschtick.blogspot.be/2014/11/updated-list-of-64-excuses-for-18-26.html>
- 37 ^ Climate Change 2014 : Synthesis Report (see p.43), Pachauri R.K. et al. 2014, <https://epic.awi.de/37530/>
- 38 ^ <https://www.climato-realistes.fr/incertitudes-sur-le-cycle-du-carbone/>
- 39 ^ Scafetta N. et al. 2017. Natural climate variability, part 1 : Observations versus the modeled predictions. Intern. J. of Heat and Technology, 35, S9-S17 ou [http://www.iieta.org/sites/default/files/Journals/IJHT/35.Sp01\\_02.pdf](http://www.iieta.org/sites/default/files/Journals/IJHT/35.Sp01_02.pdf)
- 40 ^ de Larminat S., 2019. Climat, et si la vérité (nous) rendait libre. Terra Mare, 153p. ISBN 9782918-677376.
- 41 ^ de Rougemont, 2017. Les modèles surchauffent. <http://blog.mr-int.ch/?p=4291>
- 42 ^ T. Mihailovic et al. 2014. Climate Predictions : The Chaos and Complexity in Climate Models. Advances in Meteorology, 2014, 14p. <https://www.hindawi.com/journals/amete/2014/878249/>
- 43 ^ Kissin Y.V. A Simple Alternative Model for the Estimation of the Carbon Dioxide Effect on the Earth's Energy Balance. Energy & Environment, <http://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1260/0958-305X.26.8.1319>, et S.E. Schwartz et al., 2014. Earth' Climate Sensivity : Apparent Inconsistencies in Recent Assessments, AGU Publication, <http://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1260/0958-305X.26.8.1319>
- 44 ^ Bilan 2007 des changements climatiques. Rapport de synthèse, Pachauri R.K. et al. [https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4\\_syr\\_fr.pdf](https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_fr.pdf)
- 45 ^ Wegman, E. et al. 2006. Ad hoc committee report on the 'hockey stick' global climate reconstruction. House Energy and Commerce Committee Republican (July 14), 92 pp. <https://www.uoguelph.ca/~rmckitri/research/WegmanReport.pdf>
- 46 ^ Caillon, N., Severinghaus, J.P., Jouzel, J., Barnola, J.-M., Kang, J. and Lipenkov, V.Y. 2003. Timing of atmospheric CO2 and Antarctic temperature changes across Termination III. Science **299**: 1728-1731. [Discussion, [CO2science](#)]. Egalement <http://joannenova.com.au/2009/12/carbon-rises-800-years-after-temperatures/>
- 47 ^ Carslaw K.S. et al. 2002. Cosmic Rays, Clouds, and Climate. Science 298, 1732. Egalement Svensmark H. et al. 2012. Effects of cosmic ray decreases on clouds microphysics. Atmosph. Chem. Phys. Discuss., 12, 3595-3617. <https://courses.seas.harvard.edu/climate/eli/Courses/global-change-debates/Sources/Cosmic-rays/more/even-more/cosmic-rays-and-clouds-Science-review-2002.pdf>
- 48 ^ Tinsley, B. A., and R. A. Heelis, 1993. Correlations of atmospheric dynamics with solar activity. evidence for a connection via the solar wind, atmospheric electricity, and cloud microphysics, J. Geophys. Research <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/93JD00627/full>
- 49 ^ <http://news.bbc.co.uk/2/hi/science/nature/8511670.stm>
- 50 ^ Wyatt M.G. et al., 2007. Atlantic Multidecadal Oscillation and Northern Hemisphere's climate variability. [http://88.167.97.19/temp/Atlantic%20Multidecadal%20Oscillation%20and%20Northern%20Hemisphere\\_s%20climate%20variability\\_WKT\\_poster.pdf](http://88.167.97.19/temp/Atlantic%20Multidecadal%20Oscillation%20and%20Northern%20Hemisphere_s%20climate%20variability_WKT_poster.pdf) Kravstov S. et al. 2014. Two contrasting views of multidecadal climate variability in the twentieth century. AGU Publication, Geophysical Research Letters <http://onlinelibrary.wiley.com/store/10.1002/2014GL061416/asset/grl52167.pdf?v=1&t=j9i7w0dp&s=e5b6565c1b99cb3b5e39d58581cd8c41eb6fee8>
- 51 ^ Essex, Ch. et al., 2006. Does a Global Temperature Exist ? Journal of non-equilibrium thermodynamics, 24p. <http://www.uoguelph.ca/~rmckitri/research/globaltemp/GlobTemp.JNET.pdf>
- 52 ^ Meynard F. 2011. La légende de l'effet de serre. Manuel de démystification des problèmes et faux problèmes climatiques. Favre, 268p. ISBN9782828-911584.
- 53 ^ Préat, A. 2017. [http://apreat.ovh/wp-content/uploads/2016/12/PREAT\\_climate\\_8dec2016.pdf](http://apreat.ovh/wp-content/uploads/2016/12/PREAT_climate_8dec2016.pdf)

## [2. Evolutions récentes du CO<sub>2</sub> atmosphérique \(1/4\)](#)

Mis en ligne SCE : 16.09.2018

Dans les années 80, la découverte dans les archives glaciaires d'une corrélation entre température et taux de CO<sub>2</sub> permet de soupçonner une influence anthropique sur le climat: les taux mesurés depuis 1958 étaient supérieurs aux taux des archives glaciaires.

L'IPPC (GIEC) fut créé en 1988 par 2 organismes: [United Nations Environment Programme \(UNEP\)](#) et [World Meteorological Organization \(WMO\)](#). Le GIEC attribue l'intégralité de la hausse du taux de CO<sub>2</sub> depuis un siècle à l'influence humaine. Pour les dernières décennies, nous examinerons ici les mesures disponibles, les corrélations CO<sub>2</sub> / température, enfin le modèle anthropique GIEC sera confronté à un modèle concurrent.

## 2.A. Mesures et ordres de grandeur

La composition de l'atmosphère terrestre est donnée dans le Tableau 1 (voir aussi [ici](#)). Lorsque les taux de gaz sont faibles, ils sont classiquement exprimés en ppm (1% = 10000 ppm), le ratio est en volume. Cette composition n'est pas si aisée à établir, par exemple pour l'eau, car celle-ci est extraordinairement variable à la surface de la terre, en altitude et au cours du temps, si bien que plusieurs milliers de mesures locales ne nous assurent pas d'avoir une valeur correcte pour son taux moyen dans l'atmosphère.

GAZ	Volume
Diazote N <sub>2</sub>	78,1%
Dioxygene O <sub>2</sub>	20,9%
Eau H <sub>2</sub> O	0,25% (0,1% à 2%)
Argon Ar	0,93000%
Dioxyde carbone CO <sub>2</sub>	0,04%
Néon Ne	0,002%
Hélium He	0,0005%
Methane CH <sub>4</sub>	0,0002%
Krypton Kr	0,0001%

**Table 1.** Composition de l'atmosphère.

### 2.A1. Mesures du taux de CO<sub>2</sub>.

Le taux de CO<sub>2</sub> est mesuré par des méthodes fiables depuis **1958** : on utilise l'absorption infra-rouge (IR) d'un échantillon d'atmosphère, en comparaison avec un échantillon témoin. L'échantillon d'atmosphère doit être préalablement asséché car la vapeur d'eau absorbe elle aussi en IR. Les observatoires, peu nombreux, mesurent aussi d'autres quantités comme le rapport isotopique entre carbone 12 et 13 du CO<sub>2</sub>. On utilise aussi des « proxies » permettant des « estimations » de ce taux dans le lointain passé. Un proxy est un indicateur indirect du taux et **n'est pas** une mesure du taux.

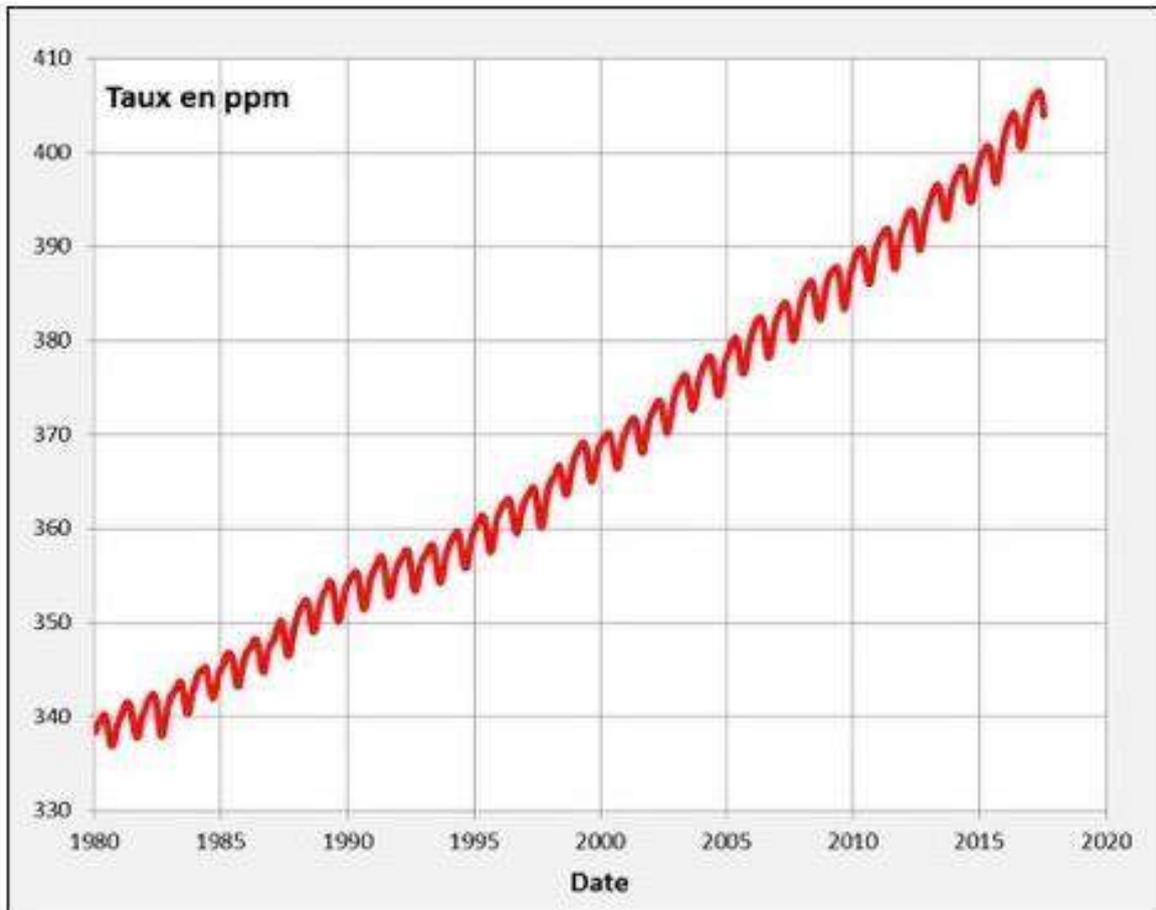
Trois types de sources pour le «Taux de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère» existent:

- Depuis 1958 (Mauna Loa et South Pôle ) à partir des [observatoires](#).
- Depuis 1850 à partir de titrage chimique ([compilation par Beck](#)).

- Divers proxies (archives glaciaires si < 1 million d'années et archives fossiles = stomates si >1 million années).

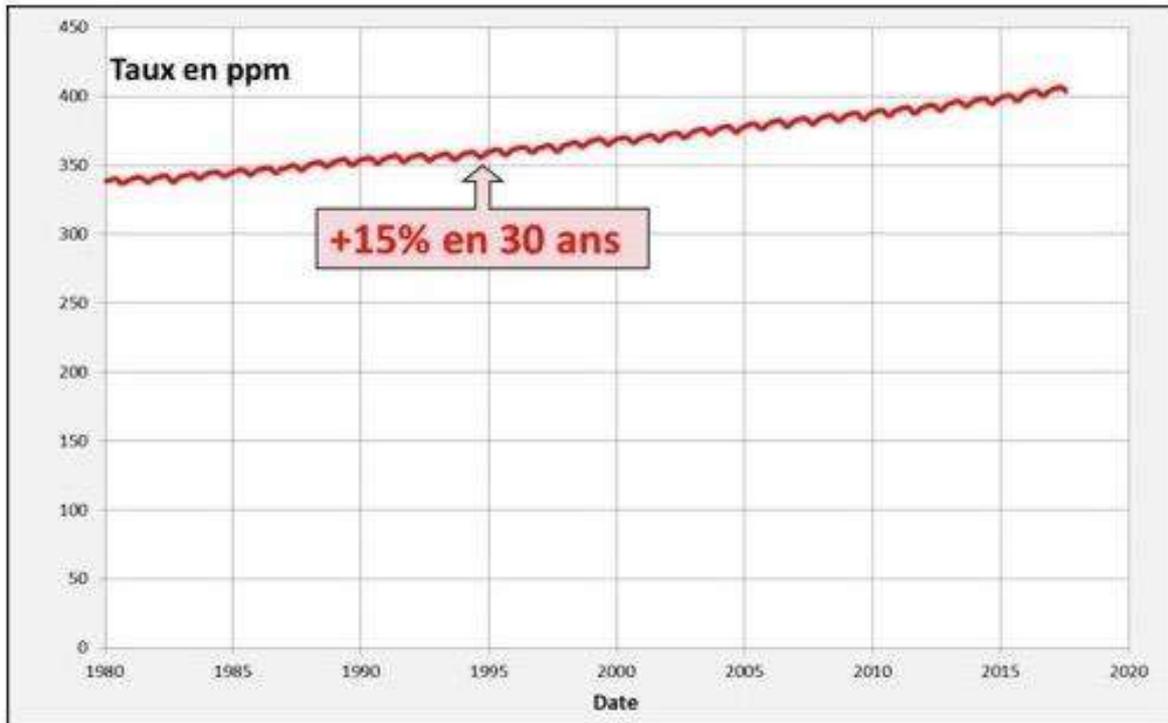
## 2.A2. Evolution récente du taux de CO<sub>2</sub>.

Usuellement une grandeur climatique est prise sur 30 ans. Selon les observatoires (1) nous avons les concentrations moyennes suivantes : 338 ppm en 1980 et 388 ppm en 2010 (30 ans) (Figure 1).



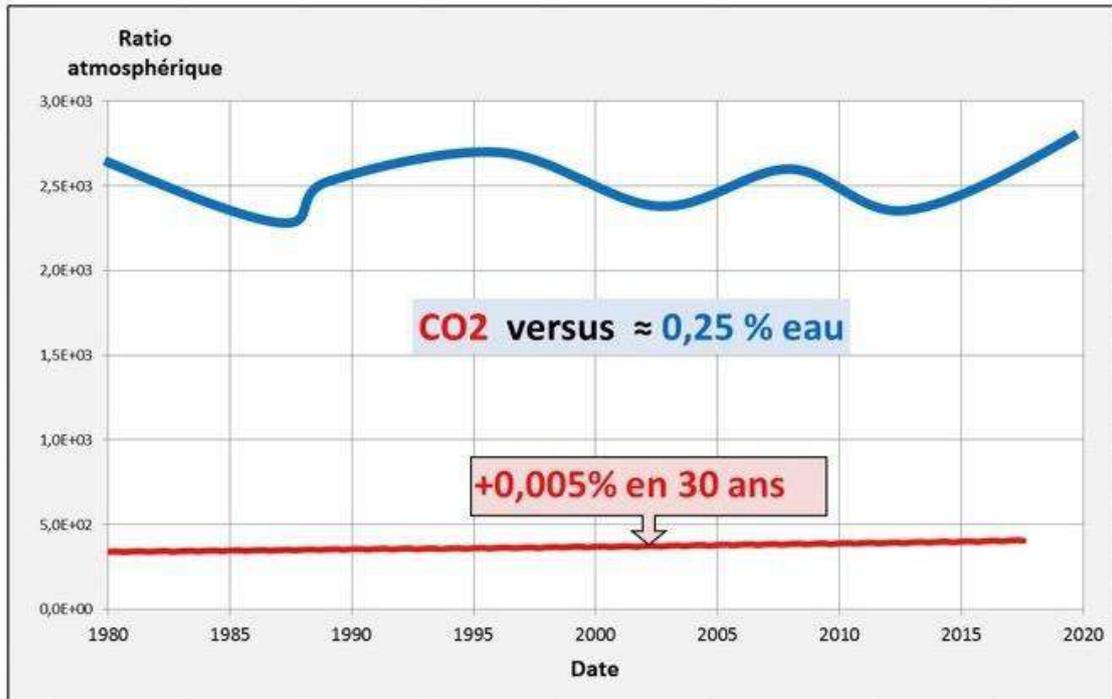
**Figure 1.** Représentation fréquemment utilisée pour l'évolution du taux de CO<sub>2</sub> depuis 1980. 1 ppm  $\approx$  7.8 Gigatonnes de CO<sub>2</sub>  $\approx$  2.12 Gt de Carbone. D'après ESRL NOAA (1) et (5).

La variation relative du taux de CO<sub>2</sub> est donc de  $388 - 338 = 50$  ppm soit  $50/338 = 0.15$  soit **+15% pour 1980-2010 (30 ans)** (Figure 2).



**Figure 2.** Représentation correcte de l'évolution du taux depuis 1980. D'après ESRL NOAA (1) et (5).

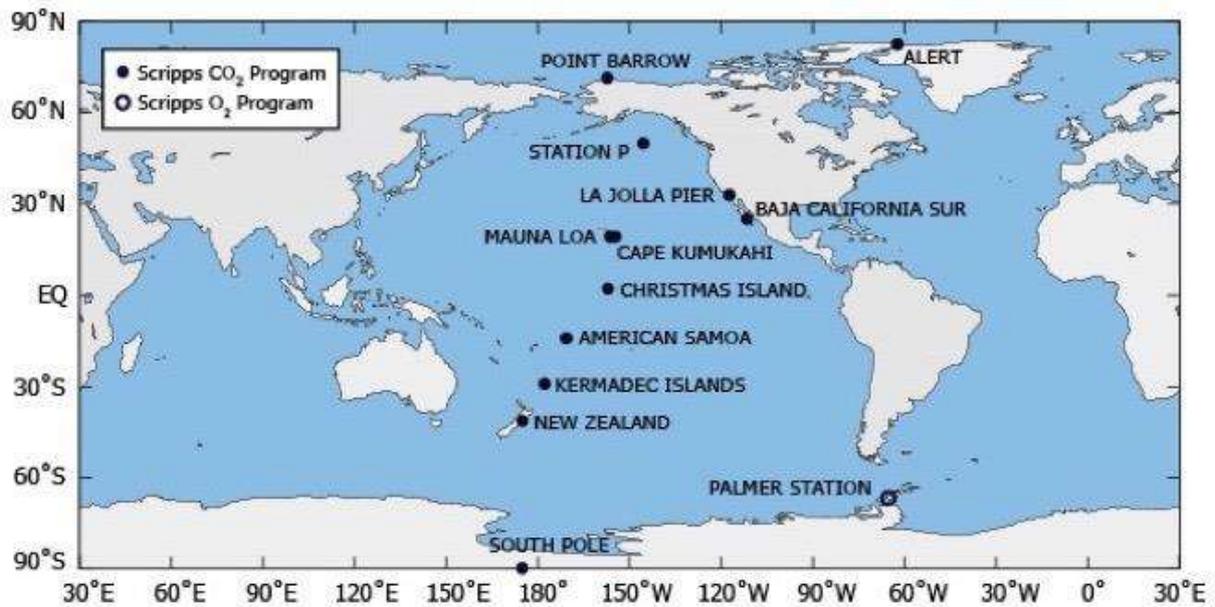
Pour l'atmosphère dans son ensemble, le taux de CO<sub>2</sub> passe de 0.00034 à 0.00039 soit un changement de 0.00005 = **0.005%** (Figure 3).



**Figure 3.** La courbe rouge donne le taux de CO<sub>2</sub>. La courbe bleue illustre le taux approximatif pour l'eau (H<sub>2</sub>O), un absorbant majeur d'infrarouges.

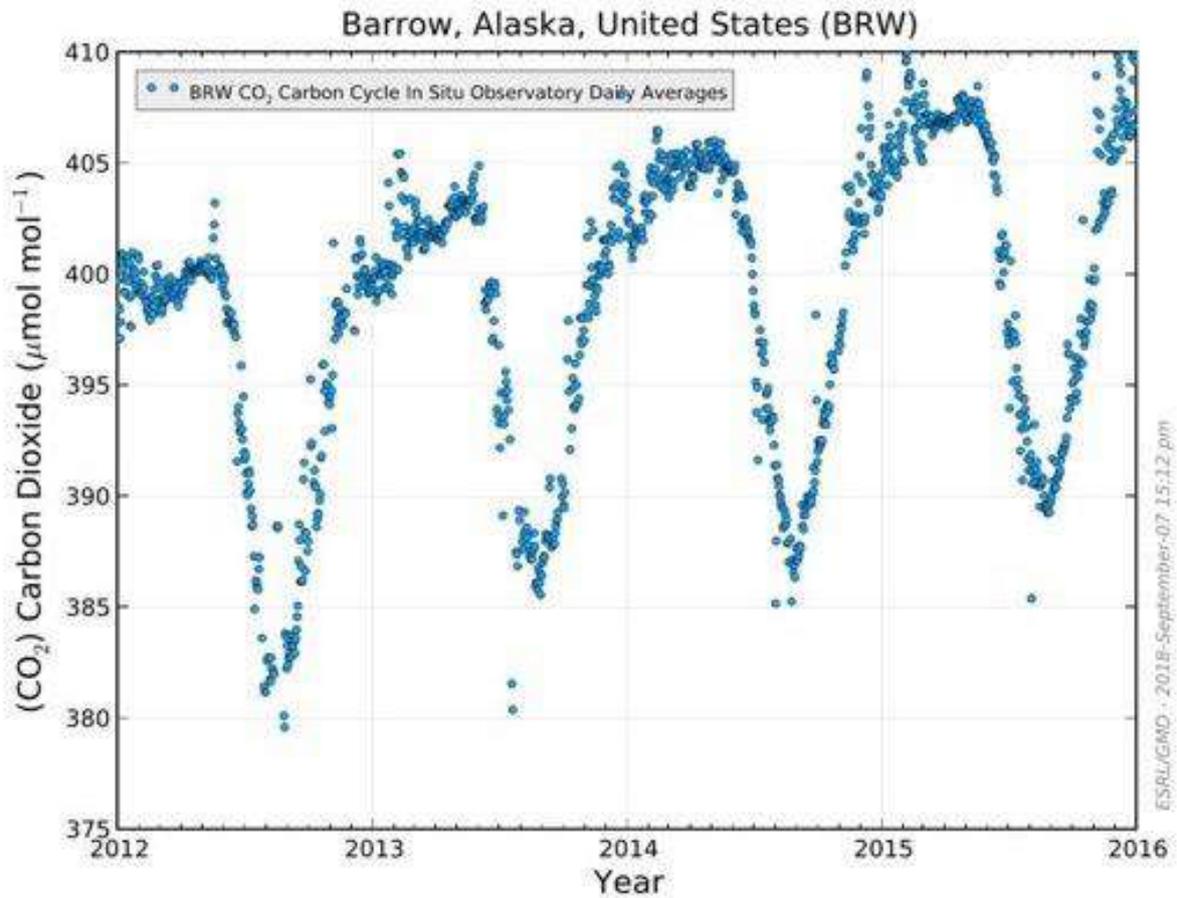
### 2.A3. Oscillations saisonnières du taux de CO<sub>2</sub>.

Le CO<sub>2</sub> est mesuré dans diverses stations sur la planète (Figure 4). Référence [ici](#).



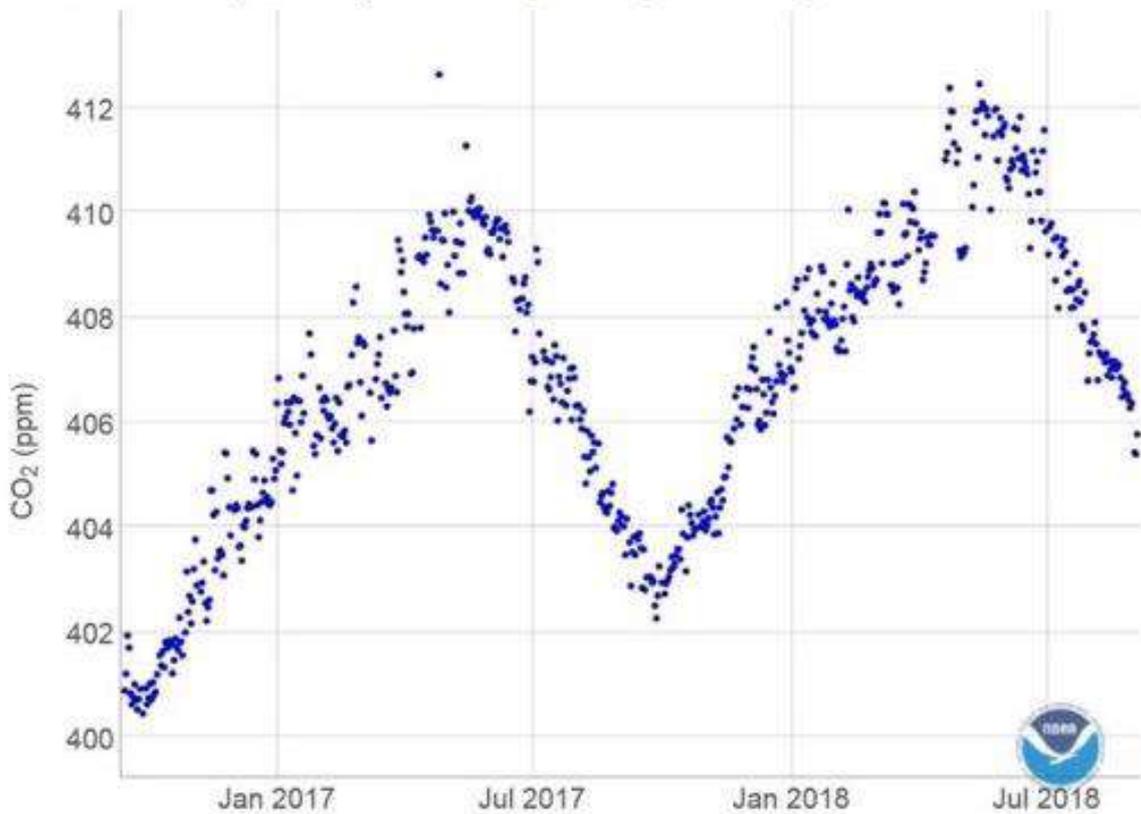
**Figure 4.** Les observatoires pour le CO<sub>2</sub>.

Le taux de CO<sub>2</sub> augmente et cette croissance est modulée par une oscillation saisonnière (Figures 5a et 5b). On constate que l'oscillation est plus forte au Nord (stations PTB, LJO, MLO). Le pôle Sud (SPO) n'a presque pas d'oscillations. Ces oscillations sont usuellement interprétées comme conséquence de la croissance végétale au printemps/été (absorption CO<sub>2</sub>), plus importante dans l'hémisphère Nord.



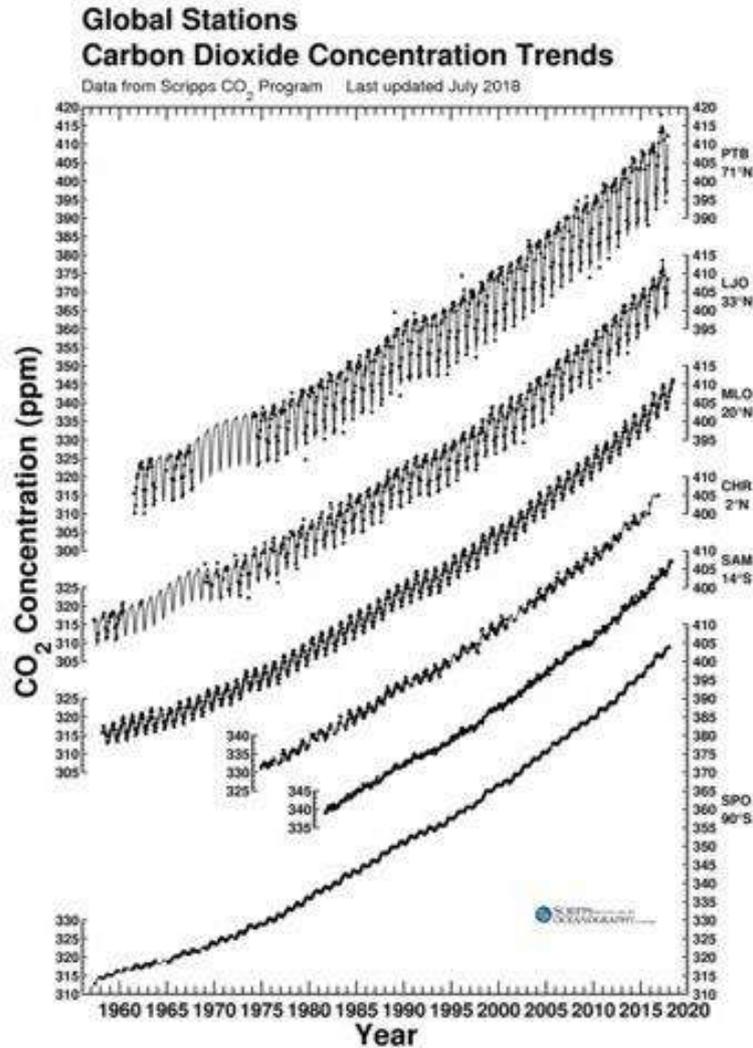
**Figure 5a.** Concentrations en CO<sub>2</sub> entre 2012 et 2016 à Point Barrow (PTB), Alaska. ESLR-NOAA.

Mauna Loa Daily, Monthly and Weekly Averages for two years



**Figure 5b.** Concentrations en CO<sub>2</sub> entre 2016 et 2018 à Mauna Loa (MLO), Hawaï. ESLR-NOAA.

L'amplitude annuelle des oscillations est plus grande en 2017 qu'au début des mesures (Figure 6). Pour Point Barrow (PTB) on passe d'une oscillation totale de  $\approx 12$  ppm en 1965 vers  $\approx 19$  ppm en 2015. Pour la Jolla (LJO), on passe de  $\approx 6$  ppm vers  $\approx 11$  ppm, pour Mauna Loa (MLO) on passe de  $\approx 5$  ppm vers  $\approx 9$  ppm. En 50 ans (1965-2015), les oscillations ont augmenté en moyenne de  $\approx +50\%$ , alors que le taux a augmenté de 315 ppm à 400 ppm ( $\approx 30\%$ ). L'absorption végétale aurait donc augmenté, un peu plus rapidement que le taux. Pour le taux moyen de CO<sub>2</sub>, les observatoires mesurent des valeurs très proches, cependant le taux de CO<sub>2</sub> dans l'hémisphère Nord est supérieur d'environ 2 ppm à celui de l'hémisphère Sud.



**Figure 6.** Mesures de CO<sub>2</sub> atmosphérique suivant divers observatoires. Courbes décalées pour une bonne lisibilité (Nord en haut, Sud en bas).

#### 2.A4. Rapports isotopiques du CO<sub>2</sub> atmosphérique.

Certains observatoires mesurent également le rapport isotopique (2) entre carbone 13 et carbone 12 du CO<sub>2</sub>. On espère ainsi distinguer l'origine du CO<sub>2</sub> (océan, végétation et combustibles fossiles n'ont pas le même rapport isotopique). La mesure utilise le spectromètre de masse et compare à une référence standard (PDB) pour laquelle :

$$\frac{^{13}\text{C}}{^{12}\text{C}} = 0.0112372 = 1.12372 \%$$

On donne le rapport isotopique relativement à cette référence PDB :

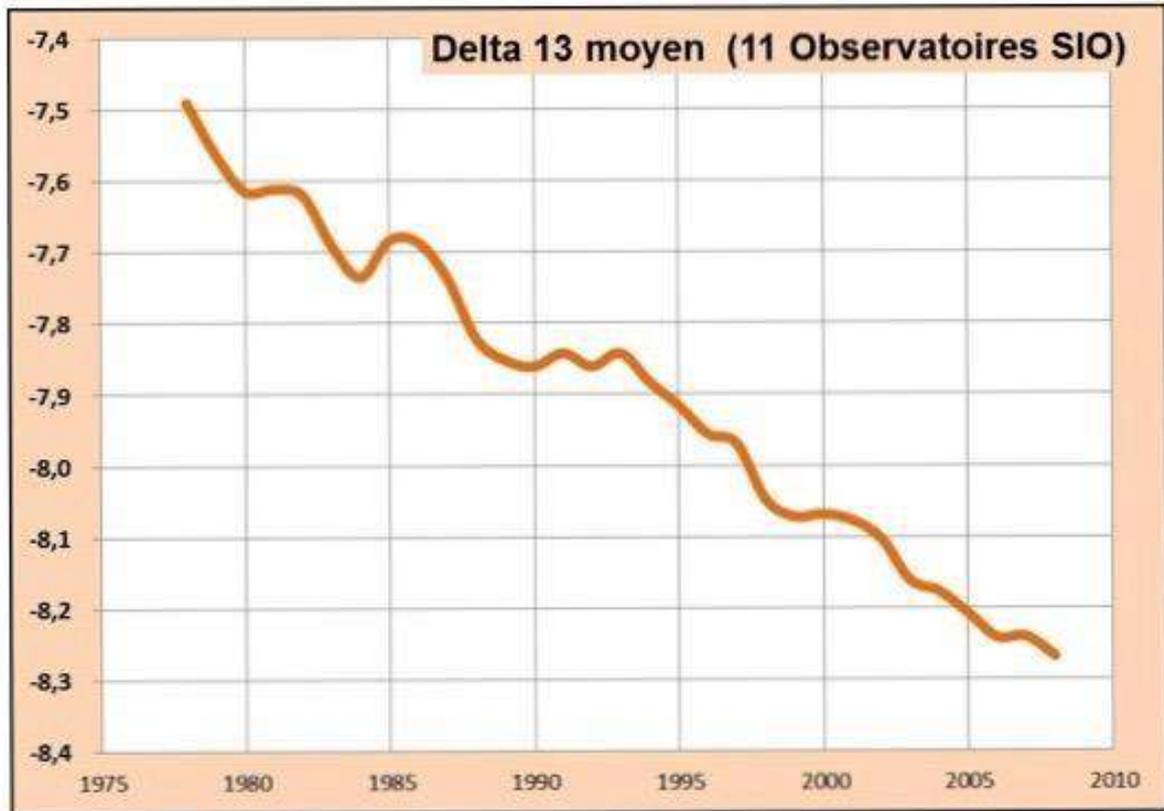
$$\delta^{13}\text{C} = 1000 * \left[ \frac{\frac{^{13}\text{C}}{^{12}\text{C}}}{0.0112372} - 1 \right]$$

Ainsi, pour le PDB :

$$\delta^{13}\text{C} = 0 \quad \longrightarrow \quad \frac{^{13}\text{C}}{^{12}\text{C}} = 1.12372 \%$$

$$\text{En 1980 : } \delta^{13}\text{C} = -7.6 \quad \longrightarrow \quad \frac{^{13}\text{C}}{^{12}\text{C}} = 1.1152 \%$$

$$\text{En 2010 : } \delta^{13}\text{C} = -8.3 \quad \longrightarrow \quad \frac{^{13}\text{C}}{^{12}\text{C}} = 1.1144 \%$$



**Figure 7.** Moyenne du delta <sup>13</sup>C pour 11 observatoires (5).  
L'atmosphère s'est donc enrichie en isotope <sup>12</sup>C (2).

L'atmosphère s'est donc enrichie en isotope <sup>12</sup>C (2) (Figure 7).

#### 2.A5. Entrées et sorties du CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère.

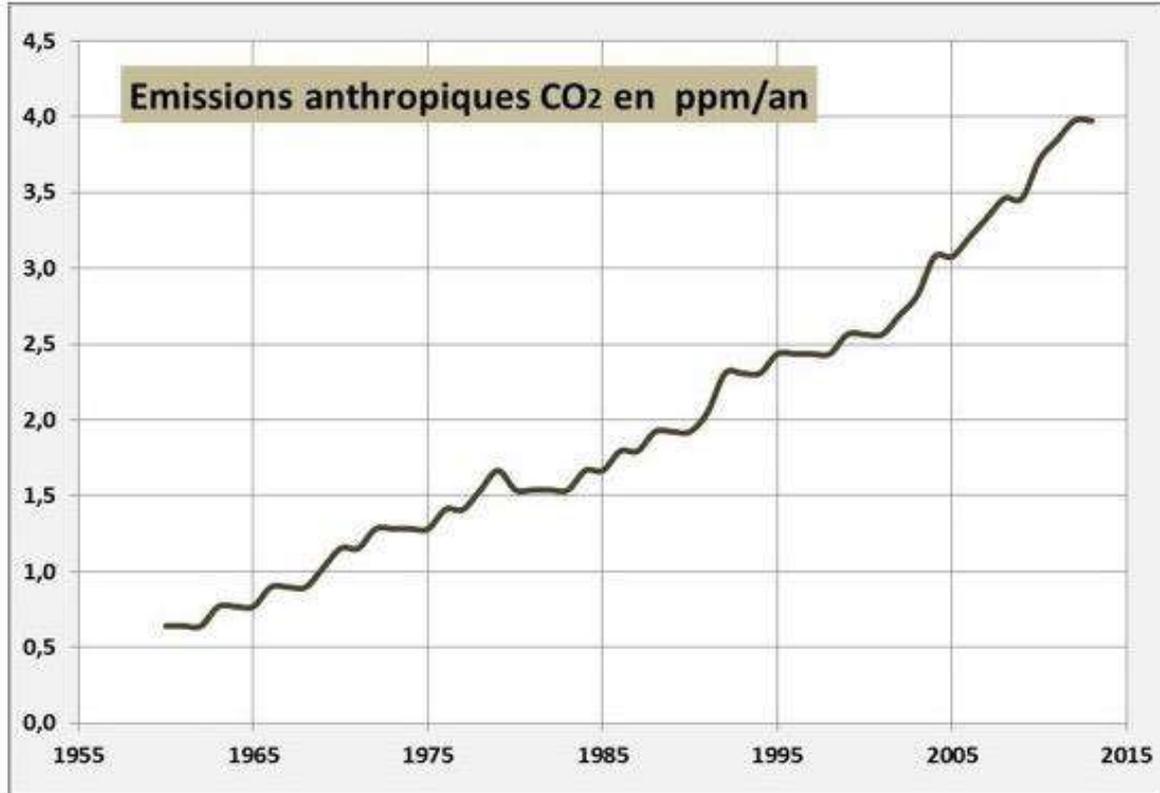
→La végétation en croissance absorbe le CO<sub>2</sub> atmosphérique, ce qui constitue une sortie pour l'atmosphère, la décomposition végétale constitue une entrée. Croissance et décomposition végétales sont très variables à la surface de la terre et au cours du temps, si bien que de nombreuses mesures locales ne nous assurent pas d'avoir les valeurs moyennes correctes.

→L'océan On estime qu'il contient environ 50 fois plus de CO<sub>2</sub> que l'atmosphère. La solubilité du CO<sub>2</sub> dans l'eau dépend de la température (pour la surface océanique elle varie de -1°C à 31 °C). Les échanges sont gouvernés par la différence de concentration locale eau/air et la vitesse du vent local. La surface d'échange est énorme (70% de la surface terrestre). La taille de l'océan et la variété des conditions locales ne permettent pas d'avoir des valeurs bien connues pour les entrées et sorties océaniques.

→Il existe d'autres entrées et sorties largement méconnues : La lithosphère réalise des échanges de CO<sub>2</sub>, probablement plus importants sous l'océan.

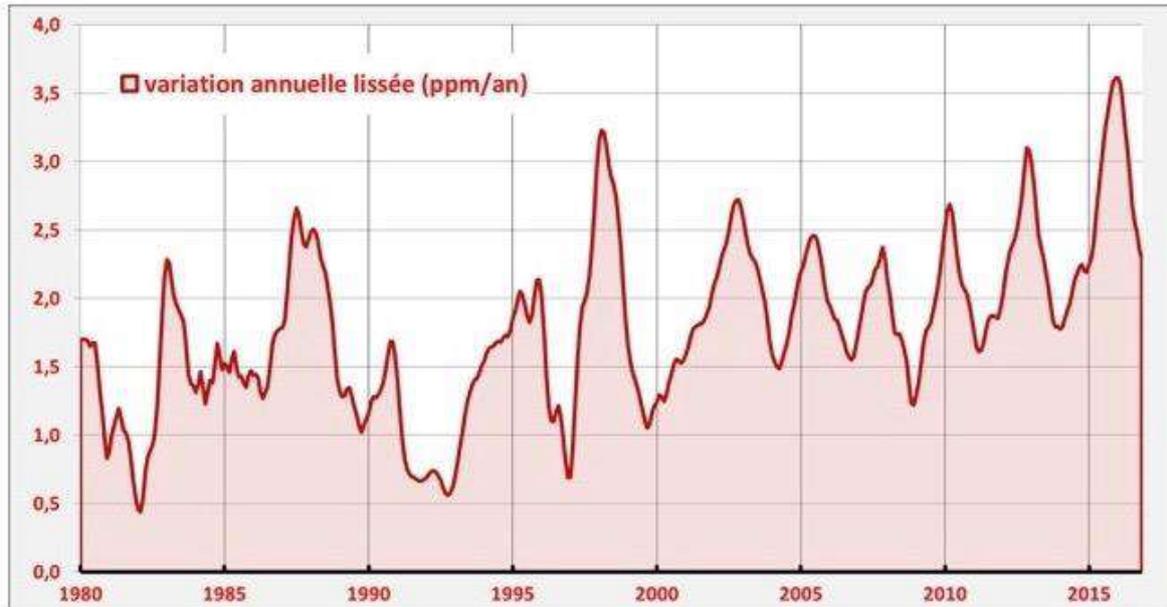
Le métabolisme des êtres vivants, particulièrement les micro-organismes, peut aussi réserver des surprises... (voir [ici](#)).

Une seule entrée (4) est réellement connue : l'homme émet **actuellement** 4 ppm/an. (Figure 8).



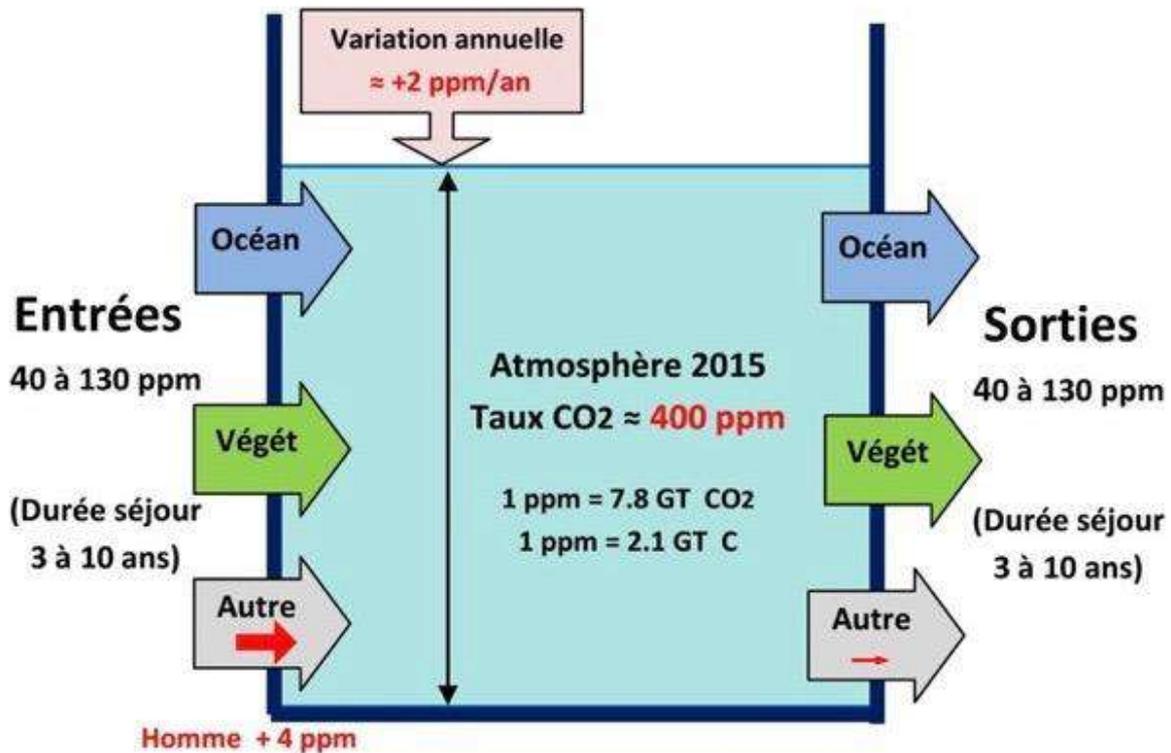
**Figure 8.** Emissions anthropiques de CO<sub>2</sub>. D'après CDIAC (4).

On peut tracer la variation annuelle du taux, c'est-à-dire la différence entre le taux mesuré l'année N et celui mesuré l'année N-1 (on s'affranchit ainsi des oscillations saisonnières). Cette variation est donc directement déduite des mesures de taux (1). Cette variation correspond aussi à la différence (entrées – sorties) pour l'année considérée (Figure 9).



**Figure 9.** La variation annuelle du taux de CO<sub>2</sub> est en moyenne de 2 ppm par an. Mais elle est irrégulière : seulement 0.6 ppm/an en 1992 contre 3 ppm/an en 1998 et 3.5 ppm/an en 2016 (1998 et 2016 sont 2 années avec un El Niño très fort).

On peut **estimer** le total des entrées ou sorties en utilisant la **durée de séjour** moyenne d'une molécule de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère (3). Cette durée est estimée à partir de la décroissance radioactive du Carbone 14 ou du Radon 222. Les estimations sont comprises entre 3 et 10 ans. Par exemple, si cette durée de séjour est de 3 ans, alors on renouvelle l'atmosphère par 1/3 chaque année et les entrées et sorties seront  $\approx 1/3$  du CO<sub>2</sub> atmosphérique soit  $400 \text{ ppm} / 3 \approx 130 \text{ ppm}$ . Une représentation ultra schématique pour l'atmosphère en 2015 est donnée à la Figure 10.



**Figure 10.** Schéma des entrées et sorties annuelles de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère (année 2015).

On utilise 3 entrée / sortie : « Océan », « végétation », « Autre » (on y englobe l'homme). Les seules valeurs connues du schéma sont en rouge : niveau 400 ppm, variation annuelle 2 ppm, apport anthropique 4 ppm. Les flèches « Autres » rappellent notre faible connaissance des échanges de CO<sub>2</sub>. Les estimations (3) de la durée de séjour sont comprises entre 3 et 10 ans, correspondant à des flux totaux annuels (entrée ou sortie) entre 40 et 130 ppm.

## 2.A6. Conclusions

- Le taux de CO<sub>2</sub> atmosphérique est passé de 338 ppm (1980) à 388 ppm (2010) soit **≈ +15% en 30 ans** (+30% pour 1965-2015). Le taux au Nord est supérieur (≈ 2 ppm) à celui du Sud. La hausse annuelle est irrégulière, elle est très forte lors des années El Niño.
- Il existe une modulation annuelle, très marquée au Nord. Interprétée comme conséquence de la croissance végétale, celle-ci aurait augmenté un peu plus vite que le taux de CO<sub>2</sub>.
- L'atmosphère s'est enrichie en carbone 12 (relativement au carbone 13) et le δ<sup>13</sup>C passe de **-7.6 en 1980** (338 ppm) à **-8.3 en 2010** (388 ppm).
- Les échanges de CO<sub>2</sub> avec l'atmosphère sont mal connus sauf l'apport anthropique (4/130 à 4/40 soit 3 % à 10% des échanges).

Références

1. Mesures du taux de CO<sub>2</sub> et variation annuelle ESRL NOAA [Earth System Research Laboratory](http://www.esrl.noaa.gov).
2. Rapport isotopique Carbon Dioxide Information Analysis Center iso-sio [CDIAC](http://cdiac.ornl.gov).
3. Durée de séjour du CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère Tom V. Segalstad <http://www.co2web.info/ESEF3VO2.pdf>. Une compilation suivant plusieurs auteurs : Sundquist, E.T. 1985: Geological perspectives on carbon dioxide and the carbon cycle.
4. Emissions anthropiques Fossil-Fuel CO<sub>2</sub> Emissions [CDIAC](http://cdiac.ornl.gov).
5. La feuille de calcul « [CO<sub>2</sub> Mesures](#) » met en forme ces données d'observations.

### 3. Evolutions récentes du CO<sub>2</sub> atmosphérique (2/4)

Mis en ligne SCE : 04.10.2018

#### 3. Partie B : Corrélations CO<sub>2</sub> versus « température »

Pour tenter de comprendre les évolutions récentes du CO<sub>2</sub> on va s'intéresser aux corrélations existantes. Lorsque deux grandeurs A et B sont corrélées, on peut envisager une relation de cause à effet: soit A est la cause de B, soit B est la cause de A (suivant l'antériorité entre A et B). Toutefois il reste aussi possible qu'une autre grandeur C soit la cause à la fois de A et de B. Pour le CO<sub>2</sub>, il existe 3 corrélations, deux sont basées sur les mesures récentes, la troisième utilise des indicateurs indirects = proxies.

##### 3. B.1 Corrélations récentes à partir de mesures directes

Elles sont établies à partir de mesures issues des observatoires pour la variation annuelle du CO<sub>2</sub> ou du δ<sup>13</sup>C, des satellites ou des stations météorologiques pour la « température » (la « température » est en réalité un indicateur de température, donnant un écart avec une référence proche de +15°C ou 288K). Cet indicateur de température ou anomalie n'est pas une température au sens de la température thermodynamique.

##### 3. B.1.1. Variation annuelle du taux de CO<sub>2</sub> versus « « température » »

Il existe une similitude entre « température » (Fig 1a) et variation annuelle du CO<sub>2</sub> (Fig 1b), bien visible lors des années El niño 1998 et 2016.

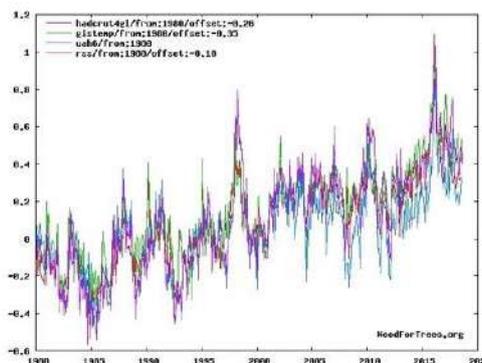
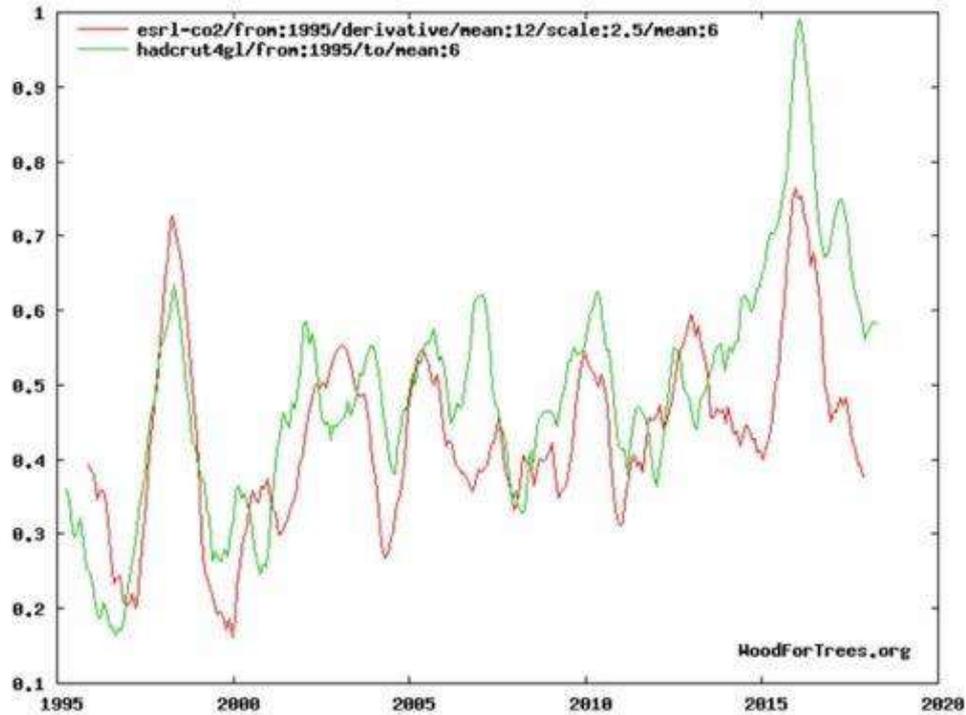


Figure 1a. « Température » terrestre suivant diverses institutions (1).

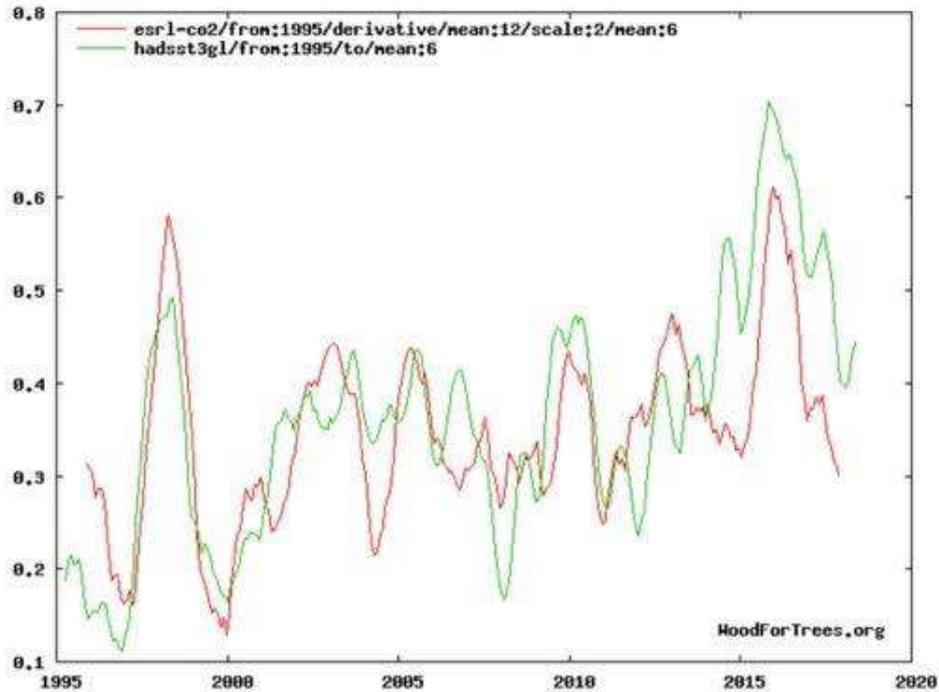


**Figure 1b.** Variation annuelle du taux de CO<sub>2</sub> d'après ESRL NOAA. Cette variation annuelle (ppm/an) est la différence du taux de CO<sub>2</sub> mesuré l'année N avec celui de l'année N-1. C'est aussi la différence sur l'année entre entrées et sorties de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère. La surface colorée sous la courbe représente la quantité (ppm) de CO<sub>2</sub> supplémentaire dans l'atmosphère. Ainsi entre 1980 (338 ppm) et 2010 (388 ppm) la surface colorée correspond à 50 ppm supplémentaires (4) (8).

Le site Wood for tree.org (1) permet de comparer facilement la forme de 2 grandeurs climatiques issues de différentes institutions (Fig 2a et 2b). Pour la variation annuelle du taux de CO<sub>2</sub> (eslr-CO<sub>2</sub>), on doit effectuer une différence sur 12 mois pour le taux et centrer sur le sixième mois. Pour l'indicateur de température on peut choisir global, surface des océans (SST) ou tropical.

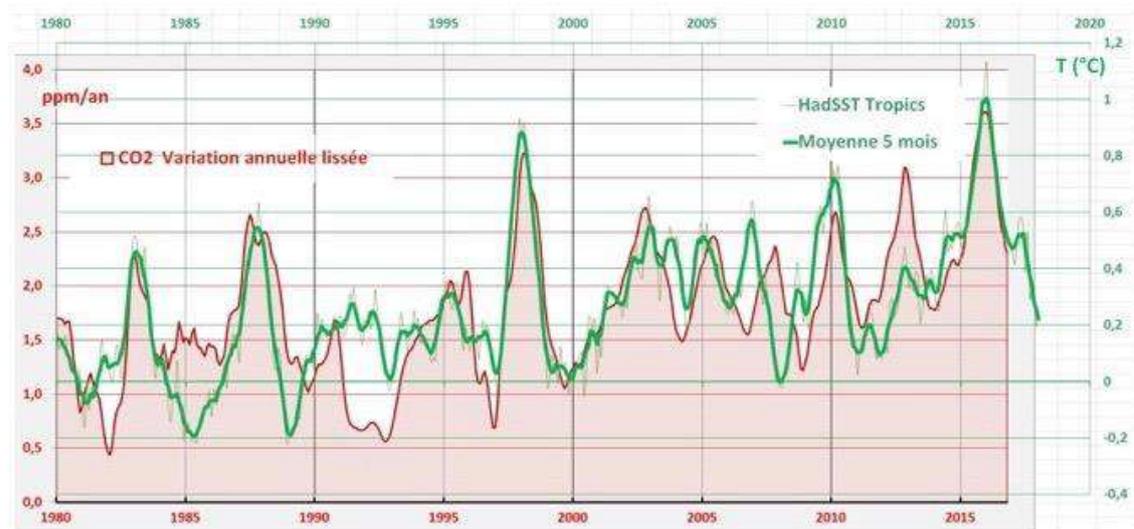


**Figure 2a.** Corrélation Variation du taux versus « température globale ». Variation annuelle du CO<sub>2</sub> → (esrl en rouge ppm/an). Température globale → (hadcrut4gl en vert = anomalie en ° C). Ces 2 grandeurs ont des unités différentes (ppm/an versus degrés). L'axe vertical est celui de la « température » en degrés. Source = <http://woodfortrees.org/plot/esrl-co2/fron:1995/derivative/mean:12/scale:2.5/mean:6/plot/hadcrut4gl/fron:1995/to/mean:6>



**Figure 2b.** Corrélation variation du taux versus « température océans. Variation annuelle du CO<sub>2</sub> → (eslr en rouge ppm/an). Température océans (hadsst3gl en vert → anomalie de température en °C). Les océans couvrent 70 % de la Terre → la température SST sera proche de la température globale de la fig 2a. Source = <http://woodfortrees.org/plot/esrl-co2/from:1995/derivative/mean:12/scale:2/mean:6/plot/hadsst3gl/from:1995/to/mean:6>

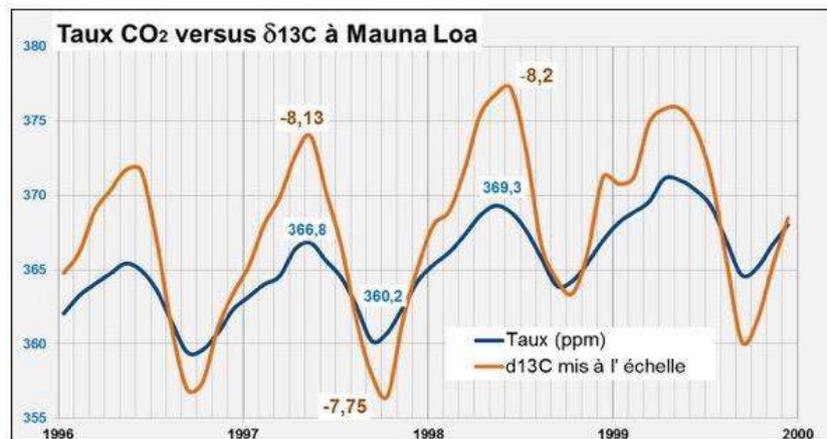
Afin de faciliter la comparaison, on reporte les valeurs mesurées sur une feuille de calcul (8). On peut alors graduer les 2 axes verticaux : variation annuelle du taux en ppm/an et température océan tropical en °C (HadSST tropics).



**Figure 2c.** Corrélation variation annuelle du taux avec la « température océan tropical » (tropical = 20°S -20°N). La corrélation est bonne lors des épisodes El Nino de 1998 et 2016, elle est parfois médiocre comme en 1992. La corrélation est meilleure si on considère comme ici la température de surface des océans tropicaux (2) (8).

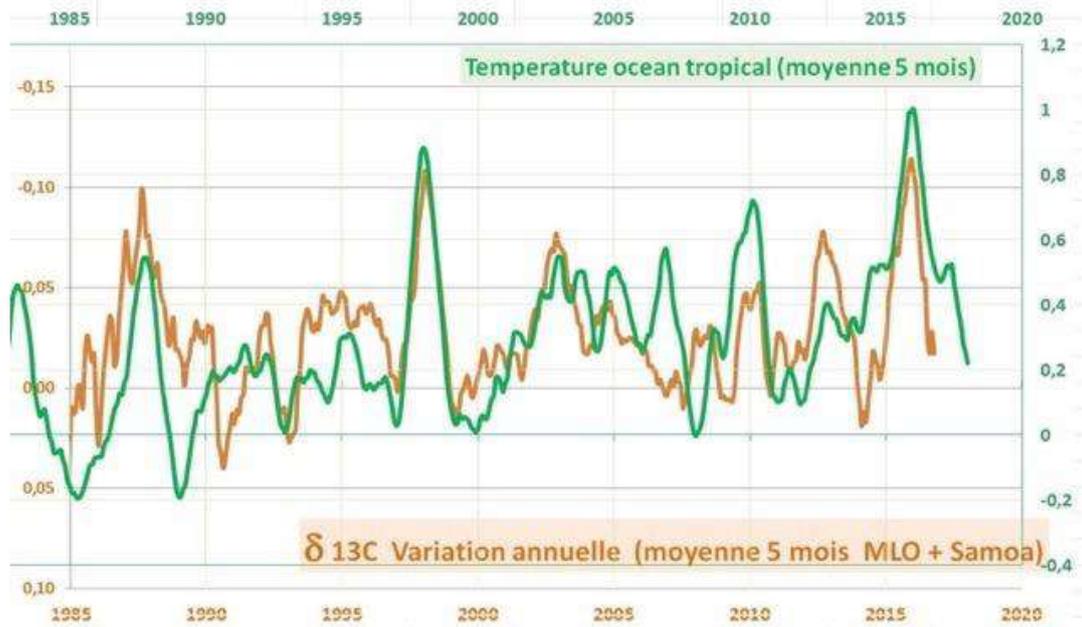
### 3. B.1.2. Variation annuelle du $\delta^{13}\text{C}$ versus « température »

Les observatoires (5) mesurent aussi le rapport isotopique  $\delta^{13}\text{C}$ . Ce rapport présente une variation saisonnière. On constate que la variation saisonnière de  $\delta^{13}\text{C}$  est en phase avec celle du taux de CO<sub>2</sub> (Fig 3).



**Figure 3.** Le taux de CO<sub>2</sub> varie en phase avec  $\delta^{13}\text{C}$ . Au printemps/été, le taux baisse (absorption par la végétation) et simultanément  $\delta^{13}\text{C}$  montre un appauvrissement en <sup>12</sup>C (la photosynthèse des végétaux utilise préférentiellement le CO<sub>2</sub> comportant du <sup>12</sup>C plutôt que <sup>13</sup>C) (5) (8).

Il n'est donc pas surprenant de trouver aussi une corrélation « température » versus  $\delta^{13}\text{C}$ . Pour s'affranchir des oscillations saisonnières, on utilise encore la variation annuelle = différence entre le  $\delta^{13}\text{C}$  mesuré l'année N et celui mesuré l'année N-1. Cette variation est donc directement déduite des mesures de  $\delta^{13}\text{C}$  (Fig 4).

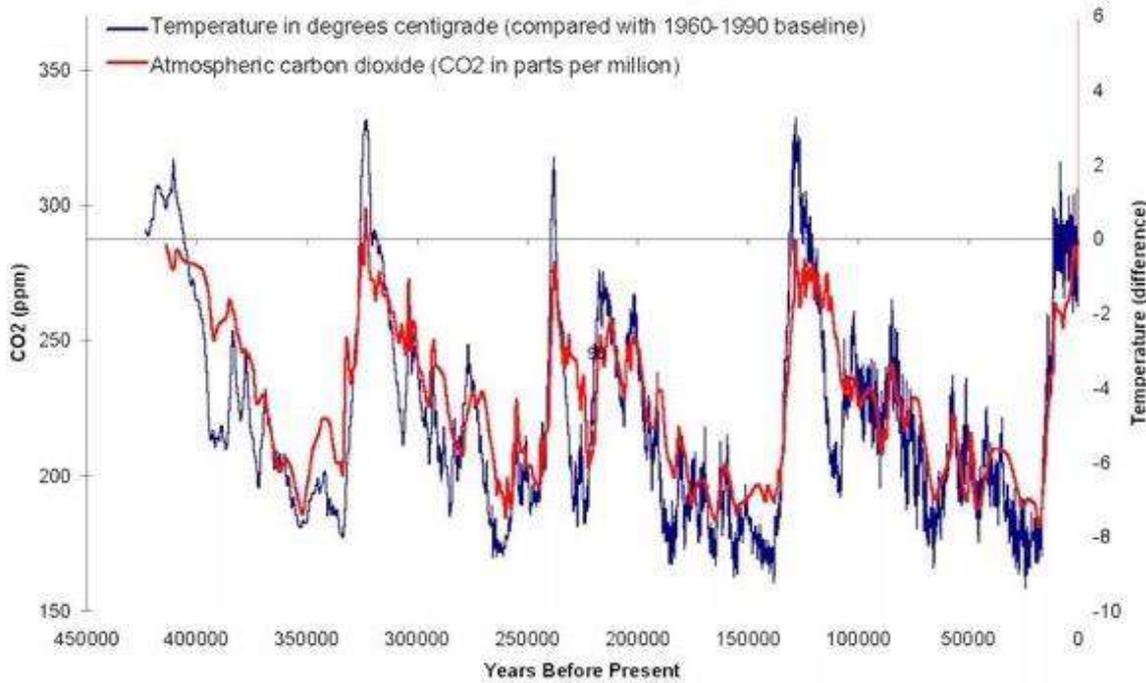


**Figure 4.** On compare la température des océans tropicaux avec les variations annuelles de  $\delta^{13}\text{C}$  pour 2 stations tropicales. La corrélation est bonne lors des épisodes El niño de 1998 et 2016 (2) (5) (8).

Les phénomènes responsables des variations récentes du taux de CO<sub>2</sub> gouvernent aussi la variation du rapport isotopique. Les 2 variations, taux et  $\delta^{13}\text{C}$  sont corrélées avec la « température ».

### 3. B.2. Corrélation des derniers millénaires basée sur des proxies archives glaciaire.

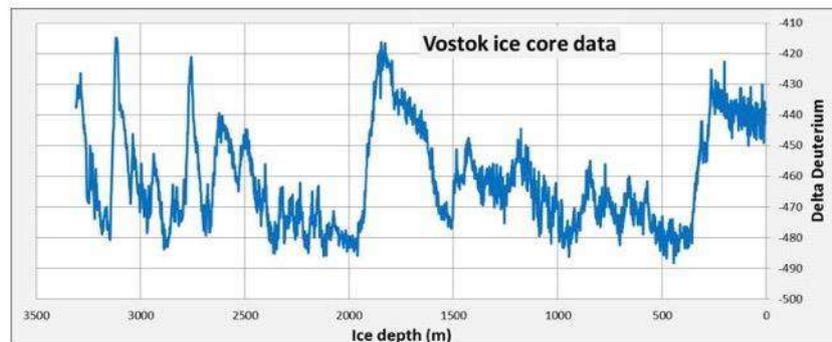
Bien que cet article s'intéresse aux évolutions des dernières décennies, nous examinons néanmoins une corrélation à l'échelle des millénaires : elle est établie à partir de proxies issus des archives glaciaires. La découverte de cette corrélation **et son interprétation** dans les années 80 faciliteront la création du GIEC en 1988. La figure 5 présente le taux de CO<sub>2</sub> et la « température » des derniers 400 000 ans. Ces 2 courbes sont déduites, à partir de certaines hypothèses, d'un carottage à Vostok en Antarctique (3). D'autres carottages au Groenland montrent une corrélation similaire entre taux de CO<sub>2</sub> atmosphérique et « température » (Fig 5).



**Figure 5.** Corrélation taux de CO<sub>2</sub> et « température » selon les archives glaciaires. Une variation de  $\approx 100$  ppm correspondrait à une variation de  $\approx 8^{\circ}\text{C}$  soit  $\approx 12$  ppm/  $^{\circ}\text{C}$ . Le taux ne dépasserait pas 300 ppm pendant 400 000 ans. La découverte de cette corrélation dans les années 80 a donné un argument en faveur d'une influence anthropique sur le climat.

### 3. B.2.1. Obtention de la courbe « température » (courbe bleue Fig 5).

Pour la « température » on mesure en réalité un rapport isotopique (Oxygène ou Deutérium). Les différents âges sont estimés en utilisant la profondeur (ice depth) et quelques **hypothèses** complémentaires (Fig 6).

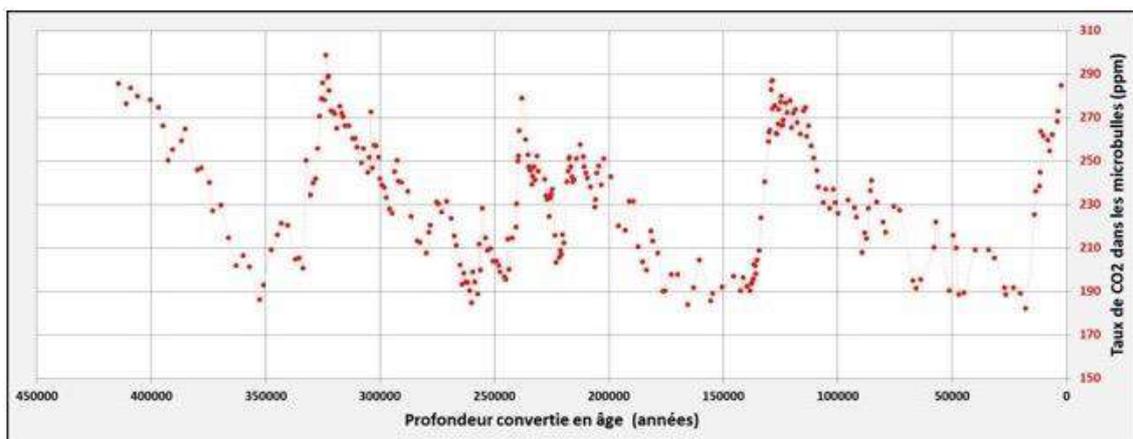


**Figure 6.** Données brutes : Une première traduction est nécessaire pour les échelles verticales (pour passer des rapports isotopiques vers une température), une seconde traduction est également nécessaire pour l'échelle horizontale (profondeur vers un âge). C'est ainsi qu'est obtenue la courbe bleue de la figure 5 (8) (3).

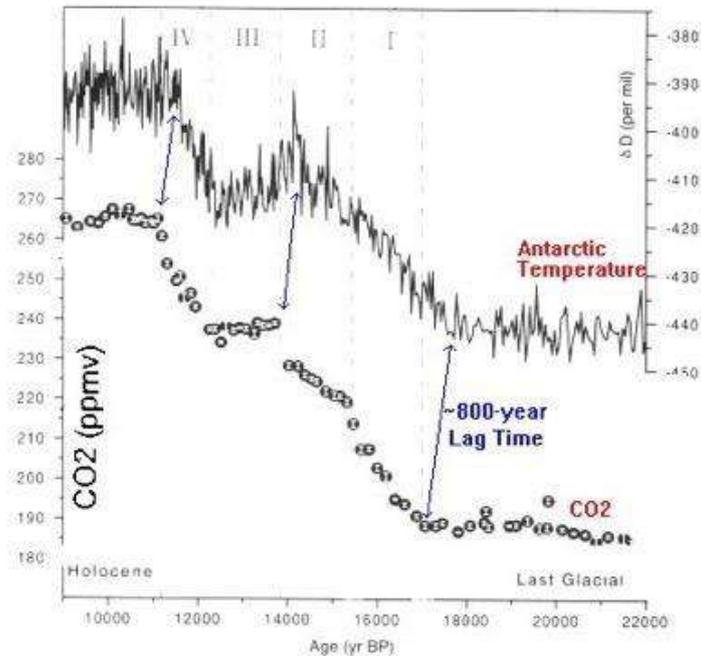
Dans la mesure où cet article s'intéresse aux variations du CO<sub>2</sub>, on ne discutera pas de la conversion entre rapports isotopiques et « température ».

### 3. B.2.2. Obtention de la courbe CO<sub>2</sub> (courbe rouge Fig 5).

Le taux de CO<sub>2</sub> est obtenu à partir de l'air qui subsiste dans les microbulles piégées dans la glace. Les différents âges sont estimés en utilisant la profondeur (ice depth) et quelques hypothèses complémentaires (Figs 7-8).



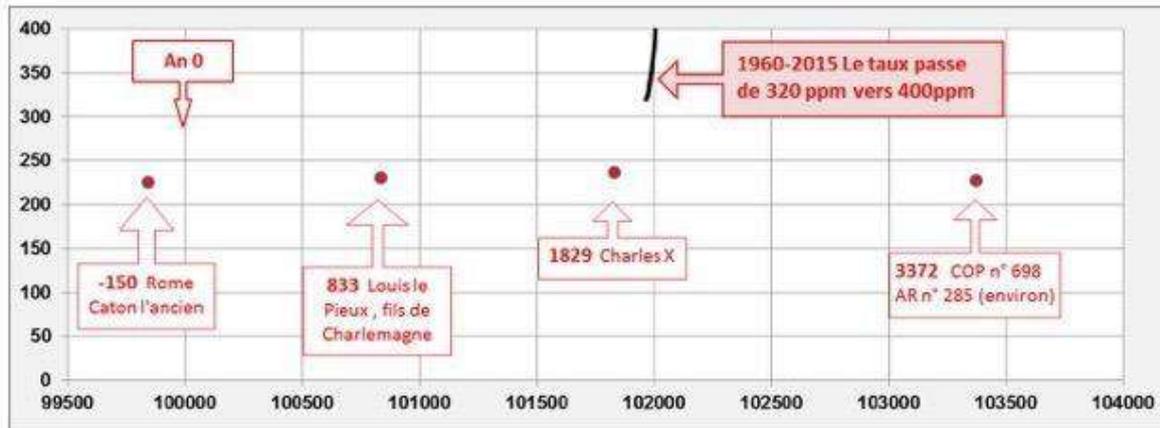
**Figure 7.** Les mesures réelles : La courbe rouge de la figure 5 est obtenue en joignant les points de mesures: mais il faut noter que, suivant la profondeur, l'intervalle entre 2 échantillons passe du siècle au millénaire: pour Vostok 283 échantillons en 400 000 ans. Entre 2 échantillons la durée moyenne est  $\approx 1500$  ans (8) (3).



**Figure 8.** (Caillon et al dans Science 2003) Courbe supérieure → rapport isotopique deutérium, Courbe inférieure → taux de CO<sub>2</sub> subsistant dans les microbulles. Entre 10000 et 22000 ans l'intervalle moyen entre 2 échantillons est ≈ 200 ans. On constate qu'il existe un décalage de profondeur (converti en durée ≈ 800 ans) entre le rapport isotopique Deutérium (assimilé à la température) et les variations du CO<sub>2</sub>. Le changement de « température » précéderait le changement du CO<sub>2</sub>.

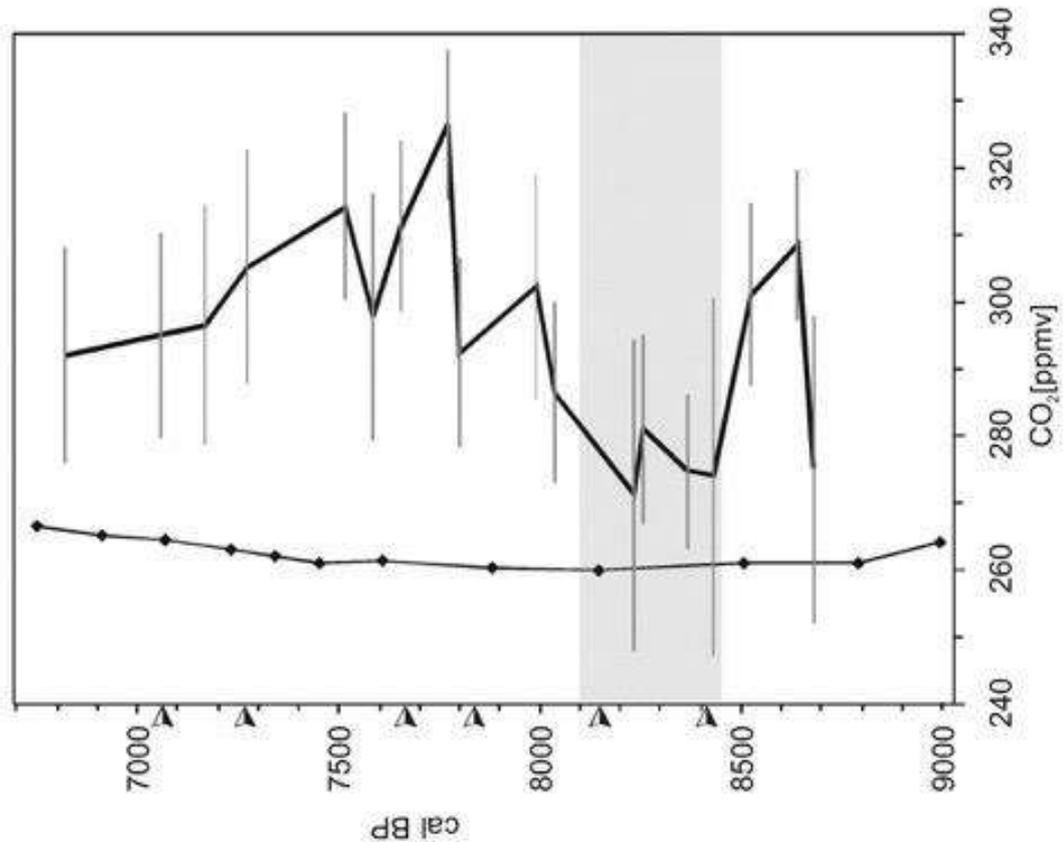
### 3. B.2.3. Remarques sur les valeurs numériques du taux de CO<sub>2</sub> subsistant dans les microbulles

- Le CO<sub>2</sub> contenu dans la microbulle au moment de sa formation, en Antarctique ou au Groënland, est-il représentatif de l'ensemble de l'atmosphère terrestre ?
- Dans une carotte, 2 échantillons sont séparés de quelques siècles, il y a donc un effet de sous-échantillonnage : on ne capture pas les variations entre 2 échantillons →
- effet de passe bas illustré en Fig 9.

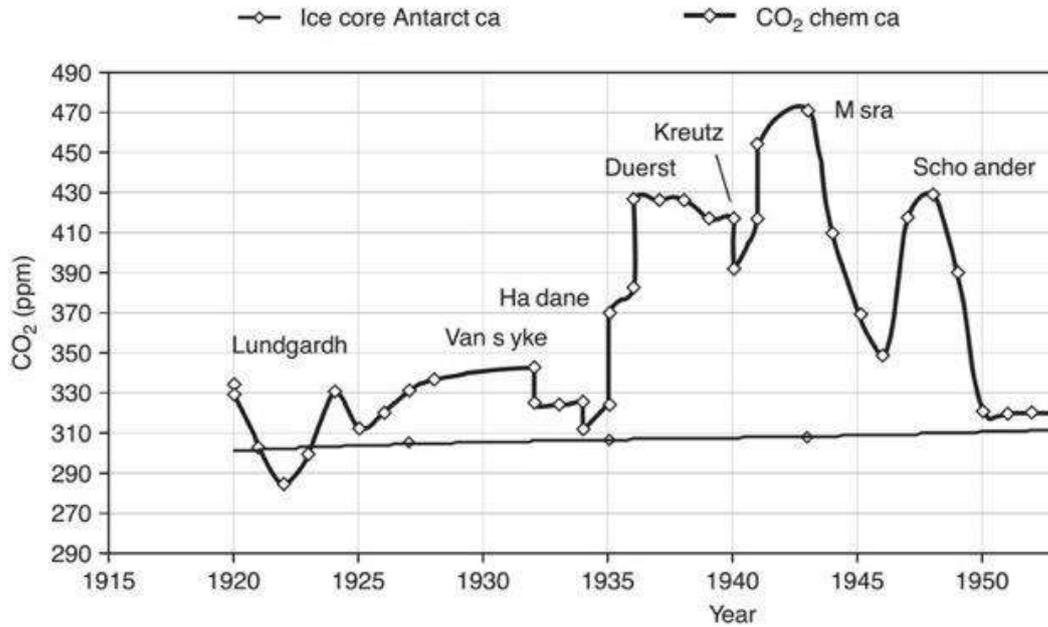


**Figure 9.** On positionne fictivement 4 des échantillons de Vostok à l'époque contemporaine en décalant de 100 000 ans. Ne seront enregistrés que le taux autour de 1829 puis le taux autour de 3372 : on rate la variation 1960-2015 (8) (3).

- Une microbulle ne se ferme pas rapidement : c'est le poids de neige au-dessus qui permet sa fermeture (en moyenne à la profondeur  $\approx 100$  m soit quelques décennies). Le taux enregistré sera donc une moyenne sur quelques décennies, gommant ainsi les valeurs max et min.
- Le CO<sub>2</sub> sera-t-il parfaitement conservé sans aucune fuite pendant des millénaires? **Le CO<sub>2</sub> passe très facilement dans l'eau très froide ...**
- Il existe un désaccord entre archives glaciaires et d'autres méthodes pour les taux avant 1958. Les figures 10 et 11 illustrent ce désaccord.

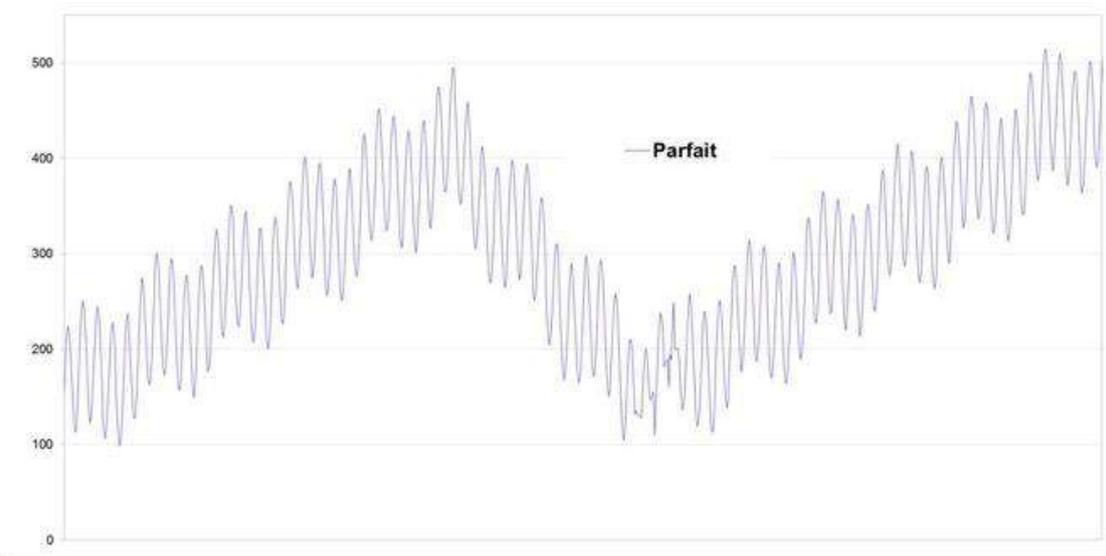


**Figure 10.** Taux de CO<sub>2</sub> vers -8000 suivant 2 proxies. Courbe inférieure → archives glaciaires, courbe supérieure → stomates. Les stomates sont de petits orifices qui permettent les échanges gazeux pour les plantes. Leur nombre et leur taille sont un indicateur du taux de CO<sub>2</sub>. Les valeurs d'après les archives glaciaires sont lissées (passe-bas) et sont inférieures aux valeurs déduites des stomates (6).

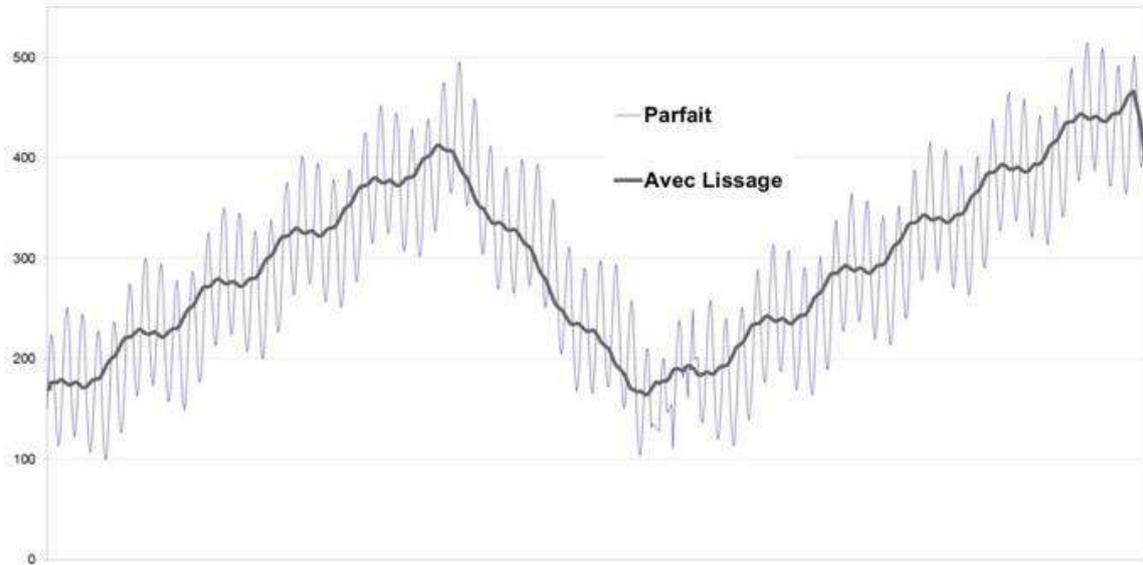


**Figure 11.** Taux de CO<sub>2</sub> vers 1940. Courbe inférieure → archives glaciaires, courbe supérieure → mesures par titrage chimique suivant plusieurs auteurs. Les valeurs d’après les archives glaciaires sont lissées (passe bas) et sont inférieures aux valeurs mesurées (7).

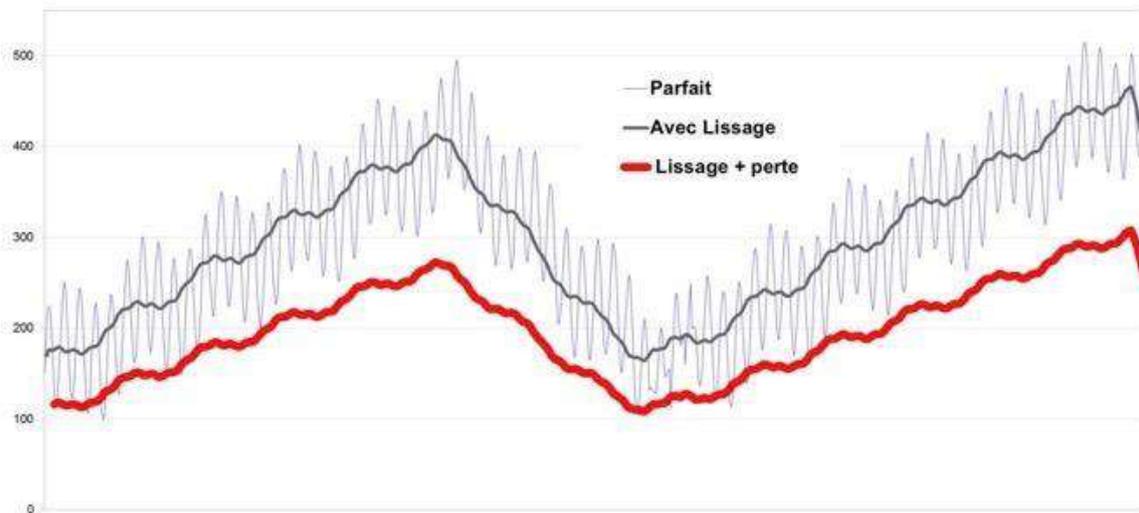
Les conséquences possibles de ces remarques sont illustrées par les Figures 12a, 12b, 12c et 12d à partir d’une courbe de démonstration:



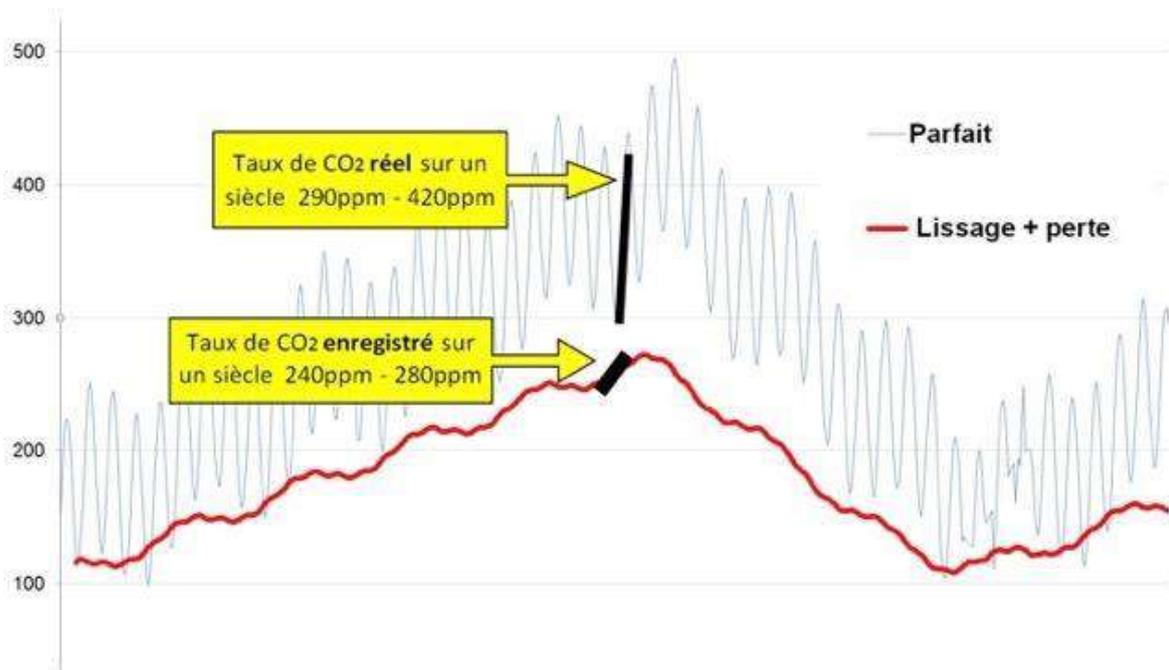
**Figure 12a.** Courbe de démonstration: l’échelle verticale donne le taux en ppm, l’échelle temporelle correspond à plusieurs millénaires. Enregistrement idéal ou parfait des variations du CO<sub>2</sub> → Les microbulles de l’année N contiennent le taux moyen en CO<sub>2</sub> pour l’ensemble de l’atmosphère de cette année N. On a des microbulles dans la glace pour chaque année N.



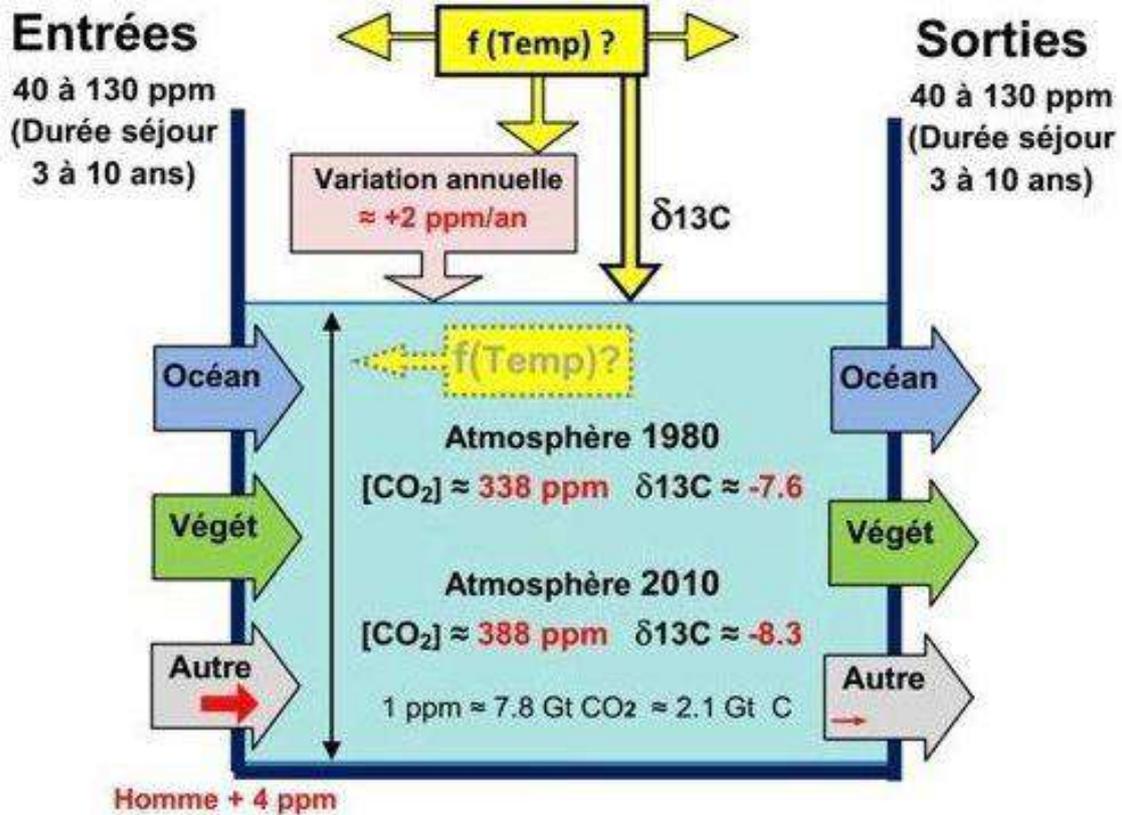
**Figure 12b.** Enregistrement effectif des variations du CO<sub>2</sub> → Les microbulles de l'année N contiennent le taux moyen de l'air polaire en CO<sub>2</sub> pour plusieurs années (50 ans ?). La lente fermeture des microbulles lisse sur plusieurs années (50 ?) le taux de CO<sub>2</sub>. Il ne subsiste que quelques microbulles par millénaire dans la glace.



**Figure 12c.** Enregistrement probable des variations du CO<sub>2</sub> → Les microbulles de l'année N contiennent initialement le taux moyen de l'air polaire en CO<sub>2</sub> pour plusieurs années (50 ans ?). La lente fermeture des microbulles lisse sur plusieurs années (50 ?) le taux de CO<sub>2</sub>. Il ne subsiste que quelques microbulles par millénaire dans la glace. La présence fugace, lors des premières années d'accumulation dans le névé, d'eau dans la glace, provoque l'absorption d'une partie du CO<sub>2</sub> de la microbulle : le taux de CO<sub>2</sub> conservé au final dans la microbulle baisse (-30% ?).



**Figure 12d.** Une variation réelle entre 290 ppm et 420 ppm en 100 ans se retrouverait enregistrée entre 240 et 280 ppm dans les microbulles.



**Figure 13.** Schéma du CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère et des corrélations observées. Flèches jaunes verticales : la température est corrélée avec la variation annuelle et le δ<sup>13</sup>C. Flèches jaunes horizontales: la variation annuelle c'est aussi la différence (entrées – sorties). Flèche jaune pointillée: à l'échelle des millénaires, la température est corrélée avec le taux (proxies glaciaires) Au moins 2 entrées sont sensibles à la température : la décomposition végétale (voir ici) et le dégazage océanique du CO<sub>2</sub> qui dépend (loi de Henry) de la température de surface des océans tropicaux. Divers auteurs ont remarqué la corrélation avec la « température » (Bacastow, Salby, Humlum, Veyres). Certains donnent une relation entre  $d[CO_2]/dt$  (variation du taux de CO<sub>2</sub> en ppm/an) et SST (anomalie de température océanique en °C) →  $d[CO_2]/dt = a(SST) + b$ . A l'aide de la Fig 2c nous avons trouvé  $d[CO_2]/dt = 2.5(SST) + 1$  → Pour une température SST < -0.4°C, et si la corrélation reste valable, alors  $d[CO_2]/dt < 0$  et le taux de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère baisserait.

### 3. B.3. Conclusions

- Pour les derniers millénaires, les proxies archives glaciaires montrent une corrélation entre rapport isotopique (« température ») et taux de CO<sub>2</sub> subsistant dans les microbulles. Toutefois les valeurs numériques de taux de CO<sub>2</sub> doivent être prises avec précaution: l'enregistrement comporte à minima un biais « passe bas » qui efface les extremums. Si la corrélation est bien réelle, en revanche des affirmations telles que « les taux de CO<sub>2</sub> des derniers millénaires sont toujours inférieurs aux taux après 1958 », ou bien « une variation de 1°C entraîne une variation de 12 ppm » **ne sont pas démontrées**.
- Le CO<sub>2</sub> ne précède **jamais** l'augmentation de la température, et cela depuis au moins le Pléistocène (240 000 ans) où la démonstration a bien été établie (cf. Fig. 8). Le CO<sub>2</sub> n'est donc pas le 'bouton' contrôlant l'évolution de la température.
- Les concentrations anciennes de CO<sub>2</sub> atmosphérique sont sous-estimées et les données de Vostok non seulement donnent un 'background' plus faible que les données fournies par l'analyse des stomates (Fig.10,) mais ne voient pas les pics de concentrations plus élevés de

CO<sub>2</sub>. Ainsi affirmer que les teneurs actuelles en CO<sub>2</sub> n'ont jamais été aussi élevées, même à une échelle géologique très restreinte (telle que Quaternaire) est trompeur.

- Pour les dernières décennies, les mesures contemporaines montrent une corrélation entre température de surface des océans sous les tropiques et variation annuelle du **taux de CO<sub>2</sub>**. La variation annuelle c'est aussi la différence entre entrées et sorties. Les mesures contemporaines montrent également une corrélation entre température des océans sous les tropiques et variation annuelle du  $\delta^{13}\text{C}$ . Ces 2 corrélations sont nettes lors des forts épisodes El Niño de 1998 et 2016.
- Nous exploiterons ces corrélations dans la troisième partie qui montrera que le modèle anthropique du GIEC n'est pas en accord avec les mesures du  $\delta^{13}\text{C}$  et ne peut rendre compte des évolutions récentes du CO<sub>2</sub>.

#### Références

(1) Tracés et traitements des données climatiques issues de diverses institutions <http://woodfortrees.org/>

(2) Hadley Centre SST data  
set [https://www.metoffice.gov.uk/hadobs/hadsst3/data/HadSST.3.1.1.0/diagnostics/HadSST.3.1.1.0\\_monthly\\_tropics\\_ts.txt](https://www.metoffice.gov.uk/hadobs/hadsst3/data/HadSST.3.1.1.0/diagnostics/HadSST.3.1.1.0_monthly_tropics_ts.txt)

(3) Archives glaciaires Vostok <ftp://ftp.ncdc.noaa.gov/pub/data/paleo/icecore/antarctica/vostok/deutnat.txt>

(4) Taux de CO<sub>2</sub> [ftp://aftp.cmdl.noaa.gov/products/trends/co2/co2\\_mm\\_gl.txt](ftp://aftp.cmdl.noaa.gov/products/trends/co2/co2_mm_gl.txt)  
ou bien ESRL NOAA [Earth System Research Laboratory](http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccsd/trends/)

(5) Rapport isotopique Scripps CO2 program <http://scrippsco2.ucsd.edu/>  
ou bien CDIAC [http://cdiac.ess-dive.lbl.gov/ftp/trends/co2/iso-sio/SIO\\_Mauna\\_Loa\\_13CO2.txt](http://cdiac.ess-dive.lbl.gov/ftp/trends/co2/iso-sio/SIO_Mauna_Loa_13CO2.txt)

(6) Rapid atmospheric CO<sub>2</sub> changes associated with the 8,200-years-B.P. cooling event <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC129389/>

(7) Compilation par Beck <http://citeserx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.650.6712&rep=rep1&type=pdf>

(8) La feuille de calcul « CO<sub>2</sub> Corrélations » met en forme ces données d'observations.

## 4. Evolutions récentes du CO<sub>2</sub> atmosphérique (3/4)

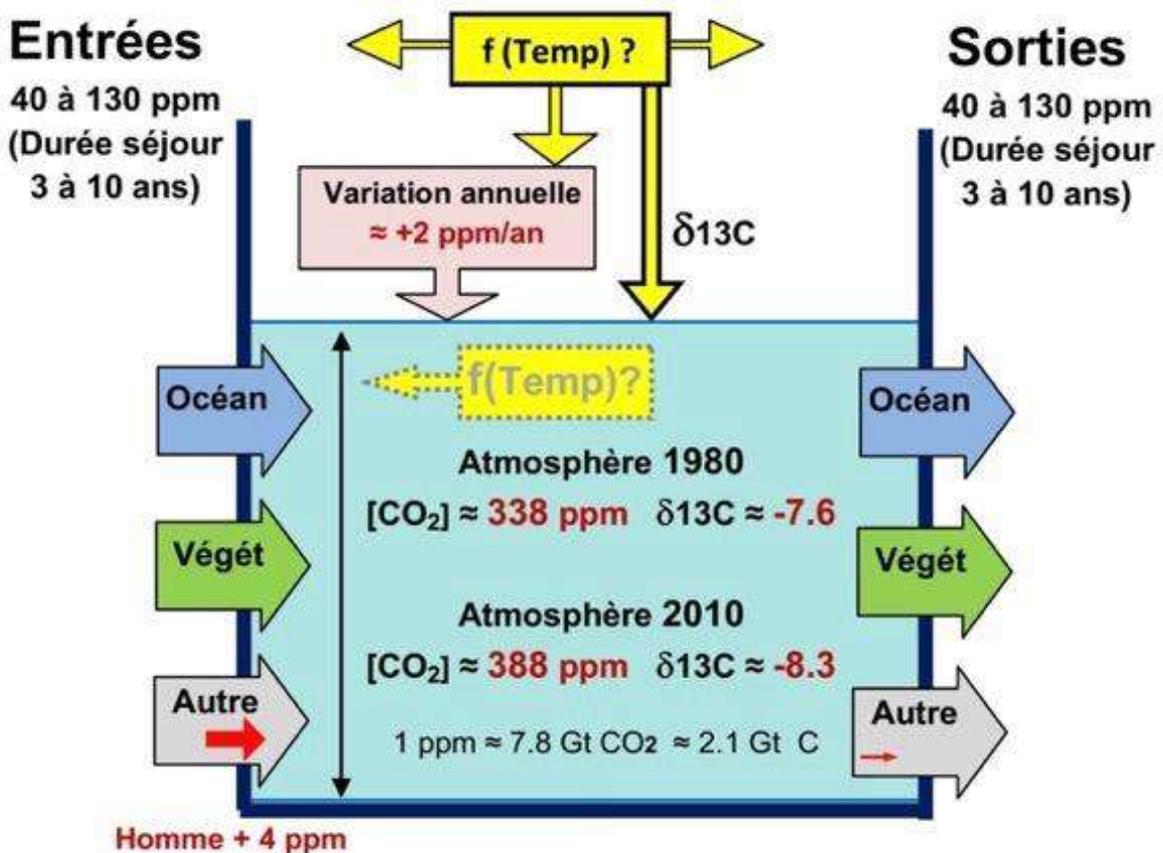
Mis en ligne SCE : 12.11.2018

L'IPCC (GIEC en français) fut créé en 1988 par l'UNEP ([United Nations Environment Programme](#)) et le WMO ([World Meteorological Organization](#)). Dans les principes régissant les travaux du GIEC (1) on lit : *Le GIEC a pour mission d'évaluer ... les risques liés au changement climatique **d'origine humaine***. Le GIEC respecte son propre **principe fondateur** : il attribue l'intégralité de la hausse du taux de CO<sub>2</sub> depuis 1958 à une cause anthropique. Nous examinerons ici le modèle anthropique du GIEC et nous le confronterons aux mesures contemporaines, puis à un modèle mixte. Cet article fait suite aux deux précédents publiés sur le site SCE au cours des mois de septembre [\(1/4\)](#) et octobre 2018 [\(2/4\)](#).

#### 4. C. Modèle anthropique GIEC

##### 4.C.1 Les contraintes des modèles (Fig. 1)

Le paragraphe A (article [1/4](#)) a montré qu'en 1980 le taux de CO<sub>2</sub> atmosphérique était de 338 ppm et le  $\delta^{13}\text{C}$  de -7.6 ‰. En 2010 le taux de CO<sub>2</sub> atmosphérique était de 388 ppm et le  $\delta^{13}\text{C}$  de -8.3 ‰. Il existe une modulation annuelle de ce taux, très marquée dans l'hémisphère Nord.



**Figure 1.** Le schéma résume la connaissance limitée des entrées et sorties du CO<sub>2</sub>. Seules les valeurs en rouge sont réellement connues (2) (3) (4).

Le paragraphe B (article [2/4](#)) a montré qu'il existe une corrélation entre la croissance annuelle du CO<sub>2</sub> et la température de la surface océanique. Une corrélation similaire existe également avec le  $\delta^{13}\text{C}$ .

Un modèle scientifique des évolutions récentes du CO<sub>2</sub> **doit respecter** les valeurs numériques indiquées. Il est souhaitable que le modèle propose également une explication pour les corrélations température/taux de CO<sub>2</sub> et température / $\delta^{13}\text{C}$ .

Un modèle respectant les contraintes sera **provisoirement** acceptable, un modèle ne les respectant pas est à rejeter, c'est le principe de toute démarche scientifique rigoureuse.

4.C.2 Modèle anthropique du GIEC (Figs. 2 et 3)

Le modèle GIEC des évolutions récentes du CO<sub>2</sub> est décrit dans le cinquième rapport du GIEC au chapitre 6 (1).

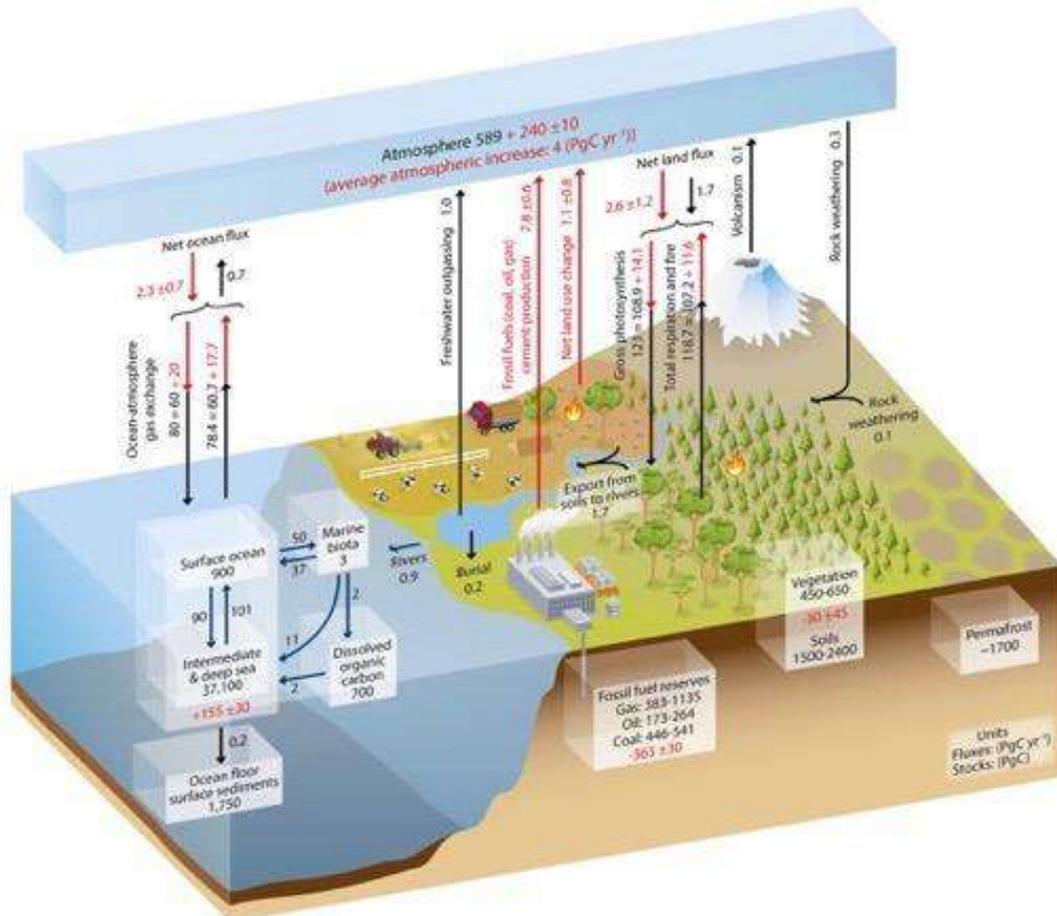


Figure 2a. Modèle GIEC (1) (AR5 fig 6.01). PgC = Pétagramme de carbone = 1 Gigatonne de Carbone.

<b>AR5 ch 6,1 IPCC 2013</b>	<b>ppm</b>	<b>Pg C ou Gt C</b>
	<b>1</b>	<b>2,1</b>
E océan	<b>36</b>	<b>78,4</b>
E végétation	<b>55</b>	<b>118,7</b>
<b>E homme</b>	<b>4,2</b>	<b>9</b>
<b>Entrées total</b>	<b>96</b>	<b>206,1</b>
S océan	<b>37</b>	<b>80</b>
S végétation	<b>57</b>	<b>123</b>
<b>Sorties total</b>	<b>94</b>	<b>203</b>
<b>1 ppm = 2,1 Gt C = 2,1 Pg C</b>		
<b>Stock naturel atm</b>	<b>280</b>	<b>589</b>
<b>Apport homme atm</b>	<b>112</b>	<b>240</b>
<b>stock total atm</b>	<b>390</b>	<b>829</b>
<b>Durée de séjour</b>	<b>4,1 années</b>	

Figure 2b. Tableau de conversion.

## 4.C.2.1. Remarques préliminaires

• Selon le GIEC (Figs. 2a et 2b) le taux « naturel » de carbone (en noir) dans l'atmosphère serait de 589 PgC soit 280 ppm de CO<sub>2</sub>. Depuis le début des observations en 1958, les mesures précises et bien calibrées ont rapporté des taux supérieurs à 315 ppm de CO<sub>2</sub>. Cette valeur de 280 ppm ne peut donc provenir que d'un proxy d'archives glaciaires et dater d'avant 1958. L'intégralité de la hausse de la teneur atmosphérique du CO<sub>2</sub> dans le schéma du GIEC (240 PgC = 112 ppm) est attribuée à l'homme, et est donc d'origine anthropique (en rouge). On retrouve aussi cette même affirmation dans le « résumé pour les décideurs » (1).

• La durée de séjour d'une molécule de CO<sub>2</sub>, calculée à partir des valeurs mêmes du schéma du GIEC (Figs. 2a et 2b), donne 390/96 ou 390/94 ≈ 4.1 an. On peut calculer que chaque année 25% du stock total de CO<sub>2</sub> atmosphérique est renouvelé par les entrées de CO<sub>2</sub> : au total cela donne 96 ppm/an, avec 96% de CO<sub>2</sub> naturel (≈ 92 ppm/an) et 4% de CO<sub>2</sub> anthropique (≈ 4.2 ppm/an) (Un comportement

similaire du CO<sub>2</sub> anthropique ou naturel est vérifié dans la feuille de calcul (7) (cf. onglet Mixte vs GIEC).

- En tenant compte des entrées liées à la nature (96%) et de celles liées à l'homme (4%), nous devrions alors avoir un stock naturel de 374 ppm (96% de 390 ppm) et un stock anthropique de 17 ppm (4% de 390). Ceci est en nette contradiction avec les 112 ppm de CO<sub>2</sub> du même schéma du GIEC (Fig. 2a).

Pour faciliter la comparaison avec la Fig.1, nous utiliserons par la suite le schéma de la Fig. 2c, qui est une simple adaptation de celui du GIEC (Figs. 2a et 2b).

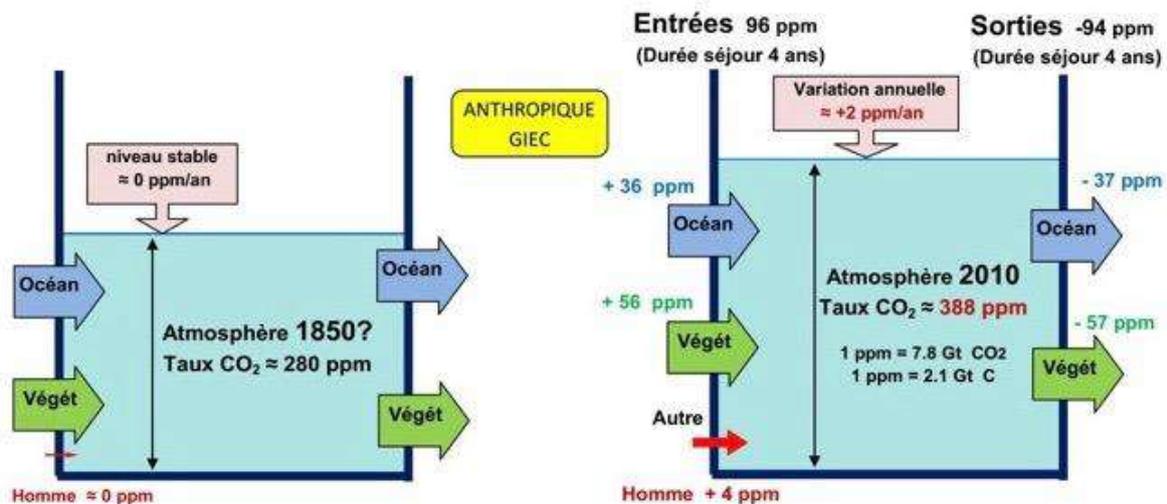


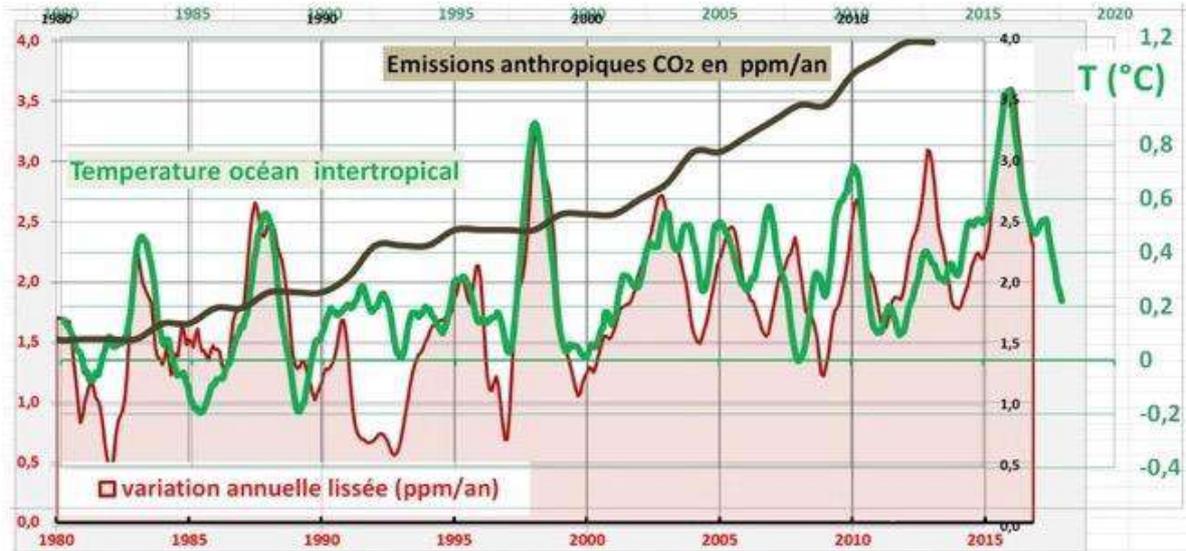
Figure 2c. Modèle schématique du GIEC donnant l'atmosphère vers 1850 et l'atmosphère en 2010 (d'après la Fig. 6.01 AR 5).

#### 4.C.2.2. Remarques complémentaires

- Le schéma de la Fig. 2c ne considère que les entrées et sorties en provenance de l'océan, la végétation et l'homme, l'échange « Autre » est quasiment réduit à l'homme : ce schéma présuppose une connaissance quasi-parfaite de tous les échanges (voir [ici](#)).
- Le modèle de la Fig. 2c présente des valeurs **globales** en entrée (96 ppm) et en sortie (94 ppm) compatibles avec les contraintes de la Fig. 1, **mais** il faut savoir que les valeurs pour les échanges avec l'océan (≈ 36 ppm) et la végétation (≈ 56 ppm) sont en réalité largement inconnues, ainsi que nous le verrons dans la partie 4/4.
- Les entrées et sorties pour l'océan (Fig. 2c) sont quasi égales (+36 ppm et -37 ppm). Les entrées et sorties pour la végétation seraient aussi quasi égales (+56 ppm et -57 ppm). Il y a un siècle, les entrées et sorties pour l'océan et la végétation seraient similaires à celles d'aujourd'hui. Le schéma du GIEC décrit, **de fait**, un monde équilibré, statique, quasi immuable, excepté un unique changement notable en un siècle souligné par la flèche rouge qui représente l'influence anthropique. Avec de telles **hypothèses**, l'homme sera forcément le seul responsable de

la hausse du CO<sub>2</sub> et le GIEC respecte alors son **principe fondateur** (1): *Le GIEC a pour mission... risques liés au changement climatique d'origine humaine.*

- Il n'y a **pas** de corrélation entre les émissions anthropiques et la variation annuelle de CO<sub>2</sub>(Fig. 3).



**Figure 3.** Courbes rouge/noire : comparaison émission anthropique/variation annuelle, même échelle, même unité (ppm/an) : il n'y a pas de corrélation. Courbes rouge/verte : comparaison température océan/variation annuelle: il y a corrélation. (voir article 2/3 §B1.1).

- Une cause exclusivement anthropique n'explique pas la bonne corrélation entre « température » et variation annuelle du taux de CO<sub>2</sub> (Fig. 3). Il est plus logique de relier la **courbe rouge (variation annuelle du CO<sub>2</sub>)** à la courbe verte (variation de température de l'océan intertropical) plutôt qu'à la courbe noire (émissions anthropiques). Ceci signifie que la température de l'océan intertropical est une meilleure piste que les émissions anthropiques pour expliquer les évolutions récentes du CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère. Nous explorerons cette piste dans l'épisode 4/4.

#### 4.C.3. Validité du modèle anthropique du GIEC (Fig. 4)

##### 4.C.3.1 Incompatibilité du modèle GIEC avec le $\delta^{13}\text{C}$

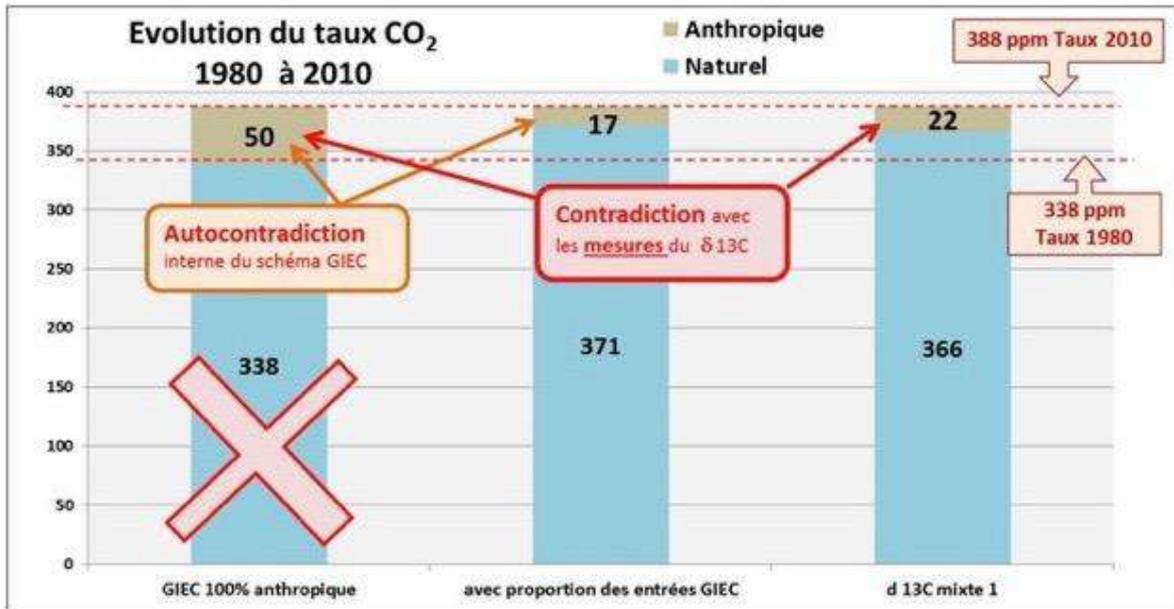
On cherche à déterminer, à partir de l'atmosphère de 1980 (338 ppm de CO<sub>2</sub> et  $\delta^{13}\text{C} = -7.6 \text{ ‰}$ ) comment passer vers celle de 2010 (388 ppm de CO<sub>2</sub> et  $\delta^{13}\text{C} = -8.3 \text{ ‰}$ ).

Nous allons voir qu'entre 1980 et 2010, la variation du  $\delta^{13}\text{C}$  des observations (établies à partir des mesures) ne peut pas être entièrement attribuée à l'homme (Fig. 4a).

Observations	Atmosphère 1980	Apports nets		Atmosphère 2010
Taux (ppm)	338	50		388
$\delta^{13}\text{C}$	-7,6			-8,3
<i>Les combustibles fossiles ont un <math>\delta^{13}\text{C} \approx -29</math></i>				
Modèle GIEC	Atmosphère 1980	Apport net anthropique 100%	Apport net naturel 0%	Atmosphère 2010
Taux (ppm)	338	50	0	388
$\delta^{13}\text{C}$	-7,6	-29		-10,4
<i>L'océan a un <math>\delta^{13}\text{C} \approx -0,5</math></i>				
Modèle mixte 1	Atmosphère 1980	Apport net anthropique 44%	Apport net naturel 56%	Atmosphère 2010
Taux (ppm)	338	22	28	388
$\delta^{13}\text{C}$	-7,6	-29	-0,5	-8,3

**Figure 4a.** Les observations nous disent qu'en 1980 l'atmosphère contenait 338 ppm de CO<sub>2</sub>, avec un  $\delta^{13}\text{C}$  de -7.6 ‰, et qu'en 2010 l'atmosphère contenait 388 ppm de CO<sub>2</sub> avec un  $\delta^{13}\text{C}$  de -8.3 ‰ (haut de la figure). L'apport net en CO<sub>2</sub> durant ces 30 ans est donc de 50 ppm, que le GIEC attribue entièrement à l'homme. Le reste du tableau compare 2 possibilités : le modèle du GIEC (au milieu) et un modèle mixte 1 (bas du tableau).

Cependant, nous pouvons calculer que le passage de  $\delta^{13}\text{C}$  de -7.6‰ à -8.3‰ en 30 ans (valeurs **observées**) ne peut pas se faire si c'est l'homme qui est responsable de la totalité de l'accroissement observé (50 ppm). En effet, les combustibles fossiles ayant un  $\delta^{13}\text{C}$  de l'ordre de -29‰, nous pouvons calculer que pour la période s'étendant de 1980 à 2010 on devrait obtenir un  $\delta^{13}\text{C}$  de -10.4‰  $[( -7.6 \times 338 ) + ( -29 \times 50 ) ] / 388 = -10.4 \text{ ‰}$ . Ceci est **en contradiction avec les observations** (milieu de la Fig. 4a). Si nous tenons compte d'un apport mixte (naturel et anthropique), et que nous utilisons le « Modèle mixte 1 » (voir plus loin) nous obtenons un  $\delta^{13}\text{C}$  de -8.3‰ en totale conformité avec les observations (bas de la Figure 4a)  $[( -7.6 \times 338 ) + ( -29 \times 22 ) + ( -0.5 \times 28 ) ] / 388 = -8.3 \text{ ‰}$ . Le « Modèle mixte 1 » considère que 22 ppm proviennent de l'homme (au lieu de 50 ppm) et que 28 ppm proviennent de la nature (au lieu de 0 ppm).



**Figure 4b.** le modèle du GIEC attribue par principe l'intégralité (ici 50 ppm) de la hausse entre 1980 et 2010 à l'homme (1).

La valeur de 50 ppm en 30 ans selon le GIEC (388–338 = 50 ppm) est également **contredite** par la proportion nature/homme pour les entrées du **même** schéma du GIEC : seulement 17 ppm seraient anthropiques dans l'atmosphère en 2010 (les dates 1980-2010 entraînent les écarts 388/390 et 372/373). En utilisant le  $\delta^{13}\text{C}$ , on trouve  $\approx 22$  ppm, valeur similaire, avec le mélange anthropique + naturel du modèle mixte 1. Divers auteurs (5) ont également abouti à environ 20 ppm pour le taux de CO<sub>2</sub> anthropique dans l'atmosphère.

Il **n'est pas possible** de retrouver le  $\delta^{13}\text{C}$  des observations avec un apport net de CO<sub>2</sub> de **100%** anthropique et de **0%** naturel (voir aussi Fig 5b). Le modèle anthropique du GIEC est auto-contradictoire, donc non conforme à la logique et surtout en **contradiction** avec les **mesures** du  $\delta^{13}\text{C}$  : **il est donc à rejeter**.

#### 4.C.3.2. Les modèles mixtes (Fig. 5)

On désignera par **modèle mixte** un modèle qui attribue les évolutions récentes du CO<sub>2</sub> à un **mélange d'apports naturel et anthropique**. Il existe de **multiples** modèles mixtes (Fig. 5b), suivant le **type** d'apports nets naturels et leur **quantité**, permettant de retrouver  $\delta^{13}\text{C} = -8.3 \text{ ‰}$  mesuré en 2010.

Notons que la combustion de matières fossiles (gaz naturel, charbon, pétrole) produit du CO<sub>2</sub> qui présente une **déviaton isotopique de l'ordre de  $-27$  à  $-30 \text{ ‰}$** , valeurs caractéristiques du CO<sub>2</sub> industriel (Fig. 5a).

	$\delta^{13}C$	
<b>Atmosphère</b>	$\approx -7,5$ à $-8,5$	Charbon $\approx -25$ → Pétrole $\approx -28$ Gaz $\approx -45$
<b>Combustibles fossiles</b>	$\approx -27$ à $-30$	
<b>Océan</b>	$\approx -4$ à $+2$	
<b>Volcans et lithosphère</b>	$\approx -10$ à $2$ ?	
<b>Végétation</b>	$\approx -15$ à $-30$	C4 $\approx -8$ à $-18$ → C3 $\approx -22$ à $-33$

Figure 5a. Ordres de grandeurs du  $\delta^{13}C$  des apports naturels.

Modèle mixte 1	Atmosphère 1980	Apport net anthropique 44%	Apport net naturel 56%	Atmosphère 2010
Taux (ppm)	338	22	28	388
$\delta^{13}C$	-7,6	-29	-0,5	-8,3
Modèle mixte 2	Atmosphère 1980	Apport net anthropique 60%	Apport net naturel 40%	Atmosphère 2010
Taux (ppm)	338	30	20	388
$\delta^{13}C$	-7,6	-29	11	-8,3
Modèle mixte 3	Atmosphère 1980	Apport net anthropique 16%	Apport net naturel 84%	Atmosphère 2010
Taux (ppm)	338	8	42	388
$\delta^{13}C$	-7,6	-29	-10	-8,3
Modèle mixte 4	Atmosphère 1980	Apport net anthropique 26%	Apport net naturel 74%	Atmosphère 2010
Taux (ppm)	338	13	37	388
$\delta^{13}C$	-7,6	-29	-7,6	-8,3

Figure 5b. Quatre exemples de modèle mixte.

Suivant le choix du **couple** de valeurs (l'apport net et le  $\delta^{13}C$ , fond rose Fig. 5b), il existera de très nombreuses possibilités pour retrouver une valeur du  $\delta^{13}C = -8.3$  ‰ en 2010. Le tableau de la Fig. 5b présente quatre **exemples** de modèles mixtes. Le tableau de la Fig. 5a permet d'identifier les apports possibles. La feuille de calcul (7) permet d'explorer divers modèles mixtes (cf. onglet Mixtes & d13C, ascenseur en cellule E10).

Le modèle mixte 1 correspond à des apports nets de l'océan et/ou de la lithosphère. **Ce modèle mixte 1 sera développé dans une partie 4/4 à suivre.**

Pour obtenir un apport naturel qui soit **minoritaire**, on doit considérer un  $\delta^{13}\text{C} = +11 \text{ ‰}$  (modèle mixte 2  $\rightarrow [(338 \cdot -7.6) + (30 \cdot -29) + (20 \cdot 11)] / 388 = -8.3 \text{ ‰}$ ). Cependant, existe-t-il un apport naturel avec un  $\delta^{13}\text{C}$  valant  $+11 \text{ ‰}$  ? L'apport naturel avec  $\delta^{13}\text{C} = -7.6 \text{ ‰}$  est **majoritaire** pour obtenir le  $\delta^{13}\text{C}$  mesuré (modèle mixte 4  $\rightarrow [(338 \cdot -7.6) + (13 \cdot -29) + (37 \cdot -7.6)] / 388 = -8.3 \text{ ‰}$ ).

#### 4.C.4. Conclusions

- Un modèle qui décrit un monde fixe, en **équilibre**, un modèle où l'homme est **central**, un modèle qui parvient à reproduire certaines observations mais pas toutes, un modèle unanimement soutenu par les autorités politiques ou morales, enfin un modèle qui pose **a priori** un principe intangible... est le type même de modèle qui fut développé par Ptolémée (6) pour le système solaire. Ce modèle fut jadis l'objet d'un consensus > à 97%.
- **L'atmosphère actuelle comporte environ 20 ppm de CO<sub>2</sub> anthropique correspondant à 20/400 soit ≈ 5% du CO<sub>2</sub> atmosphérique.** En un siècle les hommes ont donc modifié la composition de l'atmosphère de 20 ppm soit **0,002%** : sur ce sujet également, il semble que nous ne soyons pas au centre du monde.
- Les évolutions récentes du CO<sub>2</sub> atmosphérique **ne peuvent pas** avoir une cause **uniquement** anthropique: les observations du  $\delta^{13}\text{C}$  l'interdisent. Les causes sont anthropiques **et** naturelles. Le modèle purement anthropique du GIEC est donc à rejeter.

La partie 1/4 a rappelé les observations, la partie 2/4 a développé les corrélations, cette partie 3/4 réfute le modèle purement anthropique et montre l'obligation d'un modèle mixte pour expliquer les évolutions récentes du CO<sub>2</sub> atmosphérique. **La dernière partie 4/4 (à suivre) proposera donc un modèle de type mixte, qui sera en accord avec les observations et expliquera les corrélations avec la température océanique, contrairement au modèle du GIEC.**

#### Références

1. Principes régissant les travaux du GIEC, § Rôle [http://www.ipcc.ch/pdf/ipcc-principles/ipcc\\_principles\\_french/ipcc\\_principles\\_fr.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/ipcc-principles/ipcc_principles_french/ipcc_principles_fr.pdf). Résumé pour les décideurs [B.5 en page 12](#) : « Parmi ces émissions anthropiques cumulées de CO<sub>2</sub>, 240 [230 à 250] GtC se sont accumulées dans l'atmosphère ». [Fifth Assessment report \(AR5\)](#).
2. Mesures du taux de CO<sub>2</sub> et variation annuelle ESRL NOAA [Earth System Research Laboratory](#)
3. Rapport isotopique Carbon Dioxide Information Analysis Center iso-sio [CDIAC](#).
4. Emissions anthropiques Fossil-Fuel CO<sub>2</sub> Emissions [CDIAC](#).
5. Taux anthropique de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère : [Camille Veyres](#) [Herman Harde](#) [Edwin Berry](#).
6. Le [système de Ptolémée](#) posait par principe la centralité de la Terre et le mouvement circulaire. Il est parvenu à survivre pendant des siècles grâce à l'ajout de « déférents » et autres « épicycles ». Lorsqu'il fut contredit par des mesures précises, on rajouta des « équants » dans le but de sauver le principe fondateur. Ceux qui avaient le plus à perdre incitèrent même les plus ignorants à persécuter les contradicteurs. S'il existait aujourd'hui un Institut Ptolémée pour la Culpabilité du Carbone (IPCC), déférents et épicycles se nommeraient « airborne fraction » ou « formule de Berne ». Le vocable « équants » se prononcerait « modèle en compartiments » ou « decay time of a pulse of CO<sub>2</sub> ».
7. [La feuille de calcul « CO<sub>2</sub> GIEC »](#) met en forme les données d'observations, explore les modèles mixtes, estime quelques ordres de grandeurs.

## 5. Evolutions récentes du CO<sub>2</sub> atmosphérique (4/4)

Mis en ligne SCE : 02.12.2018

Au XVI<sup>e</sup> siècle, dans une ultime tentative pour sauver le système de Ptolémée, on se résigna enfin à admettre la rotation des planètes autour du Soleil mais on conserva le dogme de la position centrale de la Terre par rapport au Soleil. Le dernier pas vers l'héliocentrisme dut finalement être franchi, à regret. Au XXI<sup>e</sup> siècle, Le GIEC **adapte** discrètement son **Almageste** : on lit dans la version de novembre 2018 du **Résumé à l'intention des décideurs** dès la première page, 1er encadré de l'introduction → « *L'augmentation mondiale de la concentration en dioxyde de carbone est **essentiellement** due à l'utilisation des combustibles fossiles et aux changements d'affectation des terres* ». Fin de cette première page → « *La source **principale** de l'augmentation de la concentration du dioxyde de carbone dans l'atmosphère depuis l'époque préindustrielle provient de l'utilisation des combustibles fossiles* ». La certitude absolue, naguère affichée, d'une origine **100% anthropique** dans la hausse du CO<sub>2</sub> atmosphérique disparaît donc. Un modèle mixte est désormais implicitement admis. A cinq siècles de distance, le dernier pas reste toujours difficile à franchir. Le présent article aide à trouver le chemin de Damas.

### 5.D. Le modèle MPO ou Mixte/Proportionnel/Océan

Nous allons modifier le modèle « mixte 1 » développé dans l'article [3/4](#) en suivant deux étapes supplémentaires afin d'aboutir à un modèle **MPO ou Mixte Proportionnel Océan**. Le modèle « mixte 1 » avec une hypothèse de proportionnalité va permettre de proposer les modèles de type **MP(Mixte Proportionnel)**.

Nous argumenterons ensuite pour montrer que l'océan est probablement la cause principale des évolutions récentes du CO<sub>2</sub> atmosphérique pour aboutir au modèle **MPO (Mixte Proportionnel Océan)**.

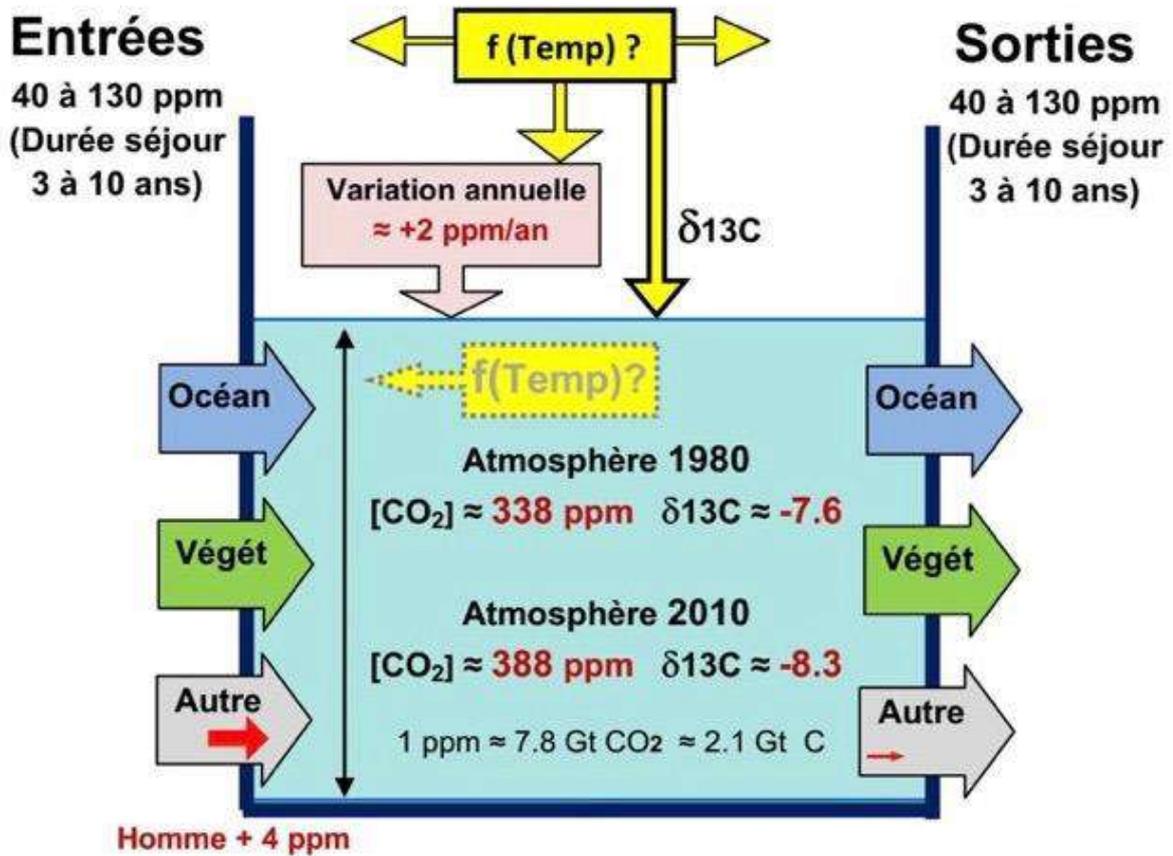


Figure 1. Rappels des observations (1/4) et corrélations (2/4).

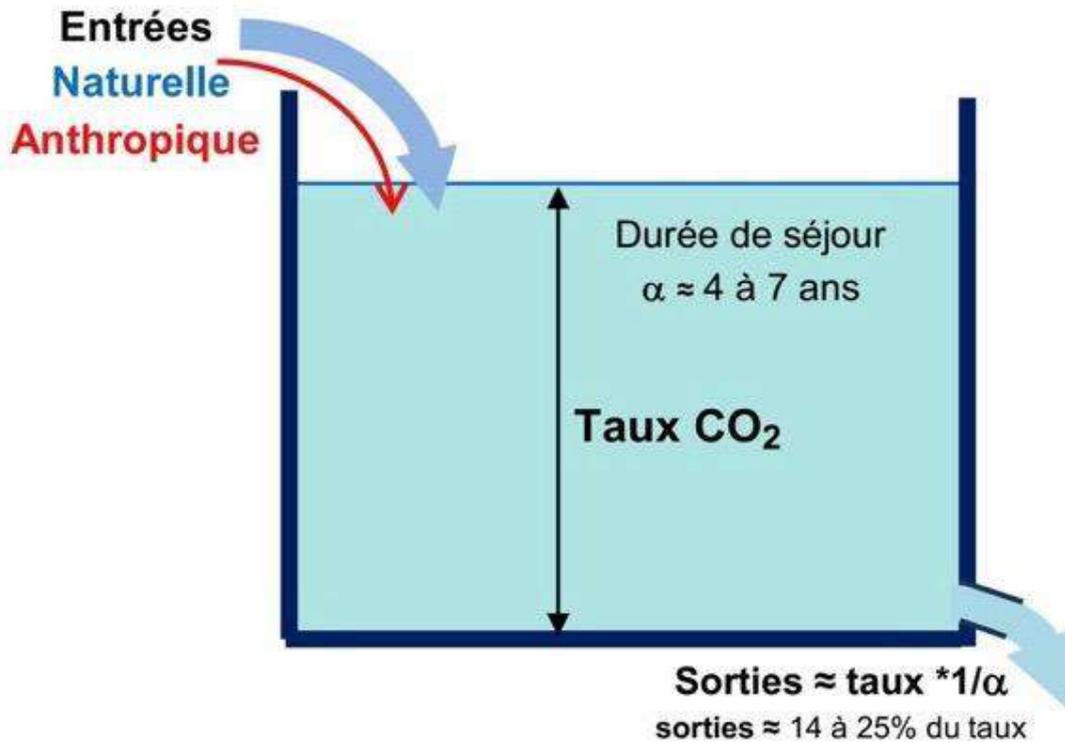
Les seules valeurs connues sont en rouge.

L'hémisphère Sud présente un taux de CO<sub>2</sub> inférieur de ≈2 ppm au taux de CO<sub>2</sub> de l'hémisphère Nord. Il existe une modulation annuelle du taux de CO<sub>2</sub>, très marquée au Nord. Cette modulation est la conséquence de la croissance végétale, elle augmente un peu plus vite que le taux de CO<sub>2</sub>.

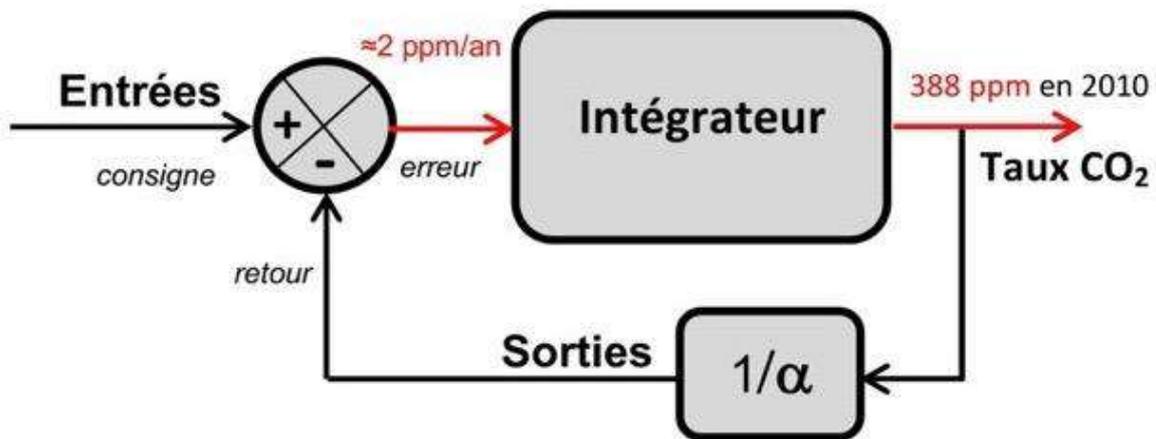
#### 5.D.1.1 Hypothèse de départ

L'absorption du CO<sub>2</sub> par la végétation a augmenté au moins aussi vite que le taux de CO<sub>2</sub>. → voir article 1/4 §A3 oscillation saisonnière ou bien référence (4).

L'absorption du CO<sub>2</sub> par l'océan dépend, via la loi de Henry, du taux de CO<sub>2</sub> atmosphérique. Dans la Fig.1, si la sortie « Autre » (largement inconnue, voir ici) est petite devant les 2 autres, alors le total des sorties sera quasi proportionnel au taux de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère.



**Figure 2a.** Modèle MP dans lequel les sorties sont proportionnelles au taux de CO<sub>2</sub>. Sorties = taux \* 1/α avec α = durée de séjour. Les sorties sont passives : elles ne dépendent que du taux de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère.

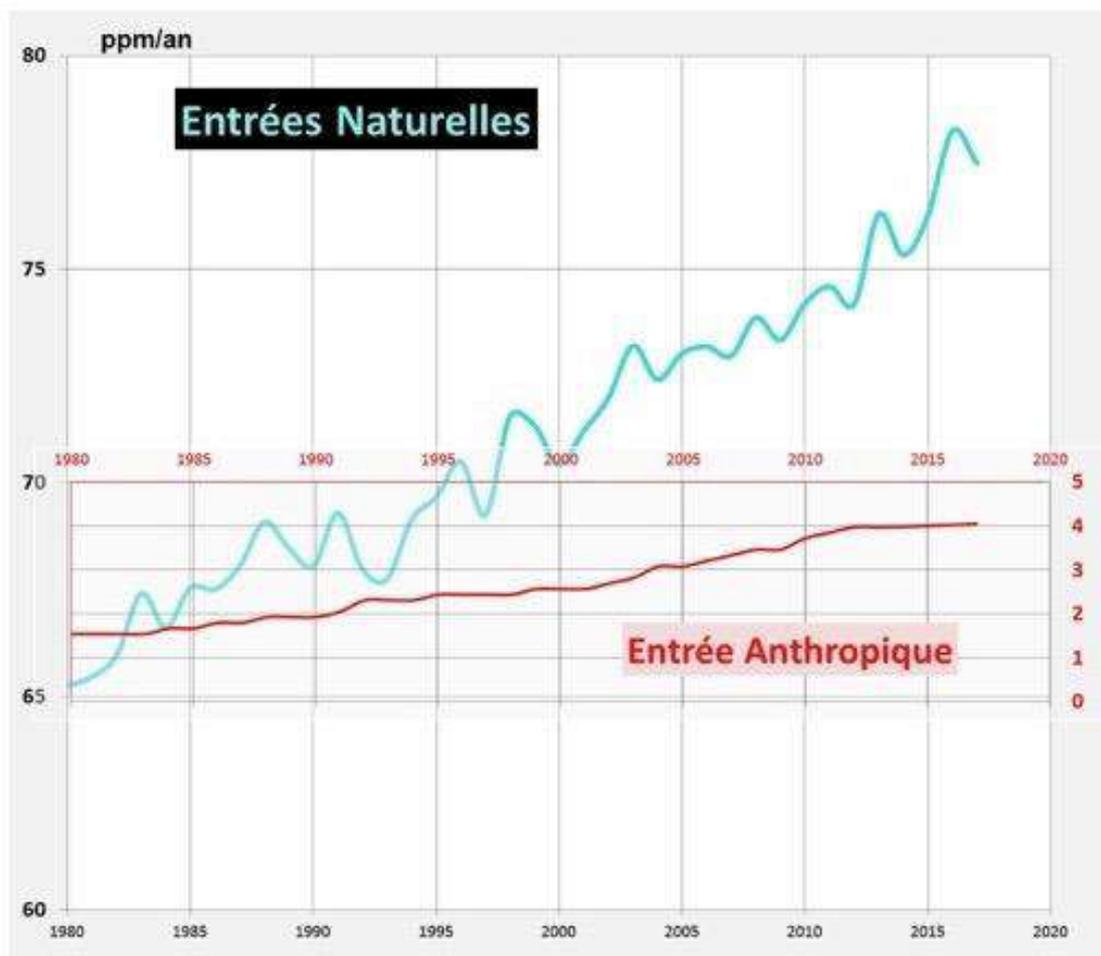


**Figure 2b.** Modèle MP du point de vue fonctionnel ou schéma bloc. Les valeurs en rouge sont les seules connues. La quantité consigne-retour se nomme usuellement « erreur » dans ce type de schéma bloc. L'erreur est ici = Entrées – Sorties. La consigne est la somme des entrées anthropique et naturelle.

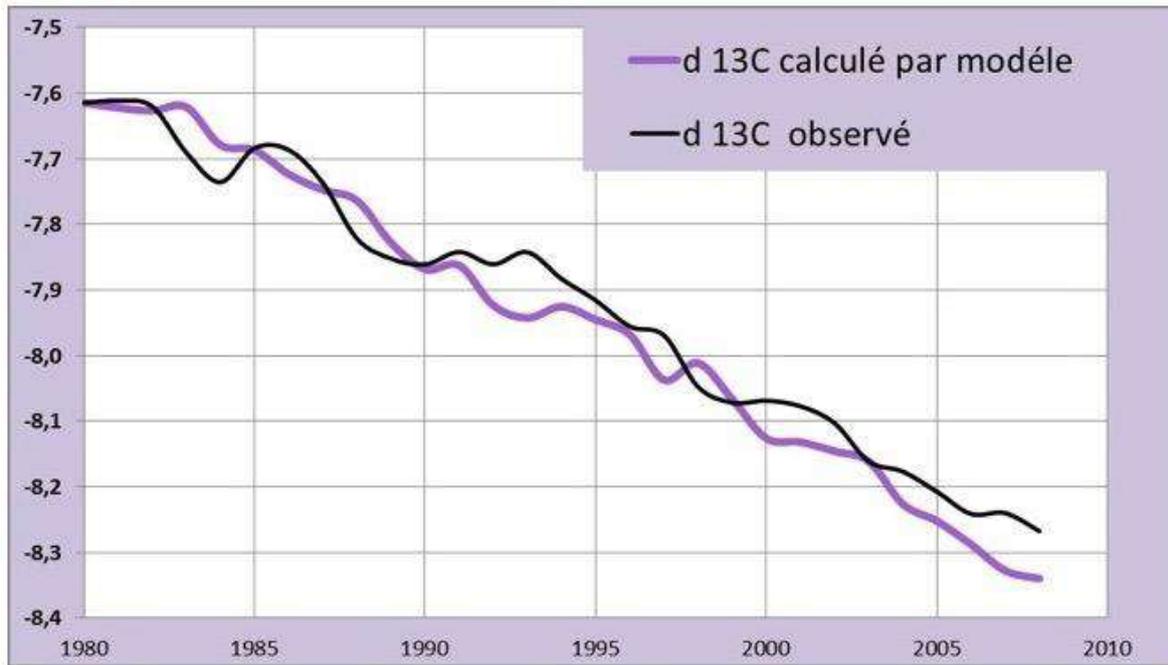
### 5.D.1.2 Conséquences de l'hypothèse de départ

La feuille de calcul (8) exploite dans l'onglet « Modèle **MP** » le modèle mixte **avec** sorties proportionnelles au taux de CO<sub>2</sub>. Le calcul des entrées naturelles comprend 3 étapes : calcul du total des sorties de l'année N (simple proportionnalité avec le taux de l'année N) , on ajoute ensuite la variation annuelle du taux entre les années N et N-1 pour obtenir le total des entrées pour l'année N. Les entrées naturelles sont obtenues en soustrayant les entrées anthropiques de l'année N. Il est possible, dans la feuille de calcul, de faire varier la durée de séjour  $\alpha$  entre 4 et 7 ans et donc la proportionnalité entre 14% et 25%. (Onglet Modèle **MP**, ascenseur en cellule B2).

Les figures 3a et 3b donnent les résultats obtenus dans la feuille de calcul avec une proportionnalité de 20% soit une durée de séjour  $\alpha$  de 5 ans.

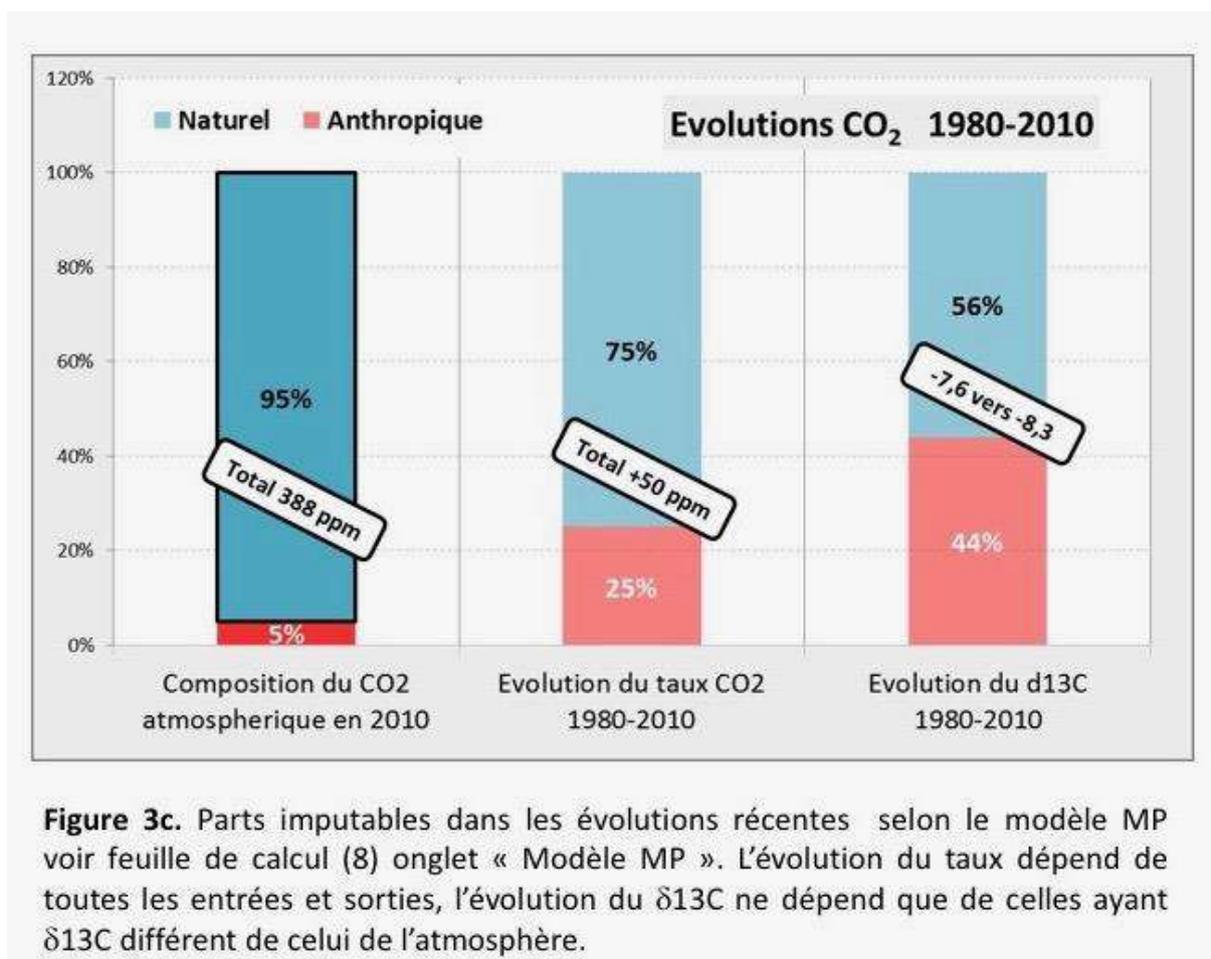


**Figure 3a.** Les entrées naturelles croissent  $\approx 3$  fois plus vite que l'entrée anthropique, (75% 25%). On trouve les 2 rampes de la Fig. 7.b



**Figure 3b.** Le modèle MP avec  $\delta^{13}\text{C} \approx -0.5 \text{ ‰}$  pour les apports naturels.

Il est possible de faire varier le  $\delta^{13}\text{C}$  et le ratio des apports nets anthropique/naturel. (onglet Modèle **MP**, ascenseurs en cellule B8 et E11). Avec un rapport de 44% anthropique pour 56% naturel, nous retrouvons le  $\delta^{13}\text{C}$  observé. L'augmentation des échanges est **majoritairement** celle des entrées naturelles devant celle de l'entrée anthropique.



A ce stade, le modèle **MP** se suffit à lui-même. Le modèle mixte 1 de départ (Fig.5b du [3/4](#)) correspond à des apports nets de l'océan et/ou de la lithosphère. Un modèle **MPL**(Lithosphère) ne sera pas abordé ici. Nous allons considérer maintenant l'océan pour expliquer l'essentiel de la hausse des entrées naturelles, ce modèle **MP** sera donc désigné par **MPO**.

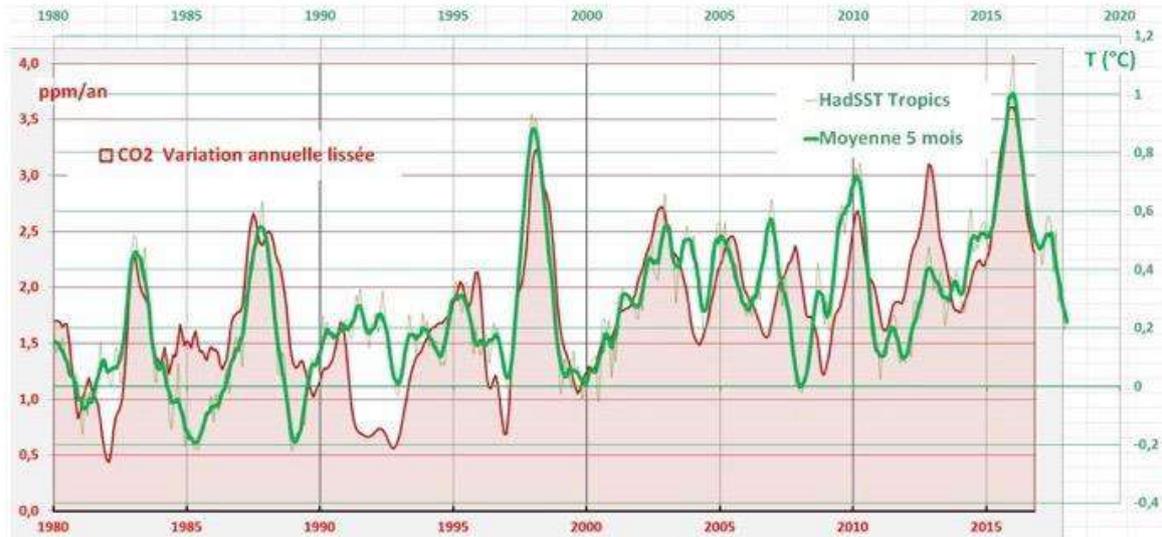
## 5.D.2 Modèle MPO

### 5.D.2.1 Océan: ordres de grandeurs et corrélations

L'océan contient  $\approx 50$  fois plus de CO<sub>2</sub> que l'atmosphère. La **surface d'échange** océan/atmosphère est énorme : 70 % de la surface de la Terre soit 360 millions de km<sup>2</sup>.

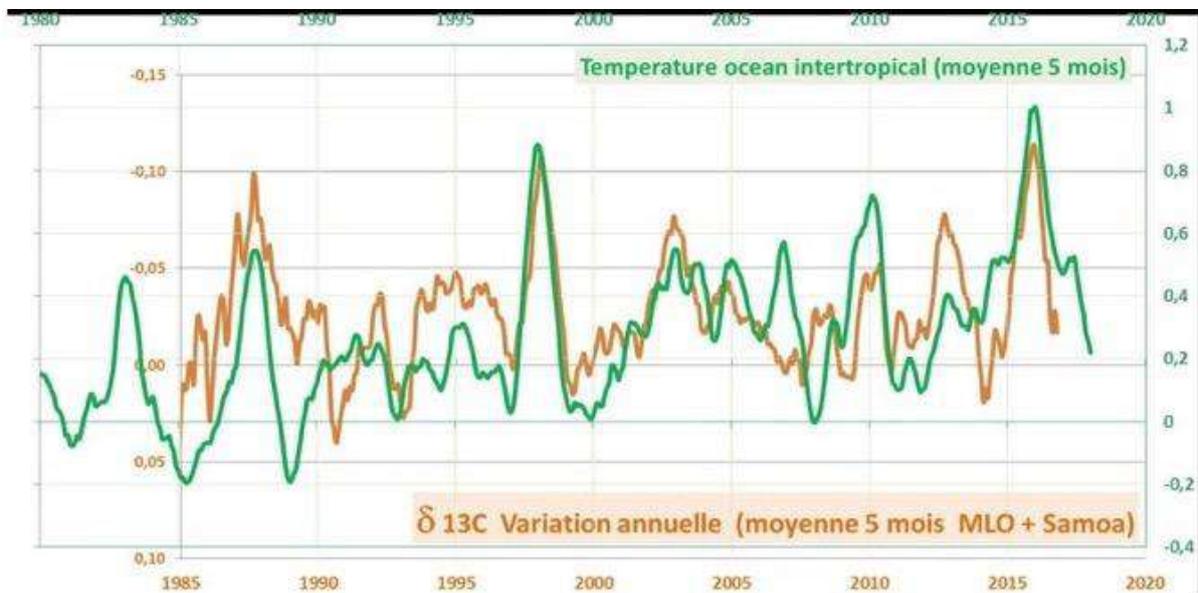
En 60 ans, si l'océan dégage 1% de son CO<sub>2</sub>, cette quantité correspond à 50% du CO<sub>2</sub> atmosphérique (entre 1958 et 2010 l'évolution mesurée du taux dans l'atmosphère est + 30%, ce qui est comparable) (2).

## LE CO<sub>2</sub> ATMOSPHERIQUE



**Figure 4a.** Corrélation « température » de l'océan intertropical versus variation annuelle du taux de CO<sub>2</sub> (voir [article 2/4 § B.1.1](#)). On trouve une relation approchée  $d[CO_2]/dt \approx 2.5 (SST) + 1$  (voir [article 2/4](#), légende de la Fig 13). La surface en rose sous la courbe rouge représente  $[CO_2]$  = le taux de CO<sub>2</sub>. Entre 1980 et 2010 cette surface donne bien les 50 ppm supplémentaires correspondant à l'évolution du taux entre ces 2 dates (depuis 338 ppm vers 388 ppm).

Lors des évènements El Niño de 1998 et 2016 nous avons les 2 plus fortes hausses du taux de CO<sub>2</sub> (Fig.4a) ainsi que la plus grande variation du  $\delta^{13}C$  (Fig.4b): les évènements El Niño concernent principalement l'océan intertropical.



**Figure 4b.** Corrélation « température » de l'océan intertropical versus variation annuelle du  $\delta^{13}C$ . Ici aussi, les 2 plus fortes variations se produisent lors des El Niño 1998 et 2016, lesquels concernent principalement l'océan intertropical.

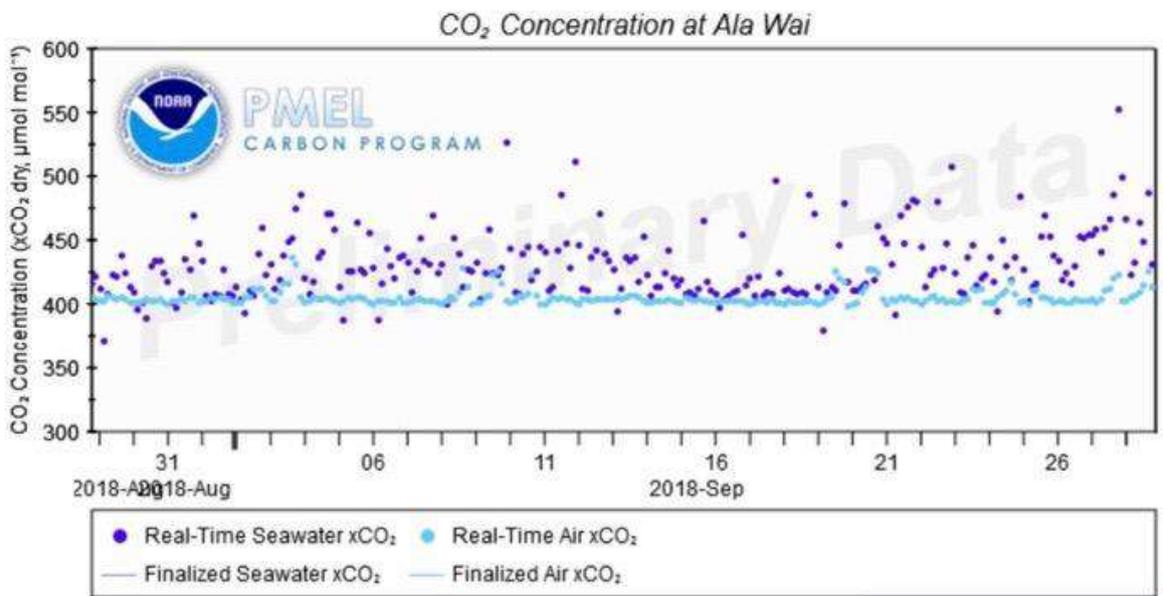
La solubilité dans l'océan du CO<sub>2</sub> dépend notamment de la température suivant la loi de Henry (le champagne chaud dégaze : il est préférable de le boire froid). La dépendance à la température de la pression partielle du CO<sub>2</sub> océanique fournit une **base d'explication** pour la relation  $d[CO_2]/dt \approx 2.5 (SST) + 1$  (voir la légende de la Fig.13 du [2/4](#)).

L'ensemble des considérations ci-dessus permet de comprendre que l'océan peut être un très bon moteur pour les évolutions récentes du CO<sub>2</sub>

On fait donc l'hypothèse que les 2 corrélations observées reflètent une relation de cause à effet: c'est la température de l'océan intertropical qui provoque l'**essentiel** des 2 variations (taux de CO<sub>2</sub> et δ13C).

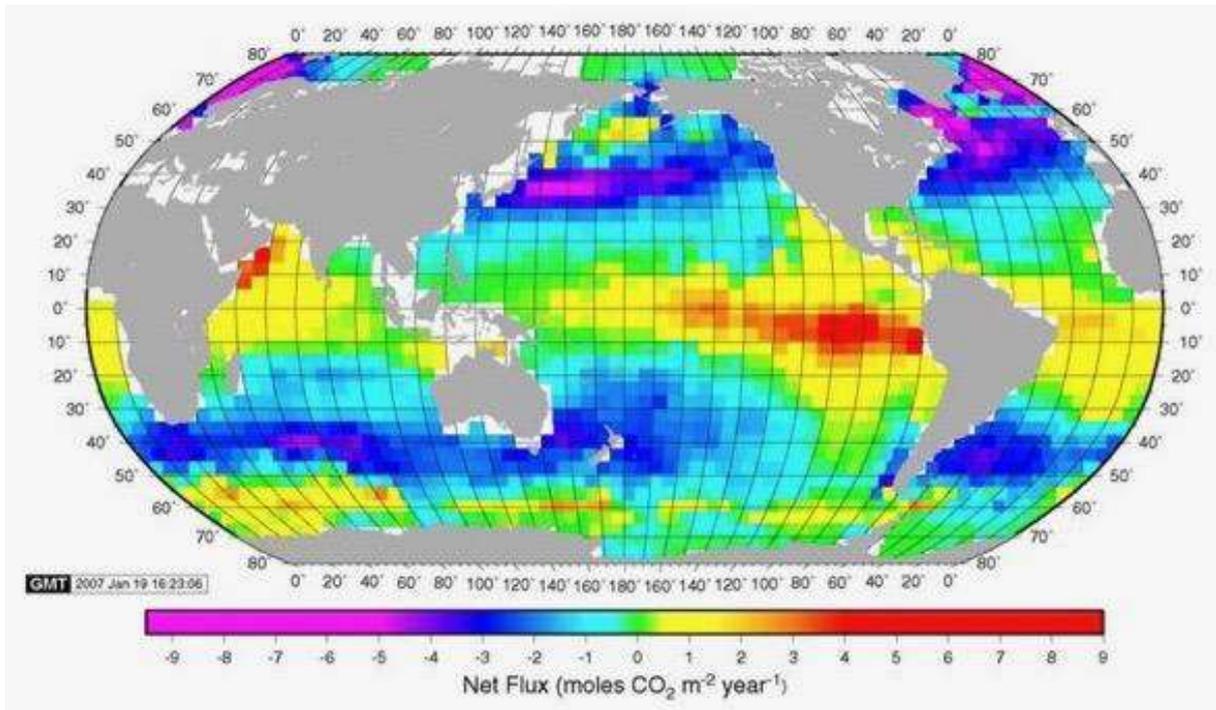
### 5.D.2.2 Océan : mesures et calculs

Les échanges de CO<sub>2</sub> océan/atmosphère dépendent de la différence entre les pressions partielles du CO<sub>2</sub> dans l'océan et dans l'air. Suivant le sens, l'océan va dégazer ou bien absorber du CO<sub>2</sub>. Mais la **quantité** réellement échangée va dépendre fortement de la **vitesse du vent local**. Il existe encore d'autres facteurs : alcalinité, température de l'eau, DIC (Dissolved Inorganic Carbon en μmoles / kg), activité biologique, etc. (5). **Le calcul est en général impossible par manque de mesures simultanées, a fortiori sur 360 millions de km<sup>2</sup>.**



**Figure 5a.** Les mesures sur un site du Pacifique intertropical (5). En bleu pâle la pression partielle dans l'air. En bleu foncé la pression partielle dans l'eau (elle est très variable !) (5).

Dans cette zone du Pacifique (Fig.5a) la pression partielle dans l'eau > pression partielle dans l'air donc l'océan dégaze du CO<sub>2</sub>. Ces données **ne suffisent pas** pour un calcul de la quantité dégazée sur ce site particulier car il faut connaître simultanément et à chaque mesure **la vitesse du vent**.



**Figure 5b.** Les flux de CO<sub>2</sub> air/océan selon [Takahashi](#). L'océan émettrait du CO<sub>2</sub> dans les zones intertropicales, absorberait dans les hautes latitudes (5).

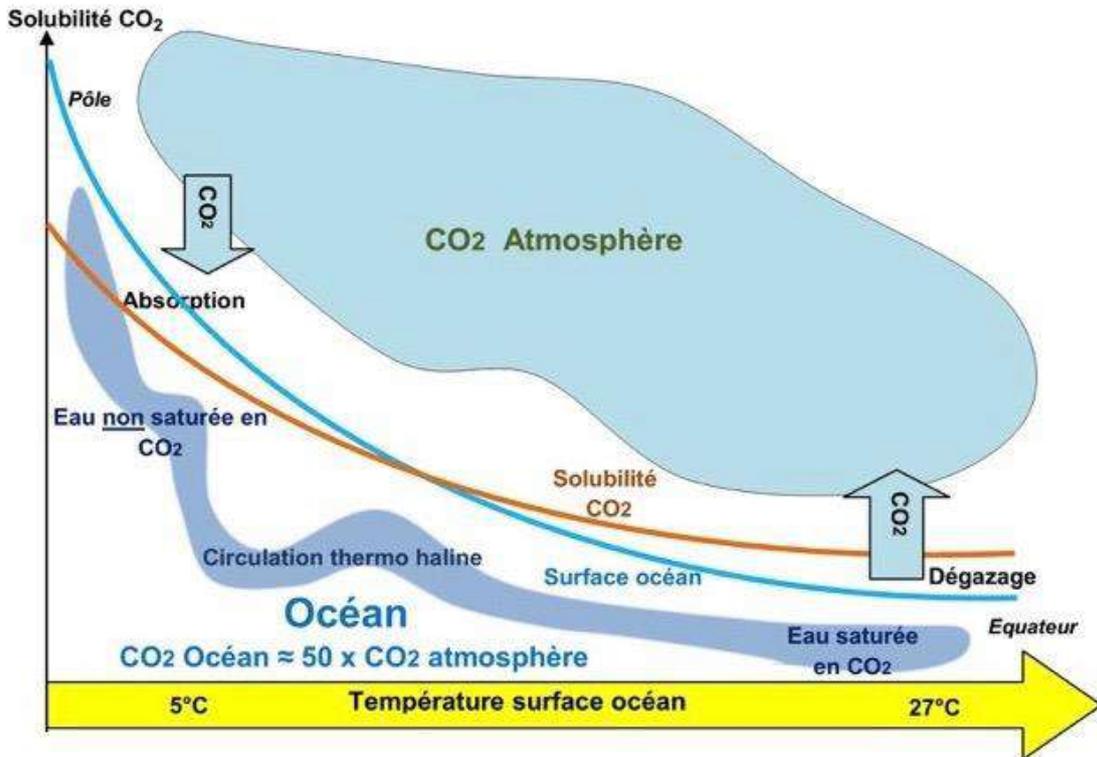
Ces flux sont obtenus par un calcul théorique, étalonné à partir d'environ 3 millions de mesures obtenues en 50 ans (5). Selon cet auteur pour une année **hors** El Niño, il y aurait quasiment équilibre : le solde net des flux  $\approx -2\text{Pg C/an}$  et l'océan absorberait  $-0.7\text{ ppm /an}$ .

Une estimation (8) du surplus pour une année El Niño donnerait un océan émetteur net  $\approx 5$  à  $10\text{ ppm}$  > aux émissions anthropiques  $\approx 4\text{ ppm/an}$ .

L'ensemble des considérations ci-dessus montre qu'il faut prendre toute valeur alléguée en entrée ou sortie du CO<sub>2</sub> de l'océan avec prudence : nous ne sommes pas, actuellement, en mesure de connaître ces valeurs globales (voir [ici](#)). Les valeurs **alléguées** par le GIEC pour l'océan (Figs. 2a et 2c du [3/4](#) Entrée = 36 ppm Sortie = 37 ppm) sont en réalité largement **inconnues**. On peut dire la même chose pour la végétation (Figs. 2a et 2c du [3/4](#) Entrée 55 ppm). Pour la difficulté à estimer la décomposition végétale [voir ici](#)

### 5.D.2.3 Océan: mécanisme

Les corrélations (Fig. 4a et 4b) pointent vers un mécanisme dépendant de la température de l'océan intertropical. Le mécanisme serait celui d'un dégazage de l'océan intertropical (20S – 20N) 'emportant sur l'absorption du reste de l'océan (en moyenne sur plusieurs années). Ce mécanisme serait la principale cause de la hausse du CO<sub>2</sub> atmosphérique, avec un complément provenant des émissions anthropiques.



**Figure 6.** Dégazage intertropical versus absorption haute latitude (à partir de la Fig. 5b).

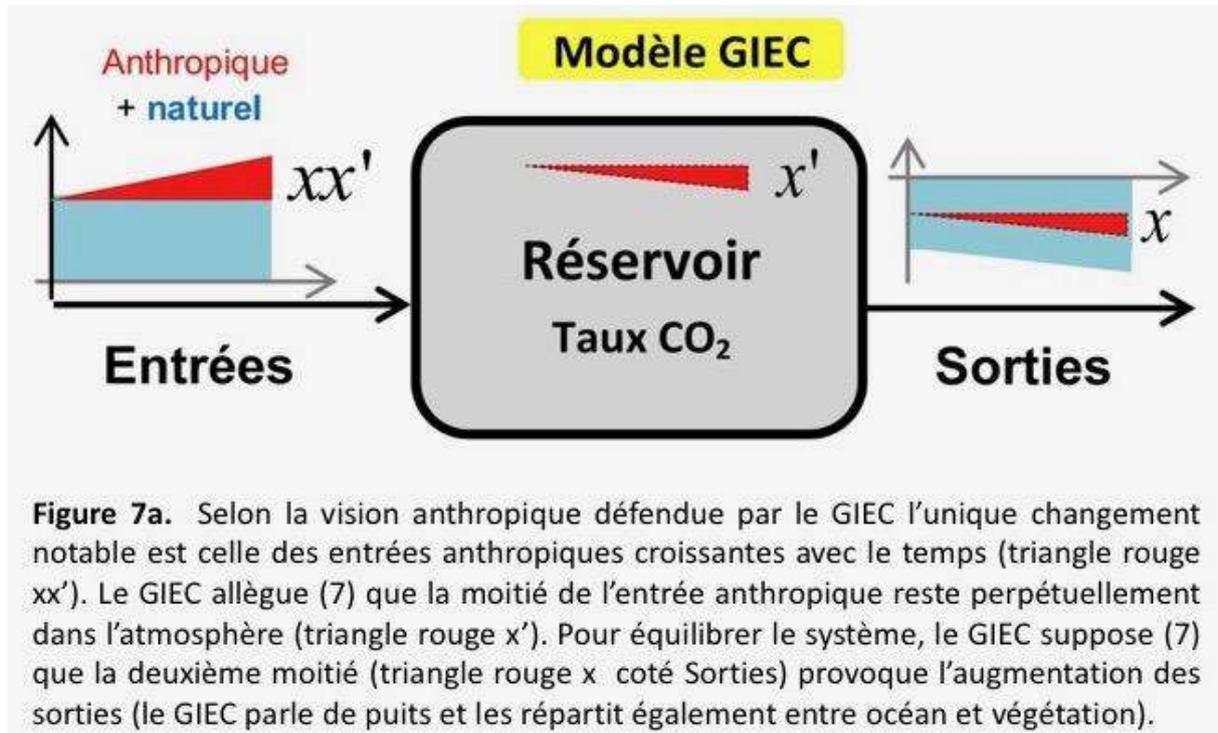
Dans la zone intertropicale, la surface océanique est chaude (température  $\approx 27^\circ\text{C}$ ), la solubilité est faible (courbe orange) l'océan est saturé en CO<sub>2</sub> : →**Dégazage**.

Dans les hautes latitudes la surface océanique est froide (température  $\approx 5^\circ\text{C}$ ), la solubilité est forte (courbe orange) l'océan n'est pas saturé en CO<sub>2</sub> : →**Absorption**.

La circulation sous la surface de l'océan permet la poursuite du cycle. Même si absorption et dégazage sont proches, en passant d'une absorption  $\approx$  dégazage  $\approx 25$  ppm en 1910 vers une absorption  $\approx$  dégazage  $\approx 35$  ppm en 2010 alors l'**intensification** absorption/dégazage aboutirait à une augmentation du taux de CO<sub>2</sub> atmosphérique. On peut noter que la variation de la solubilité n'est pas le seul phénomène en œuvre: **la température de surface de l'océan intertropical peut aussi influencer l'activité des micro-organismes présents.**

5.D.3 Comparaison modèle GIEC *versus* modèle MP

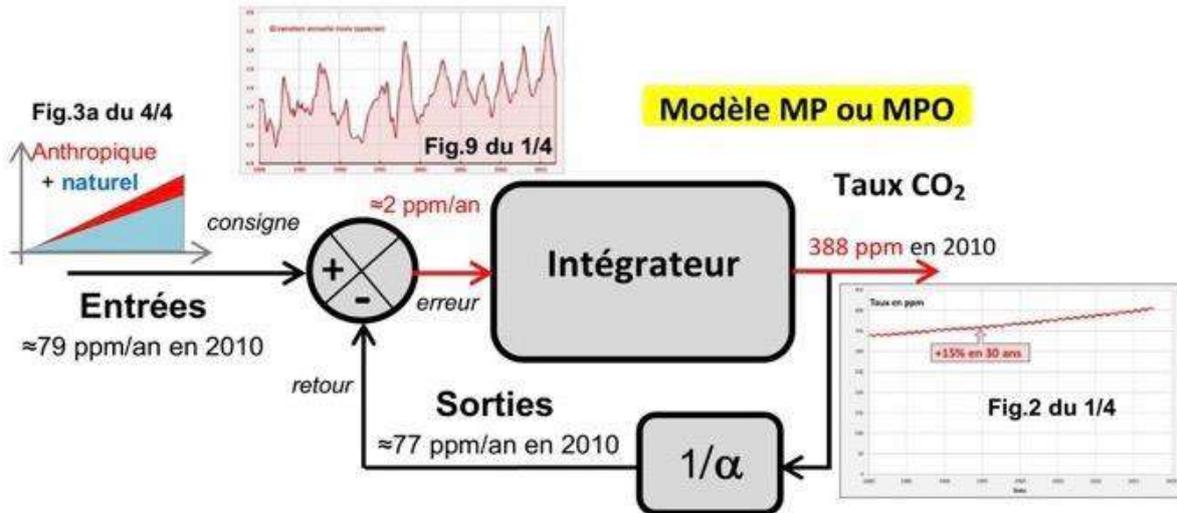
## 5. D.3.1 Les représentations mentales



**Figure 7a.** Selon la vision anthropique défendue par le GIEC l'unique changement notable est celle des entrées anthropiques croissantes avec le temps (triangle rouge  $xx'$ ). Le GIEC allègue (7) que la moitié de l'entrée anthropique reste perpétuellement dans l'atmosphère (triangle rouge  $x'$ ). Pour équilibrer le système, le GIEC suppose (7) que la deuxième moitié (triangle rouge  $x$  coté Sorties) provoque l'augmentation des sorties (le GIEC parle de puits et les répartit également entre océan et végétation).

On retrouve l'idée d'un système **statique** qui **réagit** à une **unique** perturbation causée par **l'homme**. Selon le modèle du GIEC, le CO<sub>2</sub> de l'entrée anthropique demeure à 50% **indéfiniment** dans l'atmosphère tandis que 50% sont absorbés par la végétation et l'océan à parts égales. Mais les 50 % qui resteraient dans l'atmosphère (triangle  $x'$  Fig.7a) ont pour conséquence une modification du  $\delta^{13}C$  en **désaccord** avec les observations (voir §C3 du [3/4](#)).

Une autre conséquence est extraordinaire: nous avons vu (C.2.1 dans [3/4](#)) que les molécules de CO<sub>2</sub> qui entrent dans l'atmosphère sont à 5% anthropiques et à 95% naturelles, que l'atmosphère est composée de 5% anthropiques pour 95% naturelles. Pourtant, selon ce modèle GIEC, pour **1000** molécules de CO<sub>2</sub> **sortantes**, on aurait la répartition 975 naturelles pour **25** anthropiques ! Nous devrions évidemment avoir en sortie la répartition 950 naturelles pour **50** anthropiques.



**Figure 7b.** Dans la vision MP, on retrouve le schéma fonctionnel présenté succinctement à la Fig.2b.

L'erreur (consigne – retour) correspond à la courbe rouge de la Fig.4a (également la Fig.9 du [1/4](#)). La sortie de l'intégrateur correspond à la Fig.2 du [1/4](#) c'est-à-dire au taux de CO<sub>2</sub> observé [CO<sub>2</sub>]. L'erreur (en entrée de l'intégrateur) est alors évidemment  $d[\text{CO}_2]/dt$ , et la corrélation de la Fig 4a nous indique que l'erreur dépend de la température de l'océan intertropical. On a  $\text{erreur} = d[\text{CO}_2] / dt \approx 2.5 (\text{SST}) + 1$ .

Les deux entrées, en forme de rampe, constituent la consigne : la rampe rouge (entrée anthropique) correspond à la courbe rouge de la Fig.3a (également la Fig.8 du [1/4](#)) La rampe bleue (entrées naturelles) correspond à la courbe bleue de la Fig.3a. L'hypothèse de proportionnalité a pour conséquence une rampe bleue qui augmente **plus vite** que la rampe rouge. L'augmentation du taux de CO<sub>2</sub> en sortie est principalement causée par la rampe bleue et accessoirement par la rampe rouge. L'augmentation du CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère est d'abord naturelle, avec une contribution anthropique minoritaire.

5.D.3.2 Les représentations schématiques

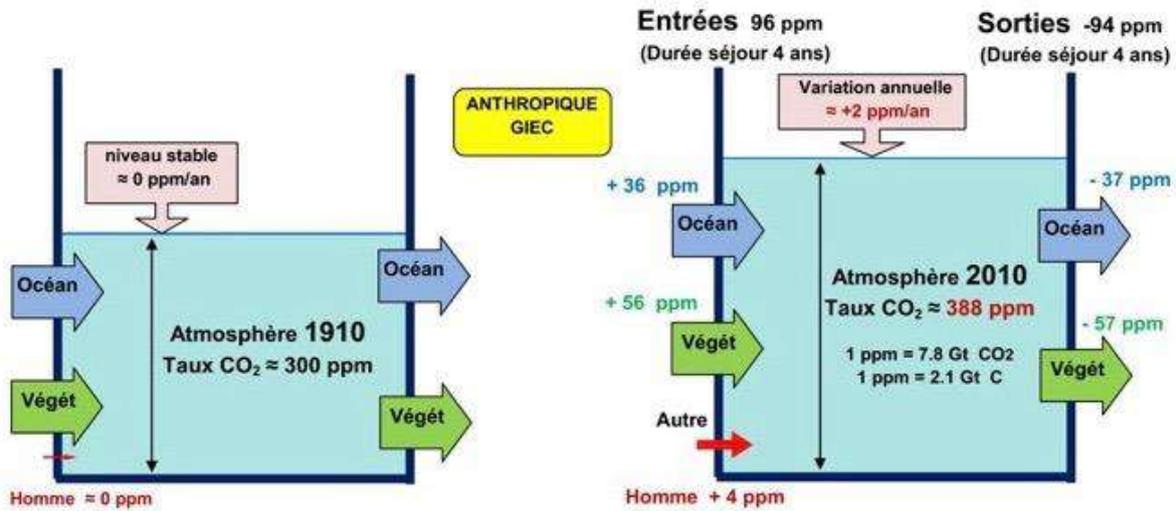


Figure 8a. Le modèle anthropique du GIEC considère que le seul changement notable en un siècle est dû à l'homme (voir Figs. 2a 2b 2c du 3/4). Les valeurs pour l'océan (+36 ppm et - 37 ppm) sont en réalité largement inconnues. Idem pour la végétation (+56 ppm et -57 ppm).

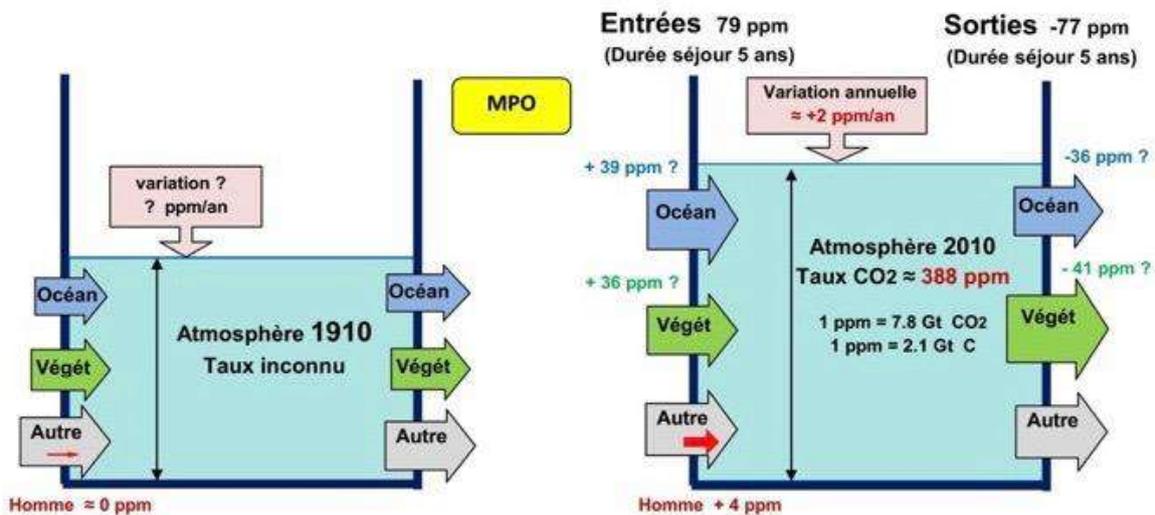


Figure 8b. Le modèle MPO, contrairement au modèle GIEC de la Fig. 8a, ne prétend pas connaître la situation un siècle avant (les mesures sont quasi inexistantes). Ce modèle MPO correspond à celui de la feuille de calcul (8) : sorties  $\approx 20\%$  du taux,  $\delta^{13}C \approx -0.5 \%$  pour les apports nets naturels et majoritaires.

Dans la Fig.8b, entre 1910 et 2010, **tous** les flux symbolisés par des flèches (entrées **et** sorties) ont augmenté → les **échanges** croissent et c'est la raison principale de la hausse du taux de CO<sub>2</sub>. La hausse moyenne de 2 ppm/an est répartie en 0.5 ppm/an anthropique et 1.5 ppm/an naturelle. Les

flèches grises « Autre » de la Fig.8b rappellent notre **connaissance limitée** des échanges : les valeurs numériques ne sont présentes que pour montrer l'idée générale, à savoir des entrées dominées par l'océan (+39 ppm ?) et des sorties **passives** dominées par l'absorption végétale (-41 ppm ?).

Les corrélations température/ variation annuelle du taux ou du  $\delta^{13}\text{C}$  proviennent **principalement** du dégazage de l'océan intertropical dans le modèle **MPO**.

Les **échanges** sont plus intenses dans l'hémisphère Nord (végétation et entrée anthropique), ce qui explique le surplus de 2 ppm entre les hémisphères Nord et Sud.

**Le modèle MPO respecte donc l'ensemble des contraintes de la Fig. 1**

### 5.D.3.3 Un scénario pour les évolutions récentes du CO<sub>2</sub> atmosphérique.

Pour les dernières décennies, en lien avec le modèle **MPO** et les Figs.6 et 7b, on propose la séquence descriptive suivante :

- L'océan intertropical augmente son dégazage (cycles océaniques de 60 ans?);
- En conséquence le taux de CO<sub>2</sub> atmosphérique croît;
- Un taux plus élevé de CO<sub>2</sub> entraîne une forte croissance végétale ainsi que l'augmentation de l'absorption par l'océan froid des hautes latitudes;
- Avec un décalage dans le temps, la décomposition végétale augmente à son tour.

Le résultat serait un transfert net de CO<sub>2</sub> **depuis** l'océan **vers** la végétation, en **traversant** l'atmosphère en  $\approx 5$  ans (durée de séjour);

L'**intensification** des échanges serait la cause de la hausse du taux de CO<sub>2</sub> atmosphérique.

L'apport anthropique aurait seulement un peu majoré ce transfert et donc participé modestement à la hausse du taux atmosphérique.

La variation du  $\delta^{13}\text{C}$  serait le résultat des apports nets océan et anthropique (voir modèle mixte1 de la Fig.5b du [3/4](#))

Une étude complète et bien documentée, établie par C. Veyres est disponible à la référence (6)

### 5.D.4 Conclusions

- Le cycle du CO<sub>2</sub> des dernières décennies est **largement inconnu** ainsi que l'illustre la figure 1 (voir aussi [ici](#)); Le cycle est malheureusement complexe : le présent article en 4 parties correspond à  $\approx 25$  pages;
- **Si les sorties sont bien à peu près proportionnelles au taux de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère, alors les évolutions récentes du CO<sub>2</sub> sont principalement naturelles;**
- **Indépendamment** du modèle **MP**, il est raisonnable de considérer l'océan intertropical comme le moteur principal : nous obtenons alors un cadre général pour les évolutions depuis 1958 en considérant le modèle **MPO**. Ce modèle satisfait **l'ensemble** des observations et corrélations développées dans les articles [1/4](#) et [2/4](#). et résumées à la Fig.1;
- Comme tout modèle, le modèle **MPO** est **provisoire**. Il devra être corrigé, par exemple si les sorties ne sont pas **du tout** proportionnelles au taux, si la durée de séjour est très variable au cours du temps, si les échanges « Autres » sont importants (micro-organismes, lithosphère etc.);
- Notre tendance naturelle à l'anthropocentrisme nous pousse à imaginer spontanément le schéma de type Ptolémée de la Fig.7a. Le schéma fonctionnel de la Fig.7b constitue alors un changement copernicien de point de vue.

## Références

- 1 Mesures du taux de CO<sub>2</sub> et variation annuelle ESRL NOAA [Earth System Research Laboratory](#).
  - 2 Rapport isotopique Carbon Dioxide Information Analysis Center iso-sio [CDIAC](#).
  - 3 Emissions anthropiques Fossil-Fuel CO<sub>2</sub> Emissions [CDIAC](#).
  - 4 Croissance végétale <https://www.nature.com/articles/nclimate3004> ou bien <https://www.nature.com/articles/nature22030>
  - 5 Mesures du carbone dans l'océan [Pmel NOAA](#) [Calcul pression partielle](#) [Takahashi](#)
  - 6 Cycle du carbone: [Camille Veyres](#) [Herman Harde](#) [Edwin Berry](#)
- 7 Dans le résumé pour les décideurs [B.5 en page 12](#) on peut lire:  
"This results in cumulative anthropogenic emissions of **555** [470 to 640] GtC. {6.3}  
Of these cumulative anthropogenic CO<sub>2</sub> emissions, **240** [230 to 250] GtC have accumulated in the atmosphere, **155** [125 to 185] GtC have been taken up by the ocean and **160** [70 to 250] GtC have accumulated in natural terrestrial ecosystems (i.e., the cumulative residual land sink)"

Dans la Fig.7a, le triangle xx' correspond donc à 555 GtC, le triangle x' correspond à 240 GtC, enfin le triangle x correspond à (155 + 160) GtC.

Les valeurs de x et x' sont *ad hoc*. L'Institut Ptolémée pour la Culpabilité du Carbone (IPCC) innove seulement dans le domaine de la géométrie: les épicycles (circulaires au Moyen Âge) prennent ici la forme de triangles.

8 [La feuille de calcul « CO<sub>2</sub> MPO »](#) met en forme les données d'observations, expose les modèles MP, estime quelques ordres de grandeurs.

## 6. Le CO<sub>2</sub> belge, que représente-t-il vraiment ?

Mis en ligne SCE : 17.04.2019

Cet article s'inscrit dans le cadre de l'activité actuelle médiatique tout azimut en Belgique, notamment relayée par les marches hebdomadaires des étudiants pour le climat. Comme vous le savez peut-être si vous êtes un lecteur fidèle de SCE, nous avons démontré dans plusieurs articles que l'hypothèse de l'effet de serre radiatif ne tient pas la route ([ici](#), [ici](#) et [ici](#)) et n'explique pas le léger réchauffement actuel de la basse atmosphère. Les fins connaisseurs savent également qu'il existe de nombreuses publications scientifiques remettant en cause l'hypothèse de l'effet de serre radiatif ([plus de 500 publications rien que pour 2018](#)), toutes écrites par des physiciens, des chimistes, des géologues ou des climatologues. Si cette somme d'évidences vous a convaincu, le GIEC aurait alors tort sur toute la ligne et le CO<sub>2</sub> d'origine anthropique n'aurait aucun rôle majeur déterminant la température de la basse troposphère. Cependant, admettons un instant que vous ne soyez pas convaincu et admettons donc que le GIEC ait raison. Tout ce qui est écrit dans son [dernier rapport spécial](#) devrait alors être vrai... Quelle serait alors la part de la Belgique dans le réchauffement? Asseyez-vous pour ne pas tomber, vous allez être surpris.

### 6.1. La température du futur selon le dernier rapport du GIEC

Commençons par le dernier « rapport spécial du GIEC »[\[1\]](#). Ce rapport est intitulé « Global warming of 1.5°C » et a été publié fin 2018. Comme tout bon rapport du GIEC, celui-ci commence par un [résumé pour décideurs \(SPM\)](#) faisant 30 pages. Le résumé SPM commence par une phrase très claire, en page 6 au point A.1. Voici sa traduction :

*« On estime que les activités humaines ont provoqué un réchauffement global d'approximativement 1,0°C par rapport au niveau pré-industriel, avec une gamme possible de 0,8°C à 1,2°C. Le*

*réchauffement global atteindra certainement 1,5°C entre 2030 et 2052 si le rythme actuel est maintenu (confiance élevée) (Figure SPM.1). »*

Pour bien comprendre il suffit de consulter la Figure 1 ci-dessous, reprenant la Figure SPM.1 du GIEC. Par rapport à 1850-1900, la température actuelle est de 1°C plus élevée. **Si l'on ne fait rien, la température moyenne globale en 2040 serait de 0.5°C plus élevée par rapport à aujourd'hui** (ligne orange en pointillés). Oui, vous avez bien lu, seulement +0.5°C dans 21 ans par rapport à aujourd'hui si l'on ne fait rien. Disons-le tout de suite, si la prédiction du GIEC est vraie, l'accroissement de température est tellement faible que personne ne s'en rendra compte... Mais poursuivons.

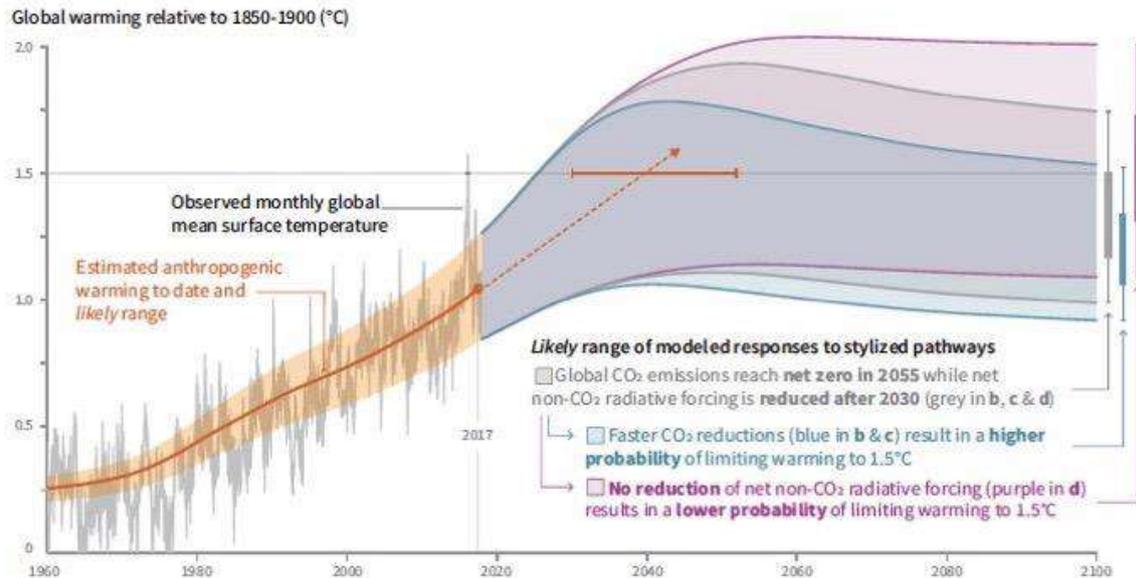


Figure 1. Extrait de la Figure SPM.1 du résumé pour décideurs (SPM) du rapport spécial publié par le GIEC fin 2018. Cette figure se trouve en page 8 du rapport du GIEC.

## 6.2. La cause de l'augmentation de température

Comme vous le savez, puisque les médias en parlent sans cesse, l'augmentation de 0,5°C serait **uniquement** causée par les émissions humaines de gaz à effet de serre, particulièrement le CO<sub>2</sub>. Cependant, le GIEC ne semble pas si catégorique : le point A.2 du SPM nous dit :

*A.2 (page 7). « **Le réchauffement causé par les émissions anthropiques** depuis la période pré-industrielle jusqu'à aujourd'hui persistera pendant des siècles voire des millénaires et continuera à causer des changements à long terme dans le système climatique, comme la montée du niveau marin, avec ses impacts associés (confiance élevée), **mais il est improbable que ces émissions seules puissent causer un réchauffement global de 1,5°C**(confiance moyenne) (Figure SPM.1). »*

*A.2.1 (page 7). « Les émissions anthropiques (incluant les gaz à effet de serre, les aérosols et leurs précurseurs) jusqu'à aujourd'hui **ne causeront probablement pas un réchauffement supplémentaire de plus de 0,5°C au cours des prochaines décennies** (confiance élevée) ou sur une échelle de temps de l'ordre du siècle (confiance moyenne). »*

A.2.2 (page 7). « **En atteignant puis en maintenant des émissions anthropiques globales de CO<sub>2</sub> proches de zéro, tout en diminuant le forçage radiatif net non causé par le CO<sub>2</sub>, aurait pour effet de cesser le réchauffement global anthropique sur une échelle multi-décennale (confiance élevée).** »

Le GIEC reconnaît donc au point A.2 que les émissions humaines ne seraient pas la seule cause du réchauffement global. Incroyable mais vrai! Au point A.2.1, le GIEC nous dit aussi que le réchauffement ne s'emballera pas. Ceci est d'ailleurs très clair sur la Figure 1 : un plateau est atteint en 2040, voire 2060, et la température obtenue est stable. Dans le pire des cas nous obtenons une température moyenne globale de seulement 1°C plus élevée par rapport à aujourd'hui. Finalement, au point A.2.2, le GIEC nous dit qu'en arrêtant d'émettre du CO<sub>2</sub> on arrête le réchauffement global.

### 6.3. Lien entre température et CO<sub>2</sub> : l'exemple de la Belgique

Puisqu'un lien entre température globale et taux de CO<sub>2</sub> semble établi par le GIEC (point A.2.2 du SPM), voyons ce que cela donne en transposant à la Belgique. Selon les statistiques de l'OECD et de l'AIE, avec ses 115 Mt de CO<sub>2</sub> (en 2017, [ici](#)), **la Belgique n'est responsable que de 0.27% des émissions anthropiques mondiales de CO<sub>2</sub>**. Ceci revient à dire que la Belgique ne participera que très peu aux 0,5°C d'augmentation. Peux-t-on calculer la part belge du réchauffement?

Il faut savoir que si l'hypothèse de l'effet de serre est correcte, **il est très délicat d'établir un lien entre augmentation de CO<sub>2</sub> et température globale**. De plus, comme les températures sont des **grandeurs intensives**, on ne peut normalement pas additionner des élévations de température pays par pays pour arriver à 0,5 °C. Cela n'a aucun sens physique.

Cependant, bien que cela n'ait aucun sens physique, tentons une approximation pour bien comprendre la faible participation belge à un éventuel réchauffement. Par exemple, si l'on considère que la variation de température se fait de manière linéaire et proportionnelle au taux de CO<sub>2</sub> on pourrait calculer **que si l'on ne fait rien, la Belgique serait responsable dans 21 ans d'une augmentation de 0,00135°C, soit un millième de degré**( $0,5 * 0,27 / 100 = 0,00135$ ). Vous en conviendrez, ceci serait indétectable par les thermomètres usuels, et tous les efforts consentis par les belges seraient inutiles.

Bien entendu la relation entre taux de CO<sub>2</sub> et température moyenne globale, selon l'hypothèse d'un effet de serre radiatif, n'est pas décrite comme linéaire. Le GIEC utilise par exemple une formule semi-empirique pour lier taux de CO<sub>2</sub> atmosphérique au **forçage radiatif (ΔF, en W m<sup>-2</sup>)** :

$$\Delta F \text{ (W m}^{-2}\text{)} = 5,35 \ln C/C_0$$

Cette expression, publiée par [Myrhe et al. \(1998\)\[2\]](#), est expliquée dans un précédent article publié sur SCE ([ici](#)). Dans cette formule 'C' est la concentration du CO<sub>2</sub> en ppmv (parties par million en volume) à un moment donné et 'C<sub>0</sub>' la concentration de référence, par exemple avant le début de l'ère industrielle (278 ppmv). Elle est obtenue en introduisant des teneurs en CO<sub>2</sub> extrapolées jusqu'à 1000 ppmv dans plusieurs modèles climatiques globaux.

Ensuite le problème est d'établir un lien entre le forçage radiatif estimé d'après la formule de Myrhe et al. (1998) et l'augmentation de température qui en résulterait. A cet effet les climatologues se

basent toujours sur la formule de Stefan Boltzmann qui lie la puissance rayonnée par unité de surface  $F$  à la température  $T$  (en K) à la puissance 4, **malgré les problèmes théoriques que cela pose**. Le GIEC introduit ensuite dans les modèles informatiques plusieurs rétroactions positives dont l'importance permet de faire n'importe quelle prévision. Nous voyons donc que le lien supposé entre taux de CO<sub>2</sub> et température globale n'est pas considéré par le GIEC comme simplement linéaire et est d'ailleurs discutabile ([ici](#)).

Quoi qu'il en soit, l'influence du CO<sub>2</sub> belge (0,27% du total) sur une éventuelle élévation de température est absolument **négligeable** mais difficilement calculable avec les modèles utilisés par le GIEC. **En d'autres mots, si le peuple belge montre l'exemple et que demain il n'émet plus de CO<sub>2</sub> alors que le reste du monde continue d'en émettre, la température en 2040 sera quand même 0,5°C plus élevée par rapport à aujourd'hui, du moins si la prévision du GIEC est correcte.** Aucun thermomètre usuel ne pourra mesurer la contribution de la Belgique et aucun être humain sur la planète ne se rendra compte des efforts des belges, si ce n'est le peuple belge lui-même, privé de voitures, sans plus aucune industrie ni plus aucun avion, et devant aller à la rivière pour laver son linge comme on le faisait il y a 200 ans.

#### 6.4. Conclusions

- Si l'hypothèse de l'effet de serre radiatif est correcte et que le GIEC a raison, la température globale en 2040 (dans 21 ans) ne sera que de **0,5°C plus élevée par rapport à aujourd'hui**. Et si la Belgique ne fait rien, à elle seule elle n'aura fait monter la température que de quelques millièmes de degrés. Le chiffre exact étant inconnu étant donné la complexité de la relation entre taux de CO<sub>2</sub> et température globale mais également parce que la température est une variable intensive. Mais quoi qu'il en soit, l'ordre de grandeur est le millième de degrés.
- Si la Belgique stoppe immédiatement toute activité industrielle et interdit par exemple les voitures et les avions, la température en 2040 sera quand-même plus élevée **d'environ 0,5°C. Personne ne se rendra compte des efforts des belges, si ce n'est le peuple belge revenu au temps des cavernes.** Pensez-vous que les autres pays abandonneront leur confort pour suivre le bon exemple de la Belgique? Connaissant la nature humaine on peut parier que non. Et même si le monde entier suit la Belgique, rappelez-vous que l'effet de serre n'est qu'une hypothèse et que l'on ne parle que de 0,5°C... Cela en vaut-il la peine? N'oubliez pas non plus que les effets d'un léger réchauffement sur la biodiversité ou les événements climatiques extrêmes sont plus que discutables ([ici](#) et [ici](#)). Par contre, le taux de CO<sub>2</sub> croissant a bel et bien provoqué un **verdissement de la planète** et une augmentation des productions agricoles ([ici](#)). Ces faits bien établis sont toujours passés sous silence par les médias et les catastrophistes qui ne veulent voir le CO<sub>2</sub> que comme un poison.

Ne serait-il pas plus opportun de s'occuper des vrais problèmes, comme la pollution des sols, la pollution des océans par les plastiques et rejets de toutes sortes, les gaspillages, la surpopulation, le chômage, les guerres ou l'éducation (particulièrement celle des jeunes qui défilent dans les rues et qui ne connaissent même pas la composition de l'atmosphère, **tout comme leur professeur**)?

#### Références

[1] Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W.

Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)). World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, 32 pp.

[2] Myhre G, Highwood EJ, Shine KP, Stordal F (1998) New estimates of radiative forcing due to well mixed greenhouse gases. Geophys Res Lett 25(14):2715–2718.

## 7. La croissance du CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère est-elle exclusivement anthropique ? (1/3)

Mis en ligne SCE : 13.06.2019

### Carbone 14 et Effet Suess

Une croissance du CO<sub>2</sub> atmosphérique qui serait **exclusivement** anthropique est contradictoire avec les observations du carbone 13 dans l'atmosphère ([ici](#)). Cet article en 3 parties va montrer **qu'il existe également des contradictions avec les observations du carbone 14**. Celui-ci est utilisé à des fins de datation jusqu'à 50 000 ans BP ([Before Present](#)) et on dispose de nombreuses études (pour calibration) sur son évolution dans l'atmosphère.

La première partie s'intéresse, non pas aux datations, mais à la **dilution** du carbone 14 que provoque l'ajout de CO<sub>2</sub> anthropique (effet SUESS) **avant** les essais thermonucléaires de 1952-1963.

Dans la seconde partie nous verrons que l'évolution du carbone 14 **après** 1963 est **aussi** en contradiction avec une croissance du CO<sub>2</sub> exclusivement anthropique.

#### 7.1. Le carbone dans l'atmosphère [1] [5]

Le carbone existe habituellement sous 3 formes isotopiques : <sup>12</sup>C pour ≈ 98.9% , <sup>13</sup>C pour ≈ 1.1 % et <sup>14</sup>C à l'état de traces (Fig. 1a).

	<sup>12</sup> CO <sub>2</sub>	<sup>13</sup> CO <sub>2</sub>	<sup>14</sup> CO <sub>2</sub>
<b>CO<sub>2</sub> atmosphérique en 2015</b>	<b>98,89%</b>	<b>1,114%</b>	<b>≈ 10<sup>-12</sup></b>
<b>CO<sub>2</sub> anthropique</b>	<b>98,91%</b>	<b>1,092%</b>	<b>0</b>

*Figure 1a. La seule différence entre CO<sub>2</sub> anthropique et CO<sub>2</sub> atmosphérique réside dans les proportions du mélange des isotopes: le CO<sub>2</sub> anthropique est appauvri en <sup>13</sup>C et <sup>14</sup>C. L'ajout de CO<sub>2</sub> anthropique va modifier, au fil des années, les proportions du mélange isotopique dans l'atmosphère.*

Le carbone 14 n'est pas stable : sur 1000 atomes <sup>14</sup>C, il en subsiste ≈ 500 après 5730 ans (= période de demi-vie, Fig. 1b).

Durée (années)	demi vie			$\tau$		
	10	50	100	5730	8267	50000
Il subsiste	99,88%	99,40%	<b>98,8%</b>	50,00%	36,79%	<b>0,24%</b>
Il disparaît	0,12%	0,60%	<b>1,2%</b>	50%	63%	<b>99,76%</b>

Figure 1b. [5] Désintégration de l'isotope 14 du carbone. La décroissance est proportionnelle au nombre d'atomes subsistants.

Pourquoi reste-t-il encore aujourd'hui du carbone 14? La raison se trouve dans l'existence d'un flux de neutrons cosmiques qui interagissent avec l'azote dans la haute atmosphère pour former <sup>14</sup>C (<sup>14</sup>N + n → <sup>14</sup>C + 1p). Le <sup>14</sup>C va s'oxyder rapidement pour donner la molécule <sup>14</sup>CO<sub>2</sub> (dioxyde de carbone avec carbone = <sup>14</sup>C).

- Si le flux de neutrons cosmiques est presque constant à l'échelle du siècle, alors un niveau d'équilibre **dynamique** doit s'établir : la production en 100 ans de <sup>14</sup>C en haute atmosphère compense la disparition en 1 siècle (-1,2%) du <sup>14</sup>C.  
Au cours des derniers siècles, cet équilibre dynamique correspond à environ 1 molécule <sup>14</sup>CO<sub>2</sub> pour 10<sup>12</sup> molécules <sup>12</sup>CO<sub>2</sub>.
- Le carbone végétal ou animal trouve sa source dans le CO<sub>2</sub> atmosphérique. Le <sup>14</sup>CO<sub>2</sub> sera lui aussi incorporé dans la matière organique. Il y a, à terme, équilibre dynamique entre carbone 14 de l'atmosphère et carbone 14 de la matière organique par recyclage du carbone. Le rapport <sup>14</sup>C / <sup>12</sup>C va diminuer **après** la mort de l'organisme car il n'y a plus d'apport de <sup>14</sup>C. L'idée d'utiliser cette décroissance pour datation « carbone 14 » est due à W.F.Libby (1946).

Les études pour calibration des datations ont montré, que d'une part, **l'homme modifie** le rapport <sup>14</sup>C / <sup>12</sup>C dans l'atmosphère, et, d'autre part, le passage du carbone depuis le CO<sub>2</sub> atmosphérique vers la biosphère conduit à un fractionnement isotopique (la végétation sélectionne le <sup>12</sup>C de préférence au <sup>14</sup>C).

Pour 10 <sup>12</sup> atomes de carbone 12	$\Delta^{14}\text{C}$	Exemple
0 atome carbone 14	-1000 ‰	CO <sub>2</sub> anthropique
≈ 1 atome carbone 14	0 ‰	≈ Atmosphère en 1890
≈ 2 atomes carbone 14	1000 ‰	≈ Atmosphère en 1963

Figure 1c. [5] On évalue la proportion de <sup>14</sup>C en mesurant l'écart par rapport à une référence étalon. Pour des raisons pratiques, la mesure est adaptée afin d'obtenir une grandeur normalisée  $\Delta^{14}\text{C}$  usuellement exprimée en ‰.

Par commodité, on a fixé  $\Delta^{14}\text{C} = 0\text{‰}$  pour **l'équilibre** : production par les neutrons cosmiques en haute atmosphère = disparition par désintégration (Fig. 1c). Avant 1850 on a  $\Delta^{14}\text{C} = 0\text{‰}$ , l'homme n'influaient alors quasiment pas sur le CO<sub>2</sub> atmosphérique.

En l'absence totale de <sup>14</sup>C, le CO<sub>2</sub> est tel que  $\Delta^{14}\text{C} = -1000\text{‰}$ . C'est le cas du CO<sub>2</sub> produit par les combustibles fossiles, formés il y a plusieurs millions d'années, et qui ne comportent donc plus de <sup>14</sup>C (voir Figs. 1a et 1b).

## 7.2. Evolutions du carbone 14 dans l'atmosphère

La reconstitution de la Fig. 2 résume les observations sur <sup>14</sup>C.

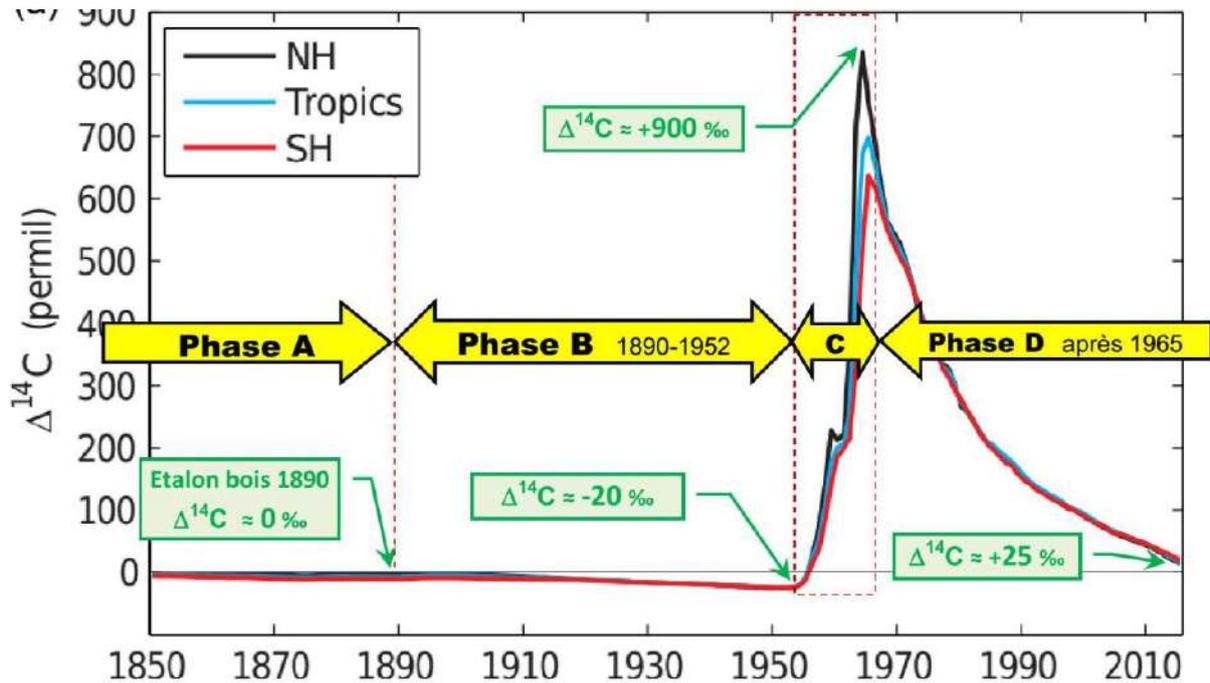


Figure 2. (d'après la Fig.1 ici). Reconstitution de  $\Delta^{14}\text{C}$  pour l'atmosphère depuis 1850.

La désintégration du carbone 14 est presque négligeable à l'échelle du siècle (-1.2% selon Fig.1b). On distingue 4 phases A, B, C et D.

**Phase A.** La production de <sup>14</sup>C par les neutrons cosmiques équilibre la désintégration du stock total de <sup>14</sup>C →  $\Delta^{14}\text{C} \approx 0 \text{ ‰}$ .

**Phase B.** L'atmosphère s'appauvrit en <sup>14</sup>C : on passe de  $\Delta^{14}\text{C} \approx 0 \text{ ‰}$  en 1890 vers  $\approx -20 \text{ ‰}$  en 1950. Cette phase B fait l'objet du présent article.

**Phase C.** L'explosion d'une bombe H produit un flux de neutrons. Ces neutrons vont créer, à partir de l'azote atmosphérique l'isotope <sup>14</sup>C en grande quantité. Dans l'atmosphère, <sup>14</sup>C s'oxyde rapidement pour donner <sup>14</sup>CO<sub>2</sub>. Lors des essais des armes thermonucléaires (à partir de 1952),  $\Delta^{14}\text{C}$  passe de -20 ‰ vers + 900 ‰. Le tableau (Fig. 1c) indique que l'atmosphère en 1963 comporte presque 2 fois plus de molécules <sup>14</sup>C que l'atmosphère en 1952.

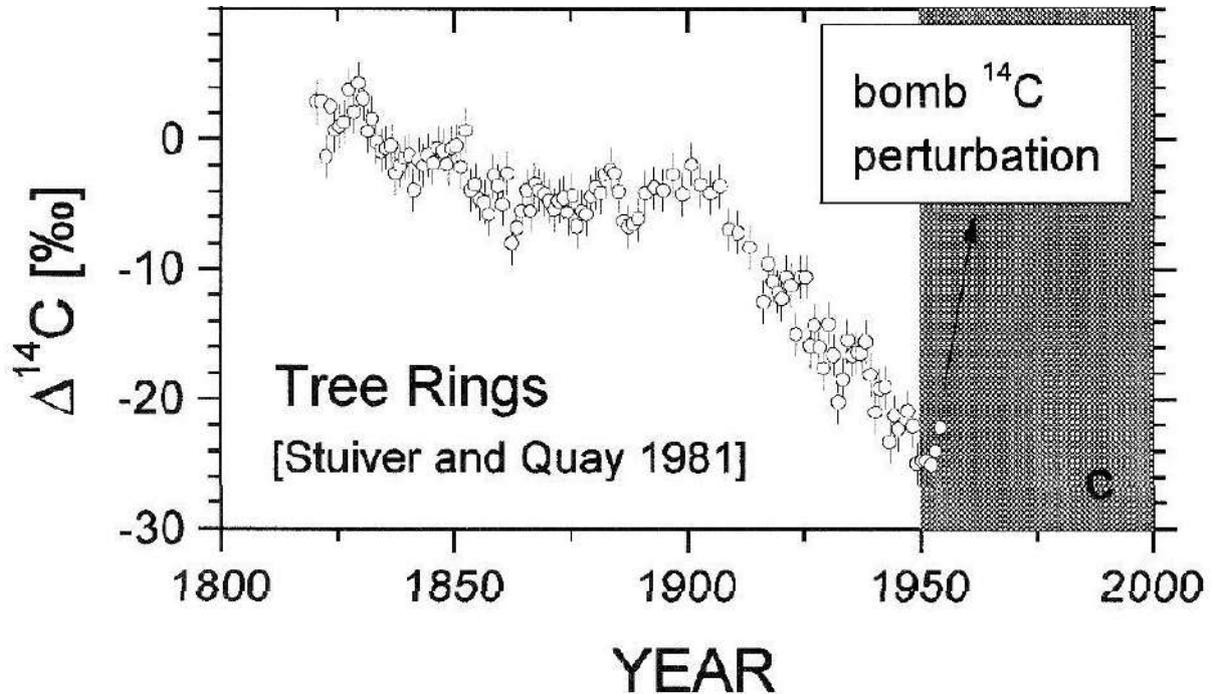
**Phase D.** A la fin 1965, <sup>14</sup>CO<sub>2</sub> s'est réparti presque également dans les 2 hémisphères. Le nombre de molécules <sup>14</sup>CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère décroît rapidement (en 2015 on est proche du niveau d'équilibre de 1950).

Cette phase D (désignée par « effet Bombe ») sera étudiée dans l'article à suivre.

### 7.3. Etude de la phase B (effet Suess)

Dans un article de 1955, Hans SUESS [2], avance l'idée que l'injection de CO<sub>2</sub> anthropique ( $\Delta^{14}\text{C} = -1000 \text{ ‰}$ ) est la cause essentielle de la baisse du  $\Delta^{14}\text{C}$  depuis  $\approx 0 \text{ ‰}$  en 1890 vers  $\approx -20 \text{ ‰}$  en 1950 pour le CO<sub>2</sub> atmosphérique (Fig. 3).

Cet effet de dilution est souvent désigné par « **effet SUESS** ». Il est toutefois nécessaire de supposer un flux neutronique **peu variable** dans la haute atmosphère entre 1890 et 1950.



**Figure 3. [2]** Stuiver et Quay (1981) rapportent une proportion de <sup>14</sup>C presque constante jusqu'en 1900 et qui baisse ensuite vers  $\Delta^{14}\text{C} \approx -25 \text{ ‰}$  en 1950. L'estimation de  $\Delta^{14}\text{C}$  pour l'atmosphère est déduite **indirectement** via des échantillons anciens de bois qui présentent des variations suivant la localisation géographique. L'activité est faible, ce qui rend la mesure délicate ( $\approx 14$  désintégrations par minute pour 1 gramme de carbone). Selon Tans, De Jong, Mook (1979), on a  $\Delta^{14}\text{C}$  entre  $-15 \text{ ‰}$  et  $-25 \text{ ‰}$ . Dans la suite de l'article, nous utiliserons  $\Delta^{14}\text{C} \approx -20 \text{ ‰}$ .

Un étang salé dans lequel l'homme vient ajouter de l'eau douce présente une analogie avec l'effet Sues : la salinité de l'étang correspond à  $\Delta^{14}\text{C}$ , l'eau douce correspond au CO<sub>2</sub> anthropique, l'étang salé correspond à l'atmosphère. L'effet Sues est alors analogue à la baisse de salinité de l'étang en fonction de la quantité d'eau douce ajoutée par l'homme. L'analogie est meilleure si on imagine un étang qui communique avec la mer car l'atmosphère échange avec d'autres réservoirs.

#### 7.4. Thèse du GIEC

Une croissance du CO<sub>2</sub> atmosphérique qui serait exclusivement anthropique constitue la thèse défendue par divers organismes intergouvernementaux, tels que le GIEC ou son co-créateur l'OMM (Organisation Météorologique Mondiale).

Les figures 4a 4b 4c illustrent l'équivalence avec l'autre formulation du GIEC « airborne fraction  $\approx 55\%$  » (ce qui signifie qu'environ **la moitié** des émissions anthropiques **s'accumuleraient** dans l'atmosphère (voir la définition de 'airborne fraction' dans [4]).

## LE CO<sub>2</sub> ATMOSPHERIQUE

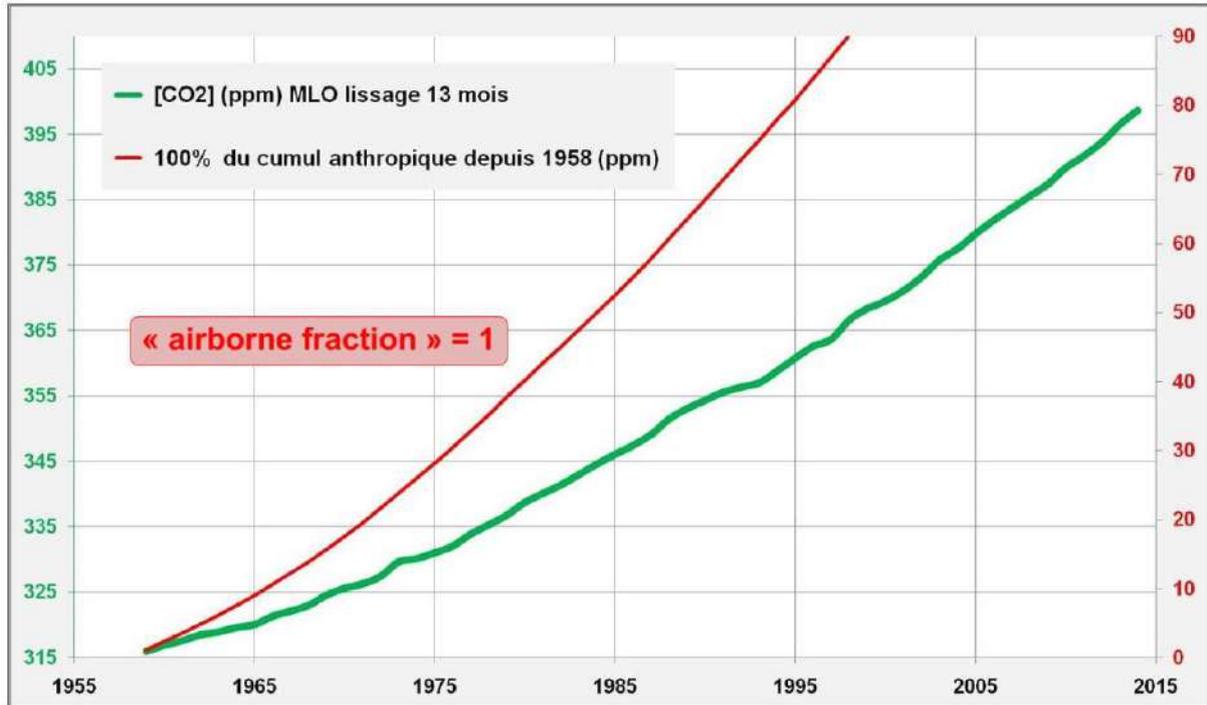


Figure 4a. Croissance du CO<sub>2</sub> mesurée à Mauna Loa (MLO) [5] [3]. Le cumul anthropique (courbe rouge) est la somme, année par année, des émissions fossiles. La comparaison entre 100% de cumul du CO<sub>2</sub> anthropique et la croissance du CO<sub>2</sub> atmosphérique mesurée à Mauna Loa (MLO) montre que les émissions anthropiques **ne demeurent pas** en totalité dans l'atmosphère (airborne fraction doit être < 100%).

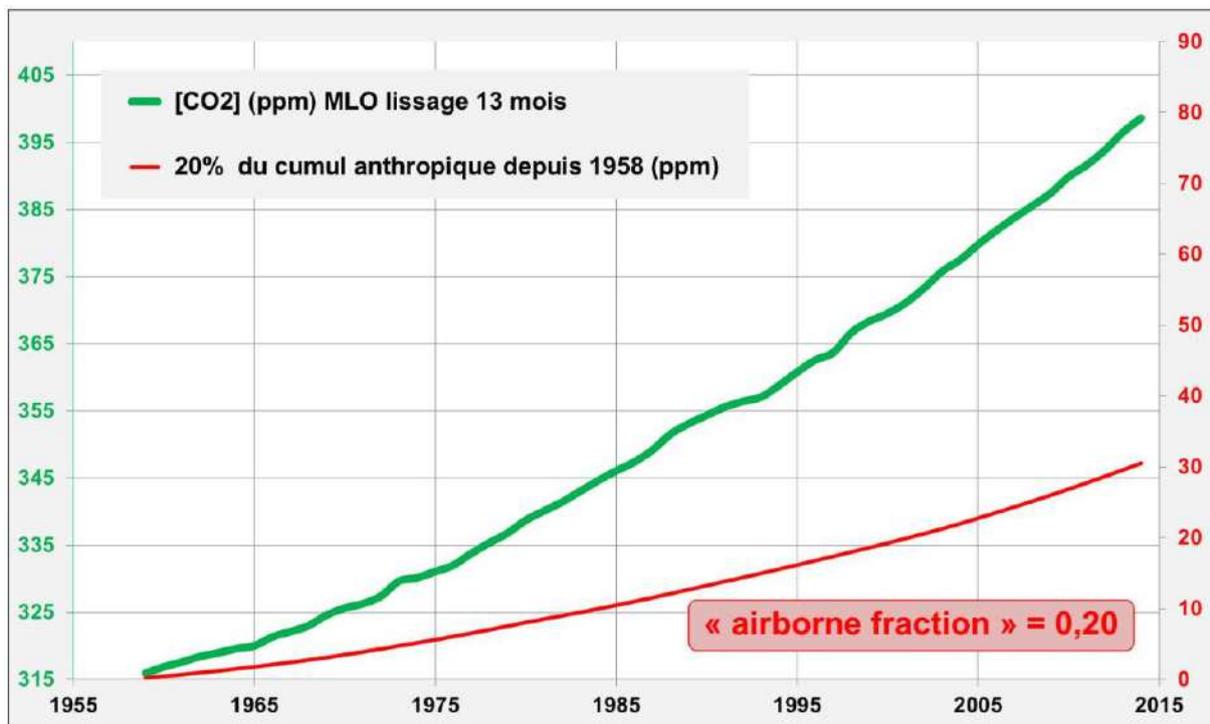
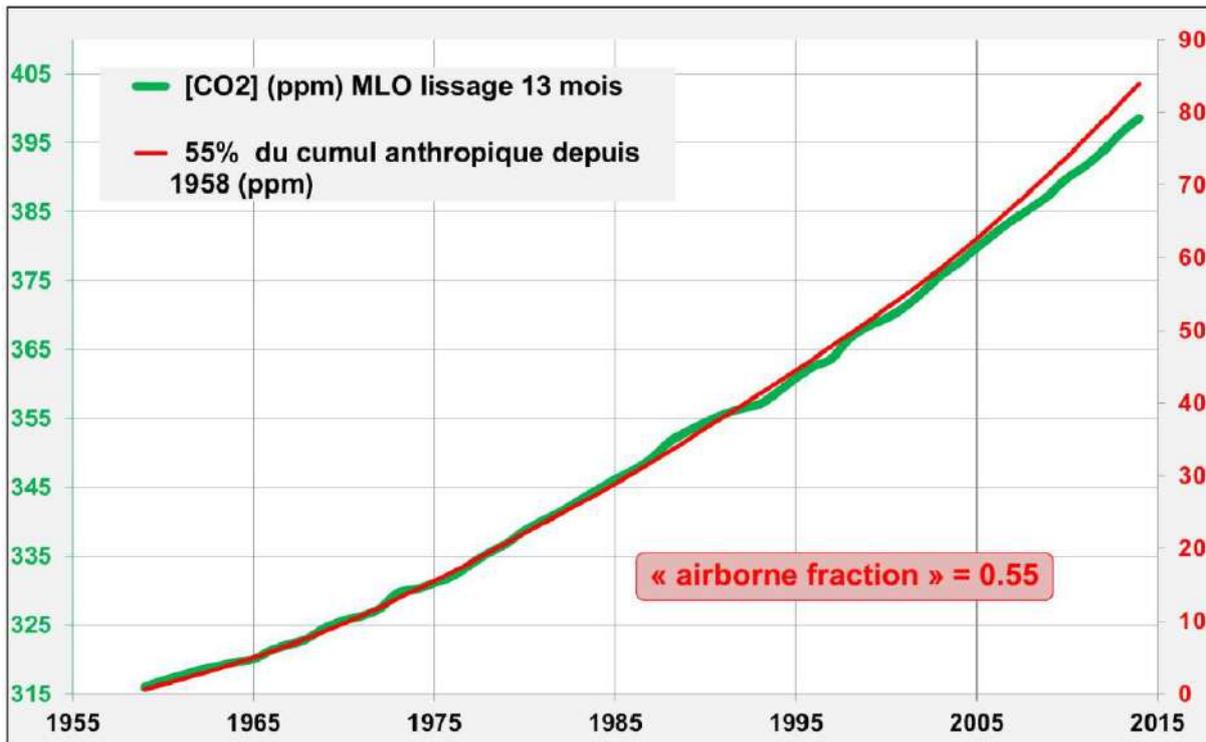


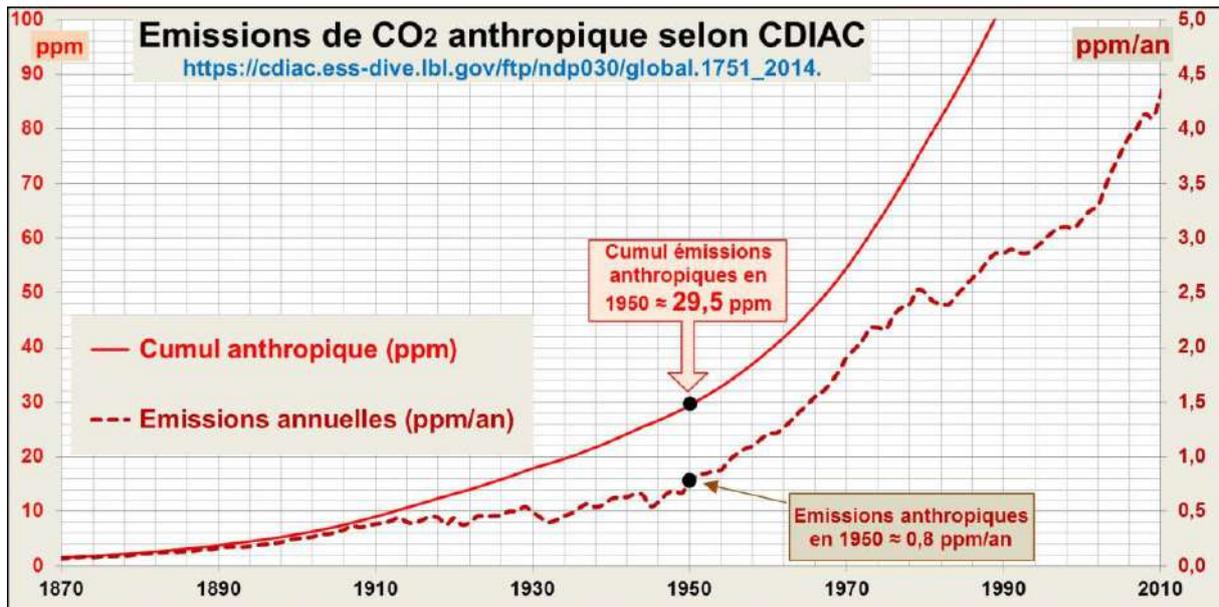
Figure 4b. [5] [3] En prenant airborne fraction = 20%, on ne reproduit **qu'une fraction** de la croissance mesurée à Mauna Loa (MLO) entre 1958 et 2015 (airborne fraction doit être > 20%).



**Figure 4c.**[5] [3] [4] En prenant airborne fraction = 55%, on reproduit presque la croissance mesurée à MLO entre 1958 et 2015. Ceci constitue la thèse du GIEC, mais on suppose alors implicitement que seules les émissions anthropiques expliqueraient la croissance du CO<sub>2</sub> atmosphérique.

A propos de la corrélation entre les 2 courbes de la Fig. 4c, on peut consulter l'article de Jamal Munshi [4] dont voici la conclusion : « We find that detrended correlation analysis of annual emissions and annual changes in atmospheric CO<sub>2</sub> does **not** support the anthropogenic global warming hypothesis because **no evidence** is found that changes in atmospheric CO<sub>2</sub> are related to fossil fuel emissions at an annual time scale. »

Quelle était la quantité de CO<sub>2</sub> anthropique, selon la thèse du GIEC, dans l'atmosphère de 1950 ? (Fig. 4d).



**Figure 4d. [3]** Emissions et cumul du CO<sub>2</sub> anthropique selon CDIAC. En 1950 le cumul est ≈ 29.5 ppm. Selon le GIEC, on devrait donc avoir  $29.5 * 55\% \approx 16.2$  ppm de CO<sub>2</sub> anthropique ( $\Delta^{14}C = -1000\text{‰}$ ) dans l'atmosphère de 1950 [5] cfr. onglet émissions CDIAC.

Le paragraphe suivant examine les conséquences, vis-à-vis de l'effet Suess, de la présence de 16.2 ppm de CO<sub>2</sub> anthropique (airborne fraction = 55%) dans l'atmosphère de 1950.

### 7.5. Calcul de l'effet Suess selon la thèse du GIEC

Cette valeur de 16.2 ppm de CO<sub>2</sub> anthropique permet-elle d'expliquer l'effet SUESS en 1950? Les archives glaciaires [3] indiquent une atmosphère en 1950 telle que  $[CO_2] \approx 311$  ppm. Une estimation de l'effet Suess devrait donner :

$\Delta^{14}C \approx (16.2 * -1000\text{‰} + 294.8 * 0\text{‰}) / 311 \approx -52\text{‰}$  mais les observations pour 1950 donnent  $\Delta^{14}C \approx -15\text{‰}$  à  $-25\text{‰}$  (Fig. 5a).

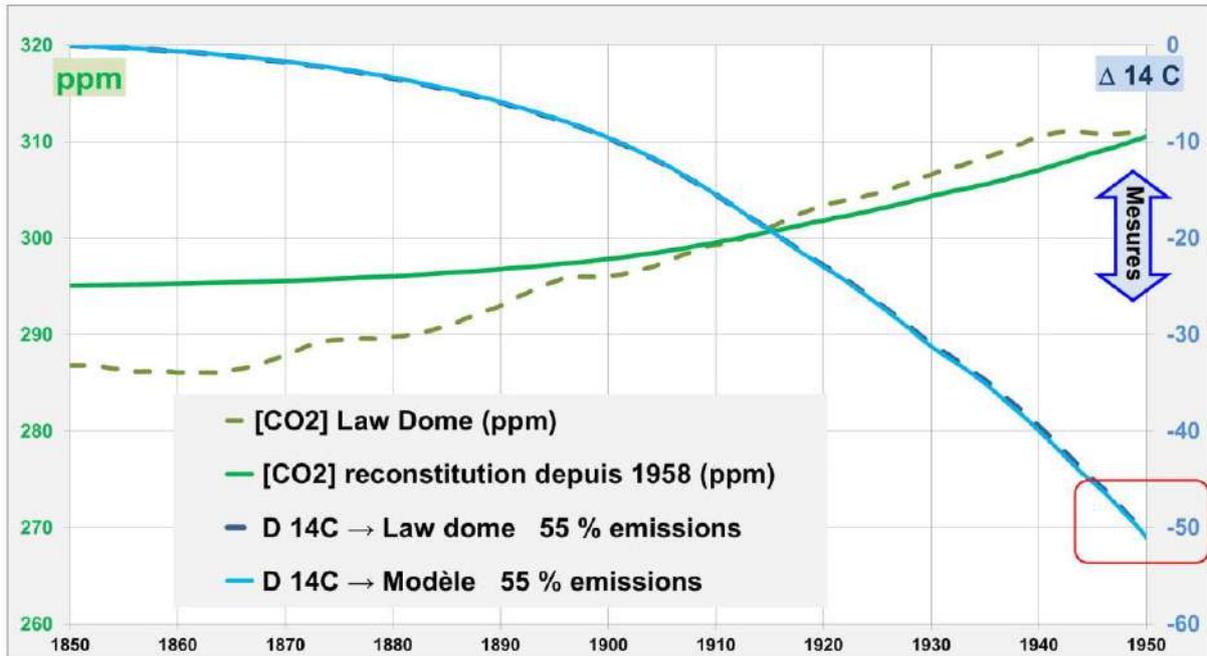
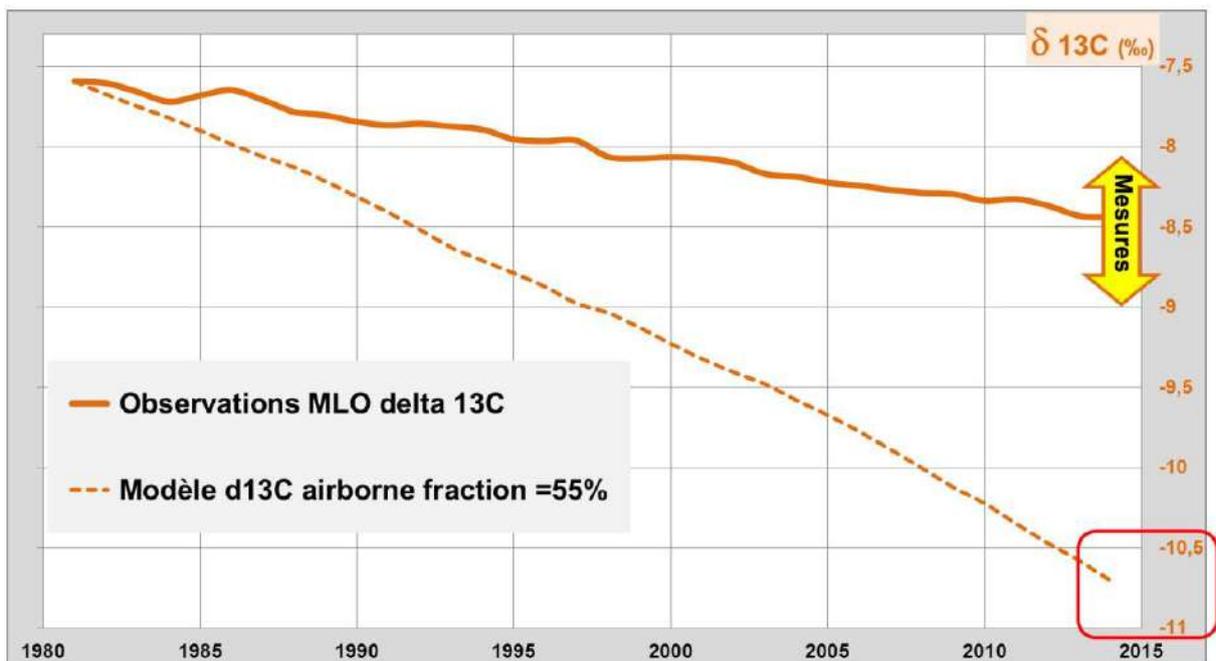


Figure 5a. [3]. La feuille de calcul [5] cfr. onglet Calcul effet Suess permet de déterminer, année par année, l'évolution du  $\Delta^{14}\text{C}$ . Le flux de neutrons cosmiques est supposé peu variable entre 1850 et 1950. La  $[\text{CO}_2]$  entre 1850 et 1950 ne peut provenir des mesures à Mauna Loa (MLO) qui démarrent seulement en 1958. La  $[\text{CO}_2]$  est donc, soit déduit des archives glaciaires à Law Dome (pointillé vert), soit reconstitué à partir de 1958 MLO (vert).

Dans les 2 cas, le calcul de  $\Delta^{14}\text{C}$  (courbes bleues) donne une valeur proche de l'estimation précédente c'est-à-dire que la dilution est bien trop grande ( $\Delta^{14}\text{C} \approx -52\text{‰}$  à la place de  $-15\text{‰}$  à  $-25\text{‰}$  pour les observations).

La thèse du GIEC (accumulation dans l'atmosphère d'environ la moitié des émissions anthropiques ou airborne fraction  $\approx 55\%$ ) donne donc une baisse du  $\Delta^{14}\text{C}$  **nettement plus élevée** que ce qu'indiquent les observations entre 1890 et 1950. En poursuivant l'analogie avec l'étang salé, la quantité d'eau douce selon le GIEC est **trop grande** pour la salinité mesurée dans l'étang. Remarque : une **contradiction similaire** existe également pour le  $^{13}\text{C}$  (voir ici, paragraphe C.3.1).

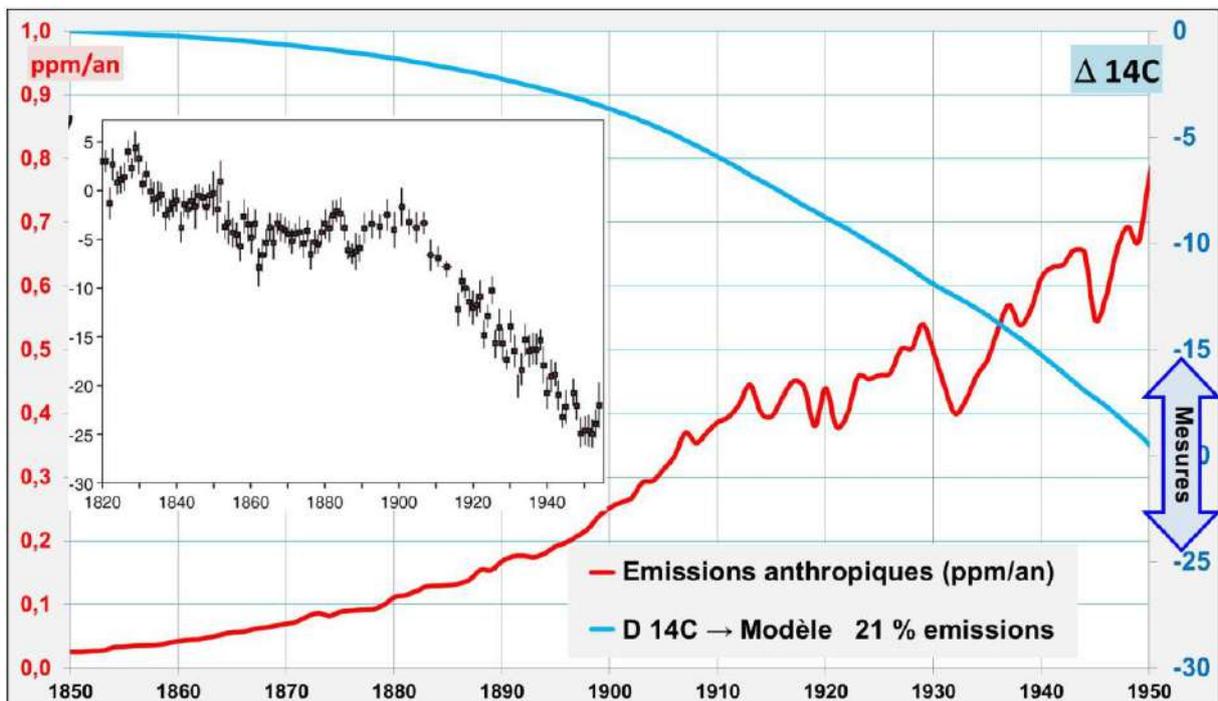


**Figure 5b.** La dilution est trop grande également pour <sup>13</sup>C. La thèse du GIEC (airborne fraction = 55%) donne aussi une baisse du δ<sup>13</sup>C nettement plus élevée que les observations. Afin de concilier les observations, on peut prendre airborne fraction = 24% et des apports nets naturels tels que δ<sup>13</sup>C ≈ -0.5 ‰ [5] cfr. onglet calcul delta 13C.

**7.6. La croissance du CO<sub>2</sub> atmosphérique est-elle uniquement anthropique ?**

Comment concilier la dilution du CO<sub>2</sub> anthropique en 1950 (effet SUESS) pour être en accord avec Δ<sup>14</sup>C ≈ -15 ‰ à -25 ‰ ? Si on écarte une forte augmentation du flux neutronique entre 1890 et 1950, il est nécessaire d’avoir une airborne fraction plus faible.

Avec 21% du cumul soit 29.5\*0.21 ≈ 6.2 ppm de CO<sub>2</sub> anthropique, on trouve Δ<sup>14</sup>C ≈ (6.2 \* -1000 ‰ + 304.8 \* 0 ‰) / 311 ≈ -20 ‰ (Fig. 6a).



**Figure 6a.** [3] On reproduit dans l’encadré en noir les estimations de Stuiver & Quay (1981). La feuille de calcul [5] permet une estimation plus précise (année par année) de l’évolution du Δ<sup>14</sup>C (avec un flux neutronique peu variable entre 1890 et 1950). Les valeurs utilisées pour [CO<sub>2</sub>] entre 1850 et 1950 sont identiques à celles de la Fig.5a. A condition de considérer 6.2 ppm soit un cumul de 21% (airborne fraction) des émissions anthropiques (courbe rouge), on retrouve la valeur Δ<sup>14</sup>C ≈ -20 ‰. (courbe bleue).

Le tableau (Fig. 6b) ci-dessous indique la quantité de CO<sub>2</sub> anthropique qui doit être présente dans l’atmosphère de 1950, pour obtenir Δ<sup>14</sup>C ≈ -15 ‰ à -25 ‰.

Atmosphère en 1950		Interprétations	
Observation $\Delta^{14}\text{C}$	CO <sub>2</sub> anthropique (ppm)	Airborne fraction (%)	Durée de séjour (ans)
15 ‰	4,7	16%	7,5
20 ‰	6,2	21%	9,5
25 ‰	7,8	27%	12,5
<b>52 ‰</b>	<b>16,2</b>	<b>55%</b>	<b>Thèse GIEC</b>

**Figure 6b. Correspondance CO<sub>2</sub> anthropique avec  $\Delta^{14}\text{C}$ .** On retrouve la valeur  $\Delta^{14}\text{C} \approx -20$  ‰ à la condition d'avoir 6.2 ppm de CO<sub>2</sub> anthropique dans l'atmosphère de 1950. Cette valeur de 6.2 ppm peut s'interpréter de **2** manières :  
 – Airborne fraction → 6.2 ppm = 21% du cumul de **toutes** les émissions anthropiques depuis l'origine.  
 – Durée de séjour → 6.2 ppm = cumul des émissions anthropiques des 9.5 années précédentes [5], cfr. onglet émissions CDIAC.

La durée de séjour est définie comme le rapport  $[\text{CO}_2](\text{ppm}) / \text{Sortie}(\text{ppm}/\text{an})$ .

Avec cette interprétation, le CO<sub>2</sub> (anthropique ou naturel) de l'atmosphère serait renouvelé en 9.5 ans. A partir de l'effet Suess de 1950, on peut donc également **estimer** une durée de séjour du CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère: celle-ci doit être comprise approximativement entre 7 ans et 13 ans afin de concilier les observations  $\Delta^{14}\text{C} \approx -15$  ‰ à **-25** ‰. Après 1952, les essais nucléaires ne permettent malheureusement plus de comparaison **directe** de l'effet Suess avec la thèse du GIEC.

## 7.7. Conclusions

1/ Une croissance **exclusivement** anthropique du CO<sub>2</sub> atmosphérique ne peut expliquer la baisse du  $\Delta^{14}\text{C}$  dans l'atmosphère entre 1890 et 1950, à partir du seul effet Suess et pour un flux de neutrons peu variable;

2/ Plus généralement, une croissance exclusivement anthropique semble peu conciliable avec les **2** observations suivantes :

$\Delta^{14}\text{C}$  passe de  $\approx 0$  ‰ en 1890 vers -15 ‰ à **-25** ‰ en 1950,  $\delta^{13}\text{C}$  passe de -7.6 ‰ en 1980 vers -8.3 ‰ en 2010 ([voir ici](#), paragraphe C.3.1);

3/ L'abandon d'une origine **exclusivement** anthropique pour la croissance du CO<sub>2</sub> atmosphérique permet de concilier ces **2** observations  $\Delta^{14}\text{C}$  et  $\delta^{13}\text{C}$ ;

4/ L'effet Suess en 1950 permet également une **estimation** indirecte de la durée de séjour : entre 7 et 13 ans.

Les valeurs obtenues dans le présent article sont des estimations hautes, car d'autres sources appauvries en carbone 14 existent (volcanisme par exemple).

La phase D (effet Bombe) sera examinée dans l'article à suivre et sera confrontée à la thèse du GIEC.

## 7.8. Références

[1]. Carbone 14, [Fiche IRSN;Radiocarbon Determination](#)

[2]. Effet Suess

E. Suess 1955. Radiocarbon Concentration in Modern Wood, *Science*, vol. 122, n°3166, (DOI [10.1126/science.122.3166.415-a](https://doi.org/10.1126/science.122.3166.415-a))

Stuiver & Quay 1981. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0012821X81900406?via%3Dihub>

Tans, De Jong & Mook 1979. <https://www.nature.com/articles/280826a0>

Jean-Baptiste, M. Paterne 2003. DOI: [10.1051/radiopro:2003017](https://doi.org/10.1051/radiopro:2003017)

[3]. Données CO<sub>2</sub>

Emissions anthropiques [CDIAC](#).

[CO<sub>2</sub>] après 1958 :

[ftp://aftp.cmdl.noaa.gov/products/trends/co2/co2\\_annmean\\_mlo.txt](ftp://aftp.cmdl.noaa.gov/products/trends/co2/co2_annmean_mlo.txt)

[CO<sub>2</sub>] avant 1958 : <ftp://ftp.ncdc.noaa.gov/pub/data/paleo/icecore/antarctica/law/law2006.txt>

[4]. Thèse GIEC sur le cumul anthropique dans l'atmosphère.

[AR4 WG1 Chap 2 page 139](#) « The relationship between increases in atmospheric CO<sub>2</sub> mixing ratios and emissions has been tracked using a scaling factor known as the apparent 'airborne fraction', defined as the ratio of the annual increase in atmospheric CO<sub>2</sub> to the CO<sub>2</sub> emissions from annual fossil fuel and cement manufacture combined (Keeling et al., 1995). **On decadal scales, this fraction has averaged about 60% since the 1950s**»

AR5 WG1 Ch6 box 6.1 page 472 [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5\\_Chapter06\\_FINAL.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5_Chapter06_FINAL.pdf)

Résumé pour les décideurs [5 en page 12](#) : *Of these cumulative anthropogenic CO<sub>2</sub> emissions, 240 [230 to 250] GtC have accumulated in the atmosphere.*

[Munshi 2016](#) Corrélation émissions versus [CO<sub>2</sub>].

[5]. [La feuille de Calcul](#). Carbone 14 effet SUESS met en forme les données d'observations.

## [8. La croissance du CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère est-elle exclusivement anthropique ? \(2/3\)](#)

Mis en ligne SCE : 12.07.2019

### 8. Carbone 14 et effet Bombe

Les essais thermonucléaires (1952-1963) ont constitué une expérience d'ajout brutal de carbone 14 dans l'atmosphère. Le présent article utilise les observations de cet « effet bombe » pour estimer la durée de séjour du <sup>14</sup>CO<sub>2</sub> et la taille des réservoirs avec lesquels l'atmosphère échange depuis 60 ans. Ces estimations sont en contradiction avec une croissance exclusivement anthropique du CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère.

Partie 1/3 de l'article (Carbone 14 et effet Suess)

**8.1. Le carbone 14 dans l'atmosphère [1]**

Le carbone existe habituellement sous 3 formes isotopiques : <sup>12</sup>C, <sup>13</sup>C et <sup>14</sup>C à l'état de traces.

	<sup>12</sup> CO <sub>2</sub>	<sup>13</sup> CO <sub>2</sub>	<sup>14</sup> CO <sub>2</sub>
<b>CO<sub>2</sub> atmosphérique en 2015</b>	<b>98,89%</b>	<b>1,114%</b>	<b>≈ 10<sup>-12</sup></b>
<b>CO<sub>2</sub> anthropique</b>	<b>98,91%</b>	<b>1,092%</b>	<b>0</b>

Figure 1a. [5] La différence entre CO<sub>2</sub> anthropique et CO<sub>2</sub> atmosphérique se trouve dans les proportions du mélange des isotopes : le CO<sub>2</sub> anthropique est appauvri en <sup>13</sup>C et <sup>14</sup>C.

La probabilité de désintégration du <sup>14</sup>C est constante, en conséquence le <sup>14</sup>C subsistant au temps t va suivre une loi de décroissance exponentielle.

	demi vie $\tau$					
Durée (années)	10	50	100	5730	8267	50000
Il subsiste	99,88%	99,40%	<b>98,8%</b>	50,00%	36,79%	<b>0,24%</b>
Il disparaît	0,12%	0,60%	<b>1,2%</b>	50%	63%	<b>99,76%</b>

Figure 1b. [5] Quelques ordres de grandeurs pour la désintégration du carbone 14.

Pour 10 <sup>12</sup> atomes de carbone 12	$\Delta^{14}\text{C}$	Exemple
0 atome carbone 14	-1000 ‰	CO <sub>2</sub> anthropique
≈ 1 atome carbone 14	0 ‰	≈ Atmosphère en 1890
≈ 2 atomes carbone 14	1000 ‰	≈ Atmosphère en 1963

Figure 1c. [5] On évalue le <sup>14</sup>C en mesurant l'écart relativement à une référence étalon. La mesure est corrigée pour obtenir une grandeur normalisée  $\Delta^{14}\text{C}$ .

On a  $\Delta^{14}\text{C} = 0\text{‰}$  pour l'équilibre dynamique initial → production en haute atmosphère = disparition par désintégration. De nombreuses observations aboutissent à la reconstitution du carbone 14 dans l'atmosphère de la Figure 1d.

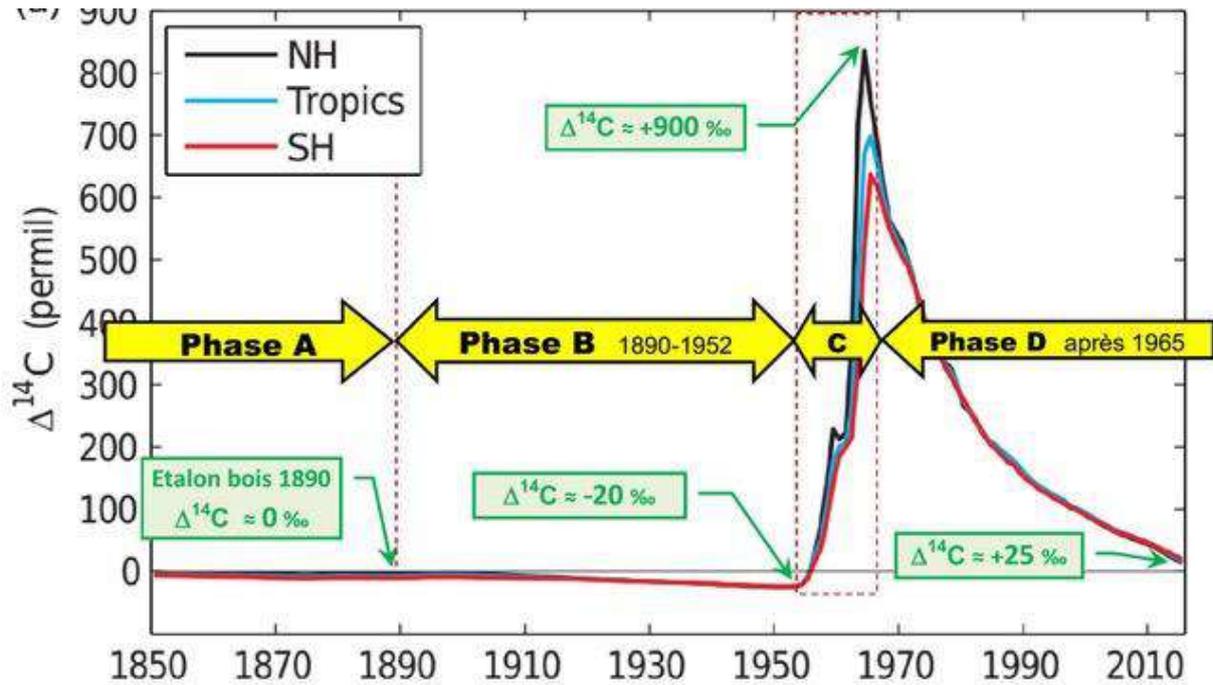


Figure 1d. Reconstitution du  $\Delta^{14}\text{C}$  pour le CO<sub>2</sub> atmosphérique depuis 1850 (ici fig1). NH et SH correspondent aux hémisphères Nord et Sud.

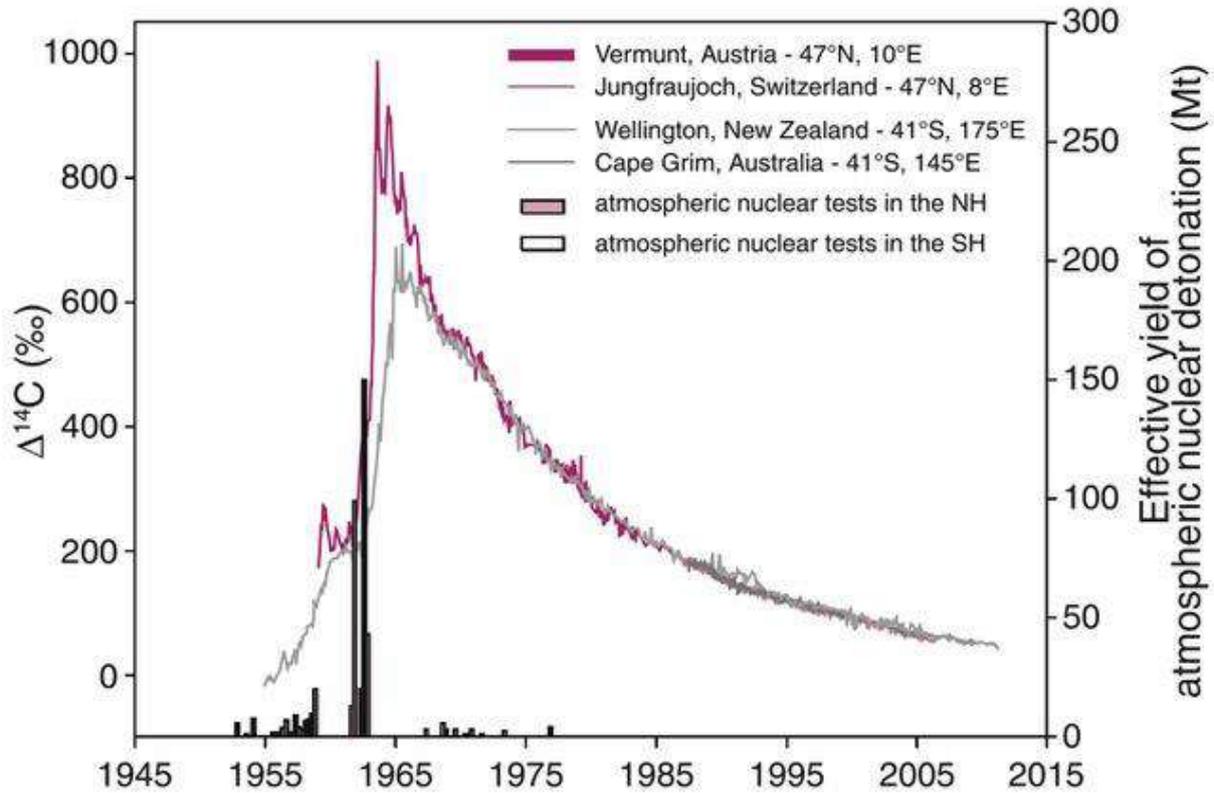
## 8.2. Interprétation des évolutions du carbone 14 (Fig.1d)

**Phase A.** La production de <sup>14</sup>C par les neutrons cosmiques équilibre la désintégration du stock total de <sup>14</sup>C → Δ<sup>14</sup>C = 0 ‰

**Phase B.** L'atmosphère s'appauvrit en <sup>14</sup>C : on passe de Δ<sup>14</sup>C = 0 ‰ en 1890 vers ≈ -20 ‰ en 1952 (effet Suess).

**Phase C.** On constate que Δ<sup>14</sup>C passe de -20 ‰ vers + 900 ‰. Le tableau Fig. 2 indique que l'atmosphère en 1963 comporte presque 2 fois plus de molécules <sup>14</sup>CO<sub>2</sub> que l'atmosphère en 1952.

L'explosion d'une bombe H produit un flux de neutrons qui vont créer, à partir de l'azote atmosphérique, l'isotope <sup>14</sup>C en grande quantité:  $^{14}\text{N} + n \rightarrow ^{14}\text{C} + 1p$ . Dans l'atmosphère, <sup>14</sup>C s'oxyde rapidement en <sup>14</sup>CO<sub>2</sub>.



**Figure 2. Les phases C et D (ici fig 4.6) [2] Essais thermonucléaires 52-63 puis décroissance de  $\Delta^{14}\text{C}$  suivant plusieurs observatoires. Les barres noires verticales représentent les essais thermonucléaires (UNCEAR). A l'exception de quelques essais vers 1967-1980 (France/Chine/U.K.), les essais thermonucléaires dans l'atmosphère se produisent presque totalement entre 1952 et 1963 dans l'hémisphère Nord. L'ajout de  $^{14}\text{C}$  date principalement des années 1961-1963.**

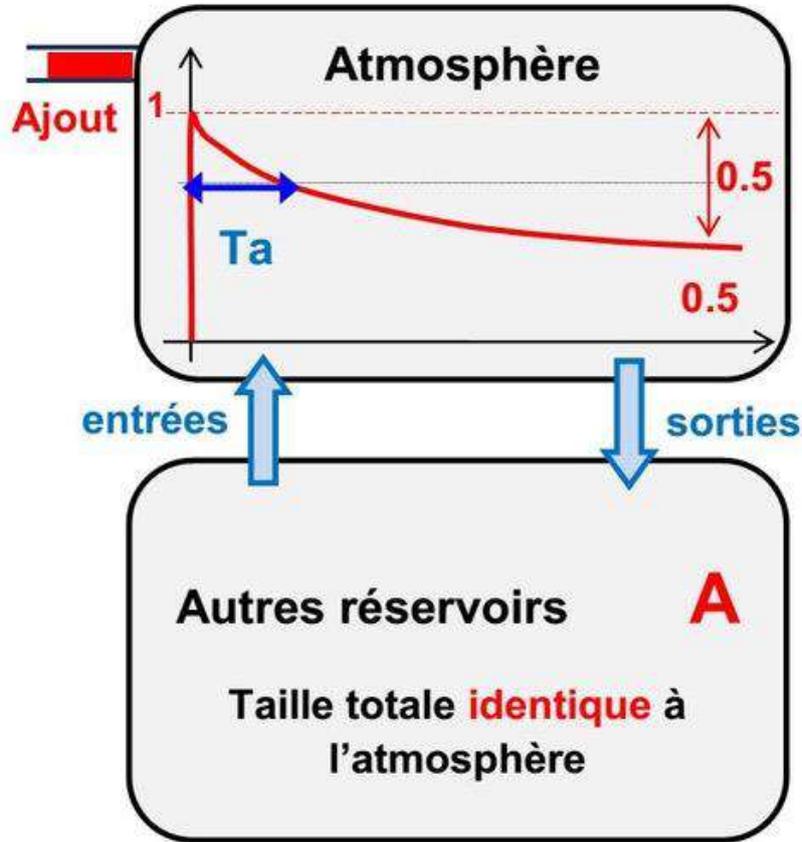
**Phase D** (Fig. 1d et 2). A la fin 1965,  $^{14}\text{CO}_2$  s'est presque réparti également dans les 2 hémisphères, le nombre de molécules  $^{14}\text{CO}_2$  dans l'atmosphère décroît ensuite très rapidement.

Les causes de cette décroissance sont **multiples** et sont discutées ci-après :

- Le tableau Fig.1b indique que la décroissance **radioactive** est presque négligeable : en 50 ans, il disparaît seulement 0.6 % du  $^{14}\text{C}$  issu des essais thermonucléaires mais les observations du  $\Delta^{14}\text{C}$  (Fig. 2) montrent une décroissance bien plus rapide.
- L'explication principale se trouve dans les échanges de  $\text{CO}_2$  entre l'atmosphère et d'autres réservoirs. Biosphère, océan, et autres absorbent le  $\text{CO}_2$  atmosphérique chargé en  $^{14}\text{CO}_2$  (les sorties) mais envoient dans l'atmosphère (les entrées) un  $\text{CO}_2$  **initialement** proche de l'**ancien** équilibre, donc peu chargé en  $^{14}\text{CO}_2$ . Progressivement, le carbone 14 des essais nucléaires se répartira entre les différents réservoirs : atmosphère, océan, biosphère, etc. Les entrées et sorties finiront par échanger le  $^{14}\text{CO}_2$  de façon presque égale : on atteint un équilibre provisoire ( $\approx 50$ ans selon Fig.5b).
- Ensuite, la lente désintégration radioactive éliminera la totalité du  $^{14}\text{C}$  des essais atomiques. Cette élimination sera presque complète en quelques dizaines de millénaires selon le tableau Fig.1

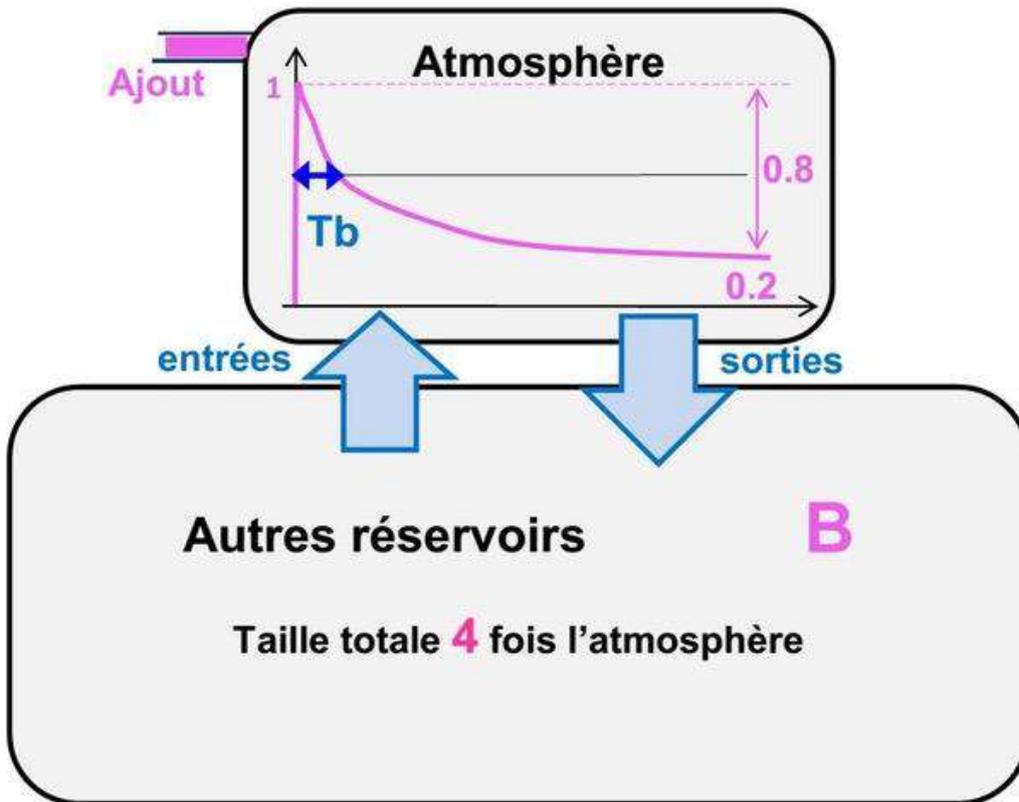
### 8.3. Echanges entre réservoirs

Dans les échanges de CO<sub>2</sub> entre atmosphère et autres réservoirs, comment estimer la vitesse des échanges et la taille des réservoirs ?



*Figure 3a. Schéma A : Échanges lents entre réservoirs de taille comparable. Un ajout instantané va dans un premier temps se répartir dans l'atmosphère en environ 2 ans selon la Figure 2. L'atmosphère échange ensuite avec d'autres réservoirs, la vitesse des échanges est symbolisée par les flèches bleues → si les échanges sont lents alors la durée  $T_a$  est grande.*

A long terme, l'asymptote nous renseigne sur la **taille apparente** des réservoirs : pour une asymptote  $\approx 0,5$  cela indique que l'on échange avec des réservoirs dont la taille apparente est **comparable** à celle de l'atmosphère. A long terme, l'atmosphère du schéma A contiendra 1/2 de l'ajout initial (0.5) tandis que les autres réservoirs contiendront l'autre moitié de l'ajout initial. On a  $0.5/0.5 = 1$ , ainsi, une mesure sur l'asymptote permet d'estimer la **taille apparente** des autres réservoirs.



**Figure 3b.** Schéma B : Échanges rapides entre réservoirs de tailles différentes. La taille des flèches bleues symbolise ici une vitesse d'échange rapide et  $T_b$  est une durée plus courte que  $T_a$ . Pour avoir seulement  $0.2 = 1/5$  de l'ajout initial qui reste dans l'atmosphère, il est nécessaire que l'échange se fasse entre des réservoirs de tailles **très différentes**. Lorsque la répartition est presque terminée, l'asymptote indique que l'ajout est réparti entre réservoirs tels que  $0,8/0,2 = 4$ . Les autres réservoirs ont donc une taille **apparente** 4 fois plus grande que l'atmosphère. A terme, la répartition de l'ajout initial est de 20 % dans l'atmosphère et 80 % dans les autres réservoirs.

#### 8.4. Durée de séjour pour <sup>14</sup>CO<sub>2</sub>

Pour caractériser la **vitesse** des échanges on peut utiliser la durée de séjour, celle-ci est définie par le rapport  $[\text{CO}_2] / \text{sortie annuelle}$ . Si les sorties annuelles représentaient par exemple 25% du taux de CO<sub>2</sub>, alors l'atmosphère se renouvellerait en 4 ans (durée de séjour). A partir de l'effet Suess en 1950 (ici § 6) on a obtenu une durée de séjour comprise entre 7 et 13 ans pour le CO<sub>2</sub> **anthropique**. L'effet Bombe permet une autre estimation de la durée de séjour, mais pour <sup>14</sup>CO<sub>2</sub>

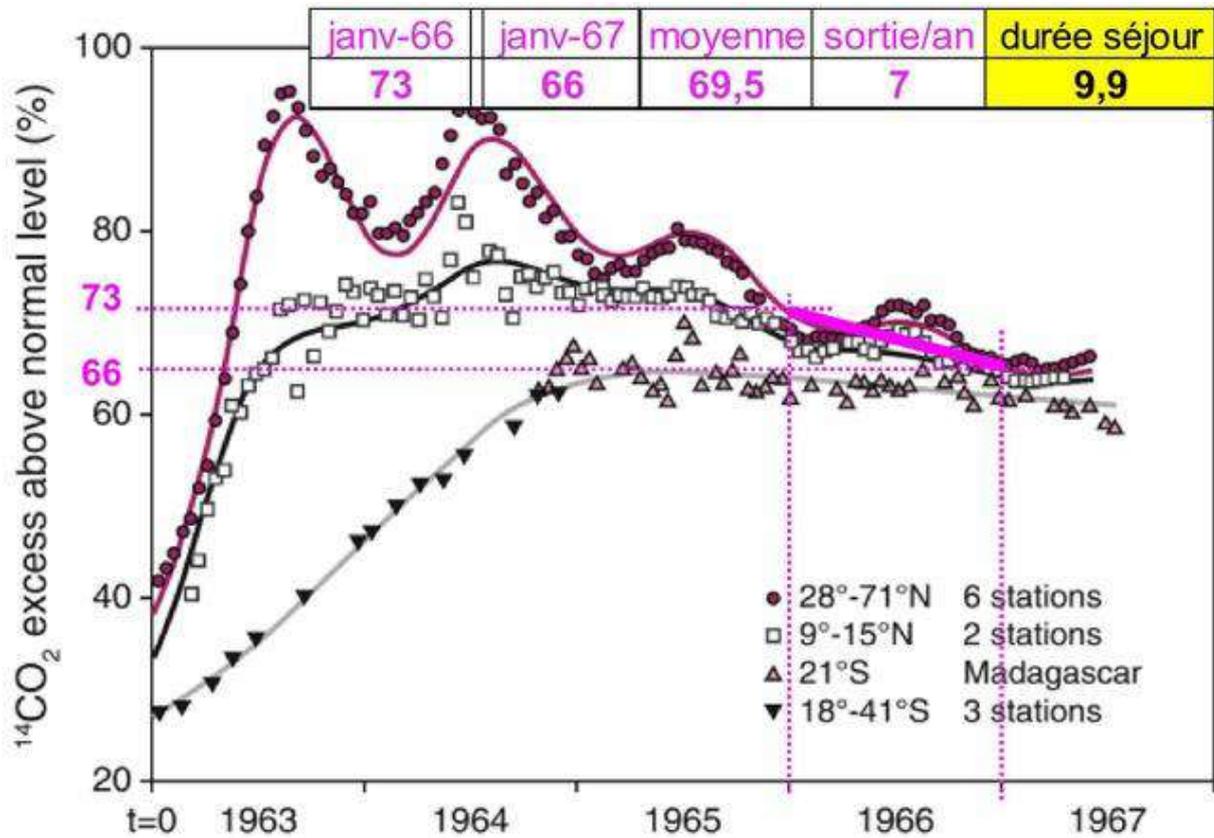


Figure 4. Estimation de la durée de séjour pour <sup>14</sup>CO<sub>2</sub> [5] et Fig 4.8 *ici*. L'échelle verticale correspond à 10 x Δ<sup>14</sup>C, elle est donc en %. Les oscillations annuelles dans l'hémisphère Nord (en violet) indiquent probablement des échanges saisonniers avec la végétation. L'estimation [CO<sub>2</sub>] / sortie annuelle = 69.5 / 7 = 9,9 ans est obtenue avec les mesures de 6 stations de l'hémisphère Nord en 1966.

Le choix de l'année **1966** permet d'avoir une estimation des sorties uniquement vers les autres réservoirs car :

- d'une part, la répartition entre hémisphères est presque terminée en 1966.
- d'autre part, 70% du carbone 14 est encore dans l'atmosphère et seulement 30% est passé dans les autres réservoirs: les entrées en 1966 sont encore très peu différentes de la période précédant les essais nucléaires.

On a donc une durée de séjour ≈ 10 ans pour le <sup>14</sup>CO<sub>2</sub> (Fig.4). Pour d'autres estimations de la durée de séjour, voir *ici* en page 13).

### 8.5. Etude de la décroissance du Δ<sup>14</sup>C (phase D de la Figure 1d).

Pour pouvoir estimer la taille apparente des réservoirs, il faut **au préalable** estimer quel est le niveau d'équilibre en 2015. Celui-ci n'est pas resté stable depuis 1950 (Δ<sup>14</sup>C = -20 ‰) car, d'une part, l'homme injecte du CO<sub>2</sub> anthropique (effet Suess), ce qui diminue Δ<sup>14</sup>C, d'autre part, l'industrie nucléaire et les quelques essais nucléaires des années 67-80 ont produit des neutrons donc du <sup>14</sup>C, ce qui augmente Δ<sup>14</sup>C. Les 2 corrections ont donc des effets opposés.

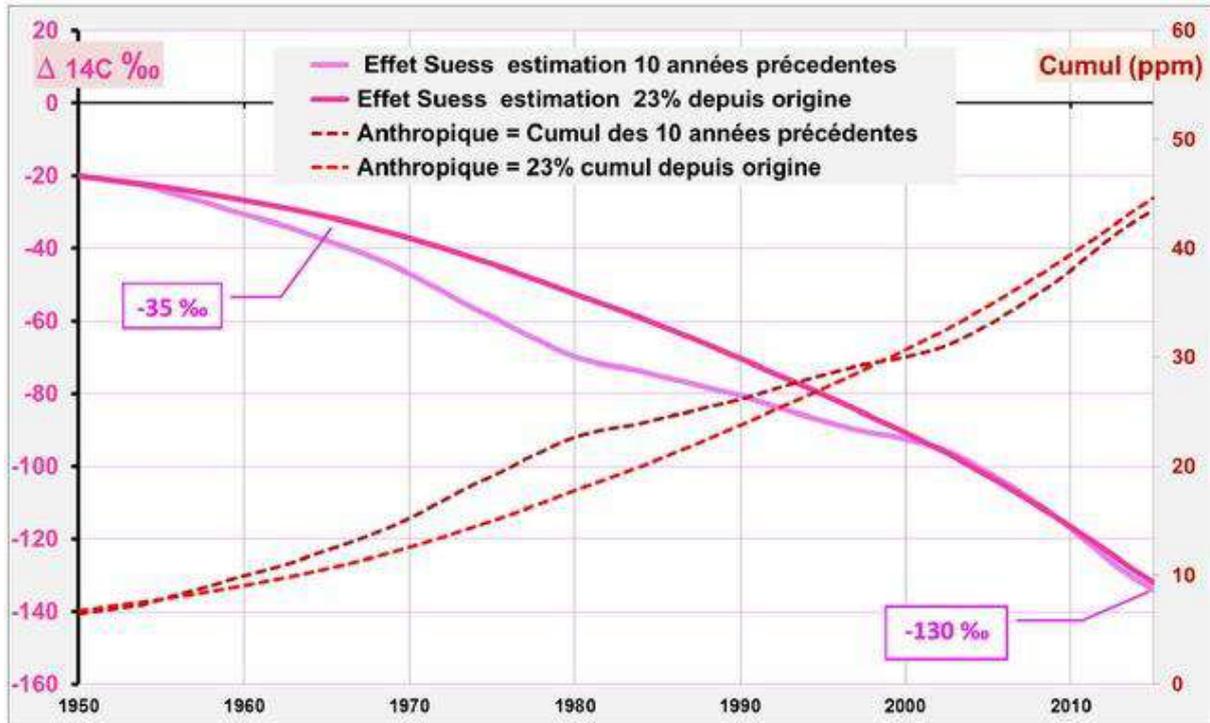


Figure 5a [5] [2]. Une estimation de l'effet SUESS est réalisée à partir de l'effet SUESS de 1950, en corrigeant via le rapport des émissions anthropiques entre 1950 et 2015. La correction peut aussi être calculée par comparaison des émissions anthropiques des 10 années précédentes soit (1940-1950) versus (2005-2015). Les 2 calculs donnent:  $\Delta^{14}\text{C} \approx -130 \text{ ‰}$  en 2015 et  $\Delta^{14}\text{C} \approx -35 \text{ ‰}$  en 1965. Cette correction est utilisée à la Fig. 5b.

On peut désormais estimer la taille apparente des réservoirs (cf. §3) qui échangent avec l'atmosphère depuis 1965.

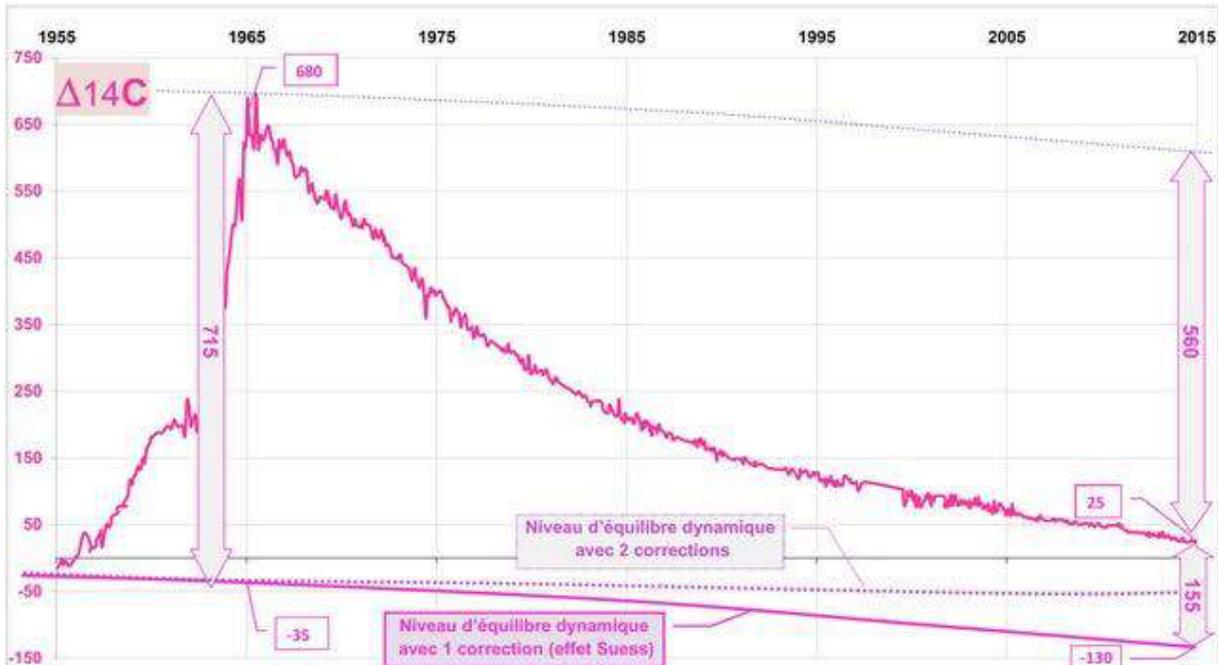


Figure 5b Evolution de  $\Delta^{14}\text{C}$  [4] [5]. On utilise les données [4] de Wellington (Baring Head et Makara dans l'hémisphère Sud) afin que la répartition soit presque terminée entre hémisphères. Avec correction du seul effet Suess, le rapport  $560/155 = 3.6$  indique que l'atmosphère échange le  $^{14}\text{CO}_2$  avec des réservoirs  $\approx 3.6$  fois plus grands.

La proportion restant dans l'atmosphère est  $\approx 155/715 = 22\%$  alors que 78% sont passés dans les autres réservoirs. La décroissance de  $\Delta^{14}\text{C}$  est donc proche du schéma B de la Fig. 3b.

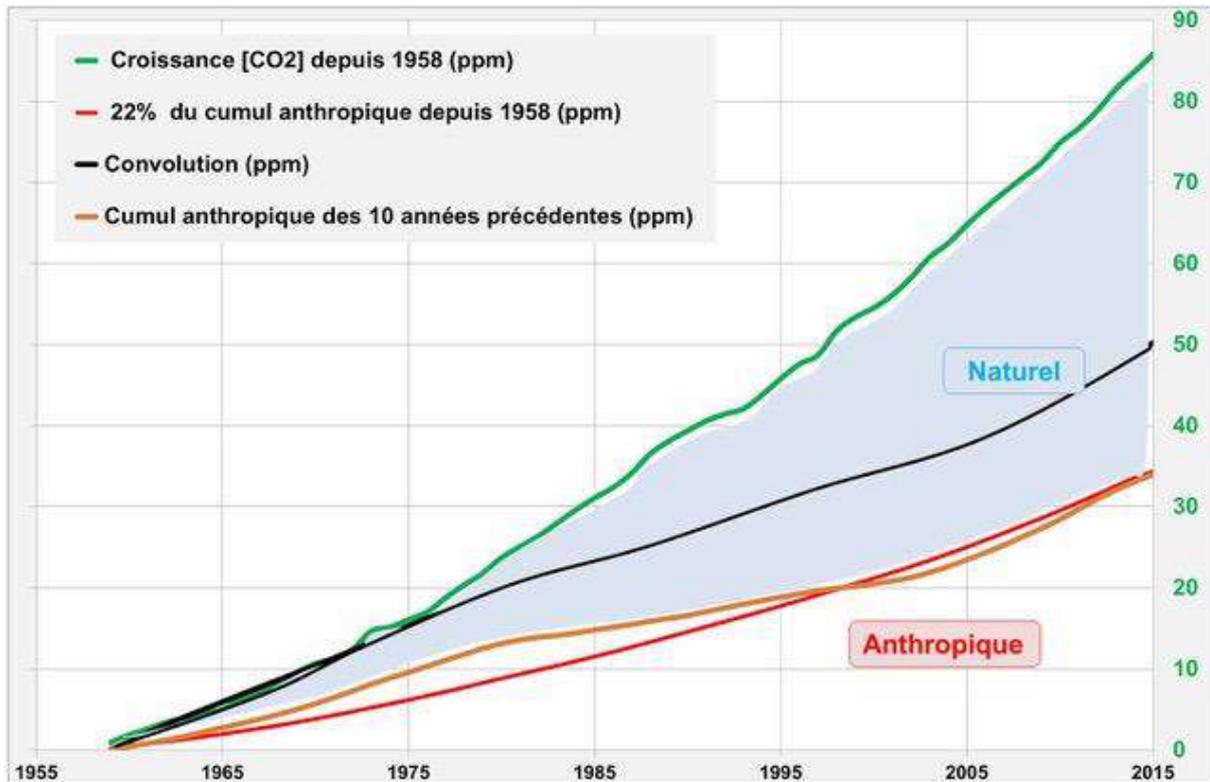
	1950	1965	2015
Observations	-20	680	25
Correction effet Suess	-20	-35	-130
Correction industrie nucléaire	0	1	80
Niveau d'équilibre dynamique	-20	-34	-50
Observations - Niveau équilibre	0	714	75
il reste dans l'atmosphère		10,5%	75
il est sorti de l'atmosphère		89,5%	639

Figure 5c. Une seconde correction concerne l'industrie nucléaire, productrice de neutrons, qui provoquent une genèse supplémentaire de carbone 14. Cette correction agit donc a contrario de l'effet Suess, et sa valeur, difficile à estimer, serait comparable. [2] P. Jean-Baptiste 2003. Le tableau donne un exemple de l'effet des 2 corrections simultanées : on arrive à une estimation des autres réservoirs  $\approx 639/75 = 8.5$  fois plus grands que l'atmosphère.

Le calcul de la Figure 5b est donc prudent : les autres réservoirs sont **au moins** 3.6 fois plus grands que l'atmosphère (max 22 % dans l'atmosphère et min 78 % dans les autres réservoirs), sans qu'il soit possible de faire un calcul précis.

**Remarques :** Les molécules  $^{14}\text{CO}_2$  et  $^{12}\text{CO}_2$  diffèrent par leur masse **mais** le fractionnement isotopique est inférieur à 10%. La molécule  $^{14}\text{CO}_2$  n'est pas stable, **mais** la décroissance radioactive en 50 ans du carbone 14 n'est que de -0.6%. Sur 50 ans, les molécules doivent donc avoir des comportements proches, à défaut d'être identiques.

Les observations montrent qu'il faudrait utiliser des échanges avec des réservoirs au moins 3,6 fois plus grands que l'atmosphère. Les échanges sont rapides : il faudrait considérer un renouvellement du CO<sub>2</sub> atmosphérique en moins de 10 ans (Fig.4). La Figure 5d illustre la conséquence de ces estimations.



**Figure 5d** [5] [3]. L'augmentation de la taille des réservoirs entraînerait une proportion (Fig.5b) pour le CO<sub>2</sub> anthropique restant dans l'atmosphère  $\approx 155 / 715 \approx 22\%$  (courbe rouge). Une deuxième estimation utilise la durée de séjour (Fig.4) : le CO<sub>2</sub> anthropique présent dans l'atmosphère correspondrait au cumul anthropique des 10 années précédentes (courbe marron). Une troisième estimation (courbe noire) correspond à la convolution des émissions anthropiques avec l'effet bombe de la Fig.5b (corrections Suess + industrie nucléaire).

Ces 3 estimations sont toutes inférieures à la croissance du CO<sub>2</sub> mesurée à Mauna Loa (courbe verte). Pour retrouver la totalité de la croissance du CO<sub>2</sub> mesurée à MLO, il est nécessaire de **compléter** par des apports nets **non** anthropiques, c'est-à-dire naturels (surface bleue). La croissance depuis 1958 (+86 ppm) serait alors mixte : en partie anthropique et en partie naturelle, sans qu'il soit possible de calculer exactement la répartition anthropique /naturelle.

**La fin de l'article (à suivre) montrera que l'on peut directement comparer la courbe « effet Bombe » de la Fig.5b avec une courbe analogue correspondant à la thèse du groupe intergouvernemental GIEC.**

## 8.6. Références

1. Propriété du carbone 14 : [RadiocarbonDetermination](#) [Fiche IRSN](#)

2. Variabilité naturelle et anthropique pour <sup>14</sup>C :

– H.E. Suess, « Radiocarbon Concentration in Modern Wood », *Science*, vol. 122, n°3166,1955, (DOI [10.1126/science.122.3166.415-a](https://doi.org/10.1126/science.122.3166.415-a)).

– Stuiver & Quay 1981 <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0012821X81900406?via%3Dihub>

– Tans, De Jong & Mook1979 <https://www.nature.com/articles/280826a0>

– P. Jean-Baptiste, M. Paterne 2003 DOI: [10.1051/radiopro:2003017](https://doi.org/10.1051/radiopro:2003017)

3. Emissions anthropiques : [CDIAC](#).

– [CO<sub>2</sub>] dans l’atmosphère [ftp://aftp.cmdl.noaa.gov/products/trends/co2/co2\\_annmean\\_mlo.txt](ftp://aftp.cmdl.noaa.gov/products/trends/co2/co2_annmean_mlo.txt)  
– [CO<sub>2</sub>] avant 1958 <ftp://ftp.ncdc.noaa.gov/pub/data/paleo/icecore/antarctica/law/law2006.txt>

4. Données<sup>14</sup>CO<sub>2</sub> New Zealand : <ftp://ftp.niwa.co.nz/tropac/co2/14co2/>

Données <sup>14</sup>CO<sub>2</sub> Austria : <https://cdiac.ess-dive.lbl.gov/trends/co2/cent-verm.html>

Turnbull (2017) : <https://www.atmos-chem-phys.net/17/14771/2017/acp-17-14771-2017.pdf>

5. La feuille de Calcul « **Carbone 14 effet bombe** » met en forme les données d’observations.

## [9. La croissance du CO<sub>2</sub> dans l’atmosphère est-elle exclusivement anthropique ? \(3/3\)](#)

Mis en ligne SCE : 19.07.2019

### 9. Effet Bombe et Modèles du GIEC

Les prévisions du climat sont générées par des modèles informatiques. Leurs concepteurs pensent pouvoir décrire l’état moyen de l’atmosphère en 2100, en prenant comme principale donnée d’entrée, le taux **futur** de CO<sub>2</sub> qui constituerait donc le ‘bouton de commande’ du climat.

Il y a **deux** étages de modélisation : on commence par prévoir le taux de CO<sub>2</sub> en 2100 avec des modèles **sélectionnés par le GIEC** (ces modèles « IRF » du GIEC sont l’objet de l’article). Cette prévision constitue ensuite l’entrée du second étage, à savoir les modèles types « échanges radiatifs » ou « effet de serre » qui **ne sont pas** traités ici (mais on peut consulter [ceci](#)). Le présent article ( qui est la suite de deux autres [ici](#) et [ici](#)) compare la réponse impulsionnelle **théorique** de ces modèles « IRF » avec la réponse impulsionnelle **observée** du <sup>14</sup>CO<sub>2</sub>(effet Bombe).

#### 9.1. Modèles théoriques IRF pour le CO<sub>2</sub> anthropique

Les modèles utilisés par l’organisme intergouvernemental GIEC sont des fonctions dites « **IRF** » (IRF= Impulse Réponse Transfert) qui comportent une demi-douzaine de paramètres.

- **Fonctions de transfert**

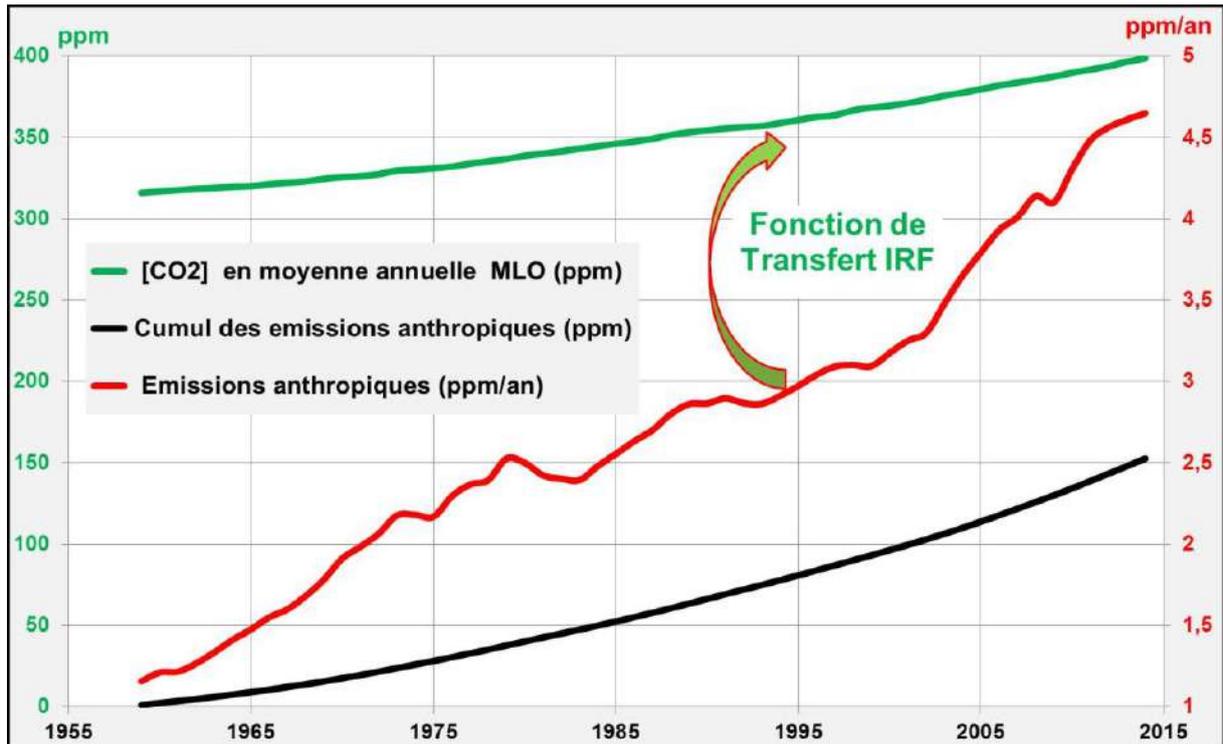


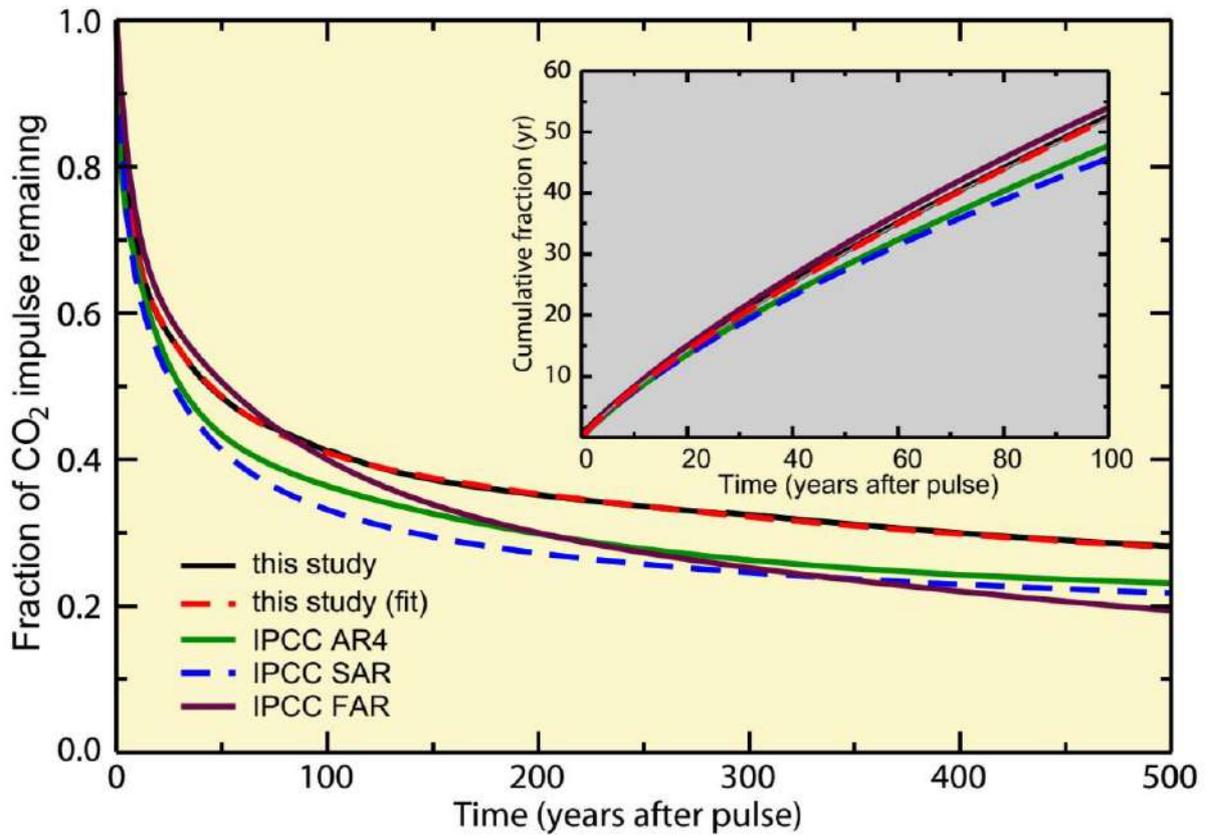
Figure 1a. Fonctions de transfert [8]. Elles sont construites pour retrouver, à partir des seules émissions anthropiques (en rouge), la croissance du CO<sub>2</sub> atmosphérique mesurée à Mauna Loa depuis 1958 (courbe verte).

Un modèle simplifié de fonction de transfert consiste à calculer le cumul des émissions ( $\Sigma$  émissions anthropiques = courbe noire Fig. 1a), puis à l'adapter : c'est-à-dire à en prendre environ la moitié, (le GIEC désigne cette proportion *ad hoc* par le terme « airborne fraction »), ensuite à décaler de 314 ppm afin de retrouver [CO<sub>2</sub>] (courbe verte Fig.1a).

Ce modèle simple de fonction de transfert s'écrit donc  $[\text{CO}_2] = 314 + 55\% \Sigma \text{ émissions anthropiques}$ . Le rapport AR 4 [5] indique une « airborne fraction » de 60%.

#### • Fonctions IRF

Le GIEC donne la fonction de transfert **indirectement**, sous la forme de réponse impulsionnelle IRF (par transformation de Laplace de la fonction de transfert). Les fonctions IRF **effectivement** utilisées par le GIEC sont indiquées dans le rapport WG1 AR4 [5] et sont reproduites à la Fig.1b.



**Figure 1b.** Les fonctions IRF du GIEC (voir article de F. Joos 2013) [5]. Ces fonctions traduiraient la réponse de l'atmosphère à un ajout brusque de CO<sub>2</sub>, autrement dit, elles sont **aussi** des **réponses impulsionnelles**. Ces fonctions utilisent des sommes d'exponentielles et une **demi-douzaine de paramètres**. Les exponentielles modéliseraient les échanges avec divers réservoirs, les paramètres reflèteraient la vitesse des échanges et la taille des réservoirs.

Y a-t-il équivalence entre les fonctions IRF et la thèse d'une croissance exclusivement anthropique pour le CO<sub>2</sub> ?

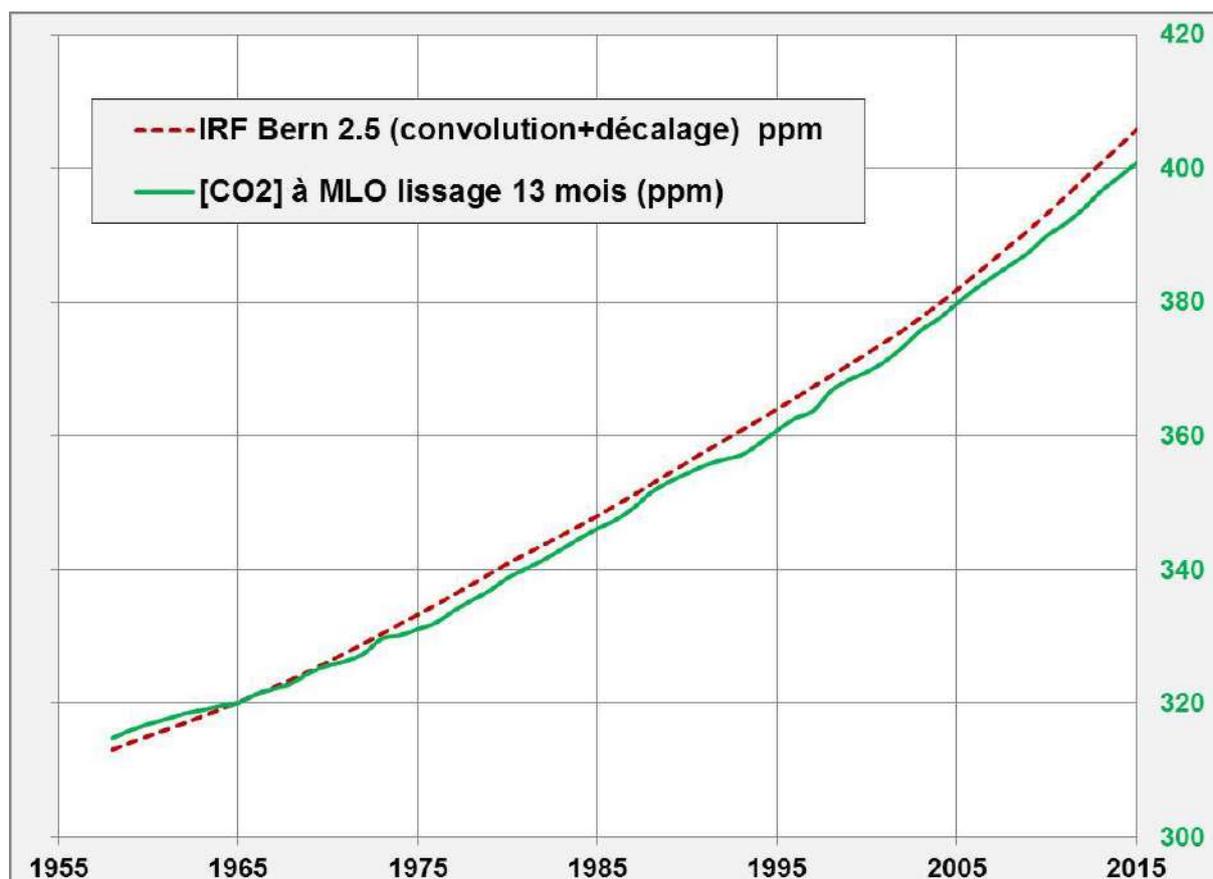


Figure 1c. [5] cf. Joos 2013 et [8] cf. Convolution. En effectuant un **produit de convolution** entre émissions anthropiques et fonction IRF (ici Bern 2.5), on retrouve la croissance du CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère.

On constate donc que les fonctions IRF permettent bien de satisfaire la thèse du GIEC, à savoir que la hausse du CO<sub>2</sub> atmosphérique serait **entièrement causée** par les **seules** émissions anthropiques.

Cette thèse d'une croissance du CO<sub>2</sub> **exclusivement** anthropique constitue la **véritable contrainte** d'élaboration des modèles IRF. Le paragraphe suivant montre que cette contrainte conduit à considérer des réservoirs et des vitesses d'échanges **irréalistes**.

## 9.2. Comparaison des modèles IRF GIEC versus observations <sup>14</sup>CO<sub>2</sub>

Les **observations** de  $\Delta^{14}\text{C}$  permettent d'avoir la réponse de l'atmosphère à un ajout presque instantané (1961-1963) de <sup>14</sup>CO<sub>2</sub> ([ici Fig.2](#)).

Les modèles **IRF du GIEC** correspondraient à la réponse **théorique** de l'atmosphère à un ajout instantané de CO<sub>2</sub> anthropique.

La comparaison directe (Fig. 2a) entre les 2 réponses impulsionnelles est donc fondée.

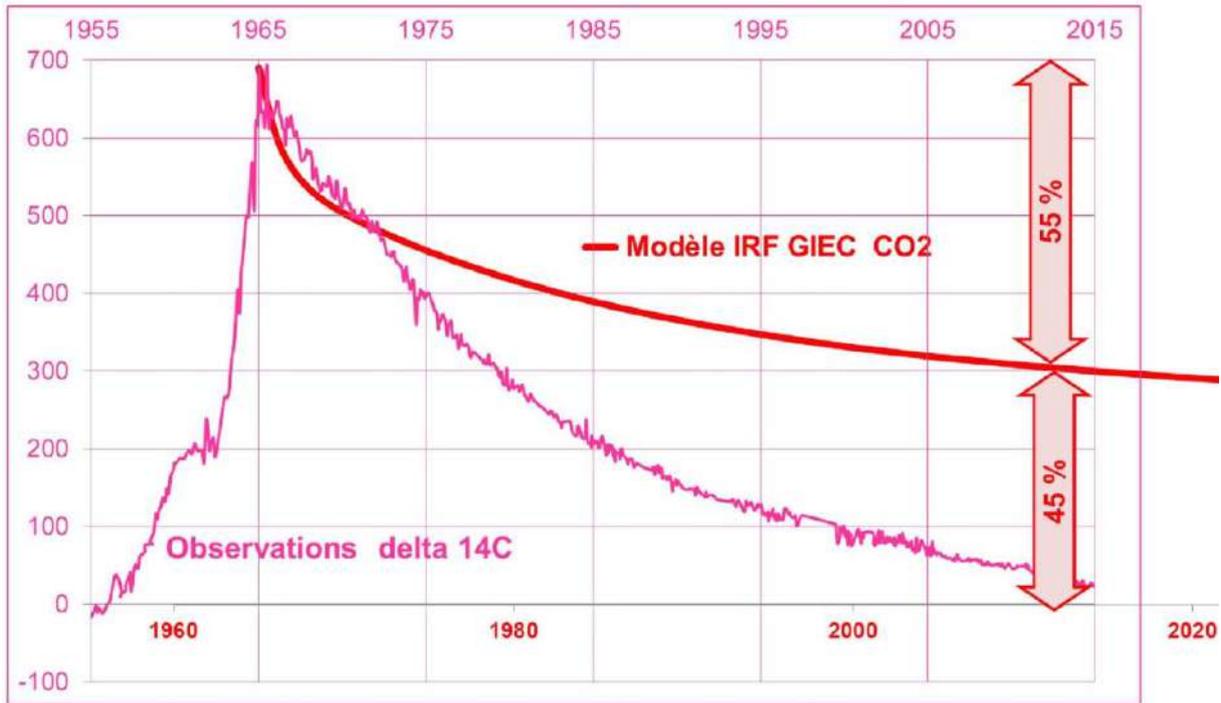
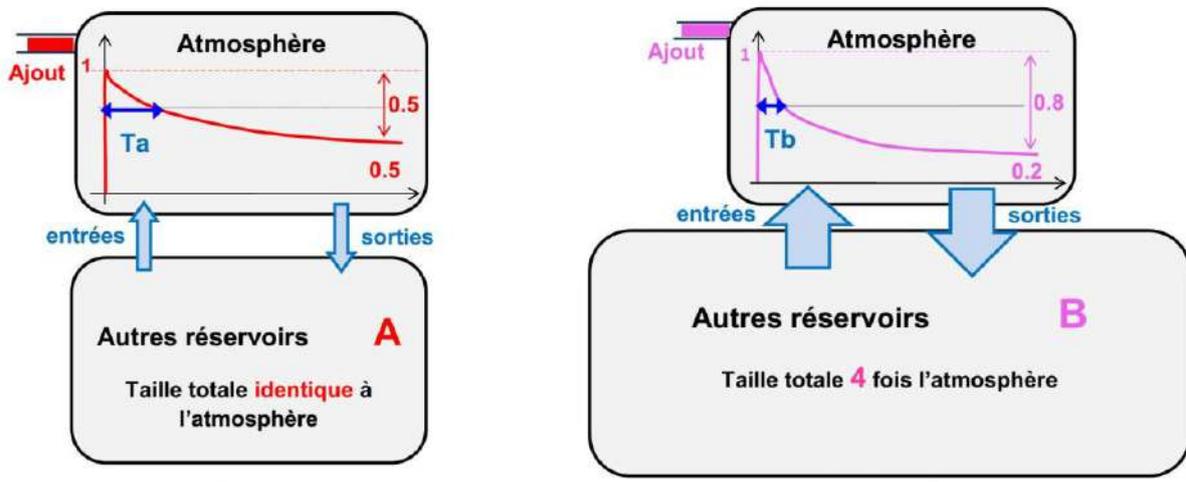


Figure 2a. [8] [5] IPCC AR4 et F. Joos 2013. Comparaison modèle IRF GIEC CO<sub>2</sub> (courbe rouge → Bern 2.5) [5] versus observations <sup>14</sup>CO<sub>2</sub> à Wellington (courbe rose → voir Fig.5b ici).

La Figure 2a nous indique que :

- La décroissance est bien **plus rapide** pour les observations que pour le modèle IRF, ce qui signifie des échanges **plus rapides** pour <sup>14</sup>CO<sub>2</sub> que pour le modèle IRF.
- Les niveaux atteints 50 ans après l’impulsion sont **très différents**, ce qui signifie une taille apparente **plus grande** pour les réservoirs <sup>14</sup>CO<sub>2</sub> que pour le modèle IRF GIEC (voir § 3 ici).

Les schémas A et B de la Fig 2b permettent l’interprétation des courbes de la Fig. 2a.



**Schéma A**  
Echanges lents entre réservoirs de tailles comparables

**Schéma B**  
Echanges rapides entre réservoirs de tailles différentes

Figure 2b (voir § 3 ici). Les modèles IRF du GIEC (en rouge) sont proches du schéma A, alors que les observations sur  $\Delta^{14}\text{C}$  depuis 1965 (en rose) sont proches du schéma B.

- Les échanges sont-ils lents pour un réservoir majeur tel l'océan Pacifique ?

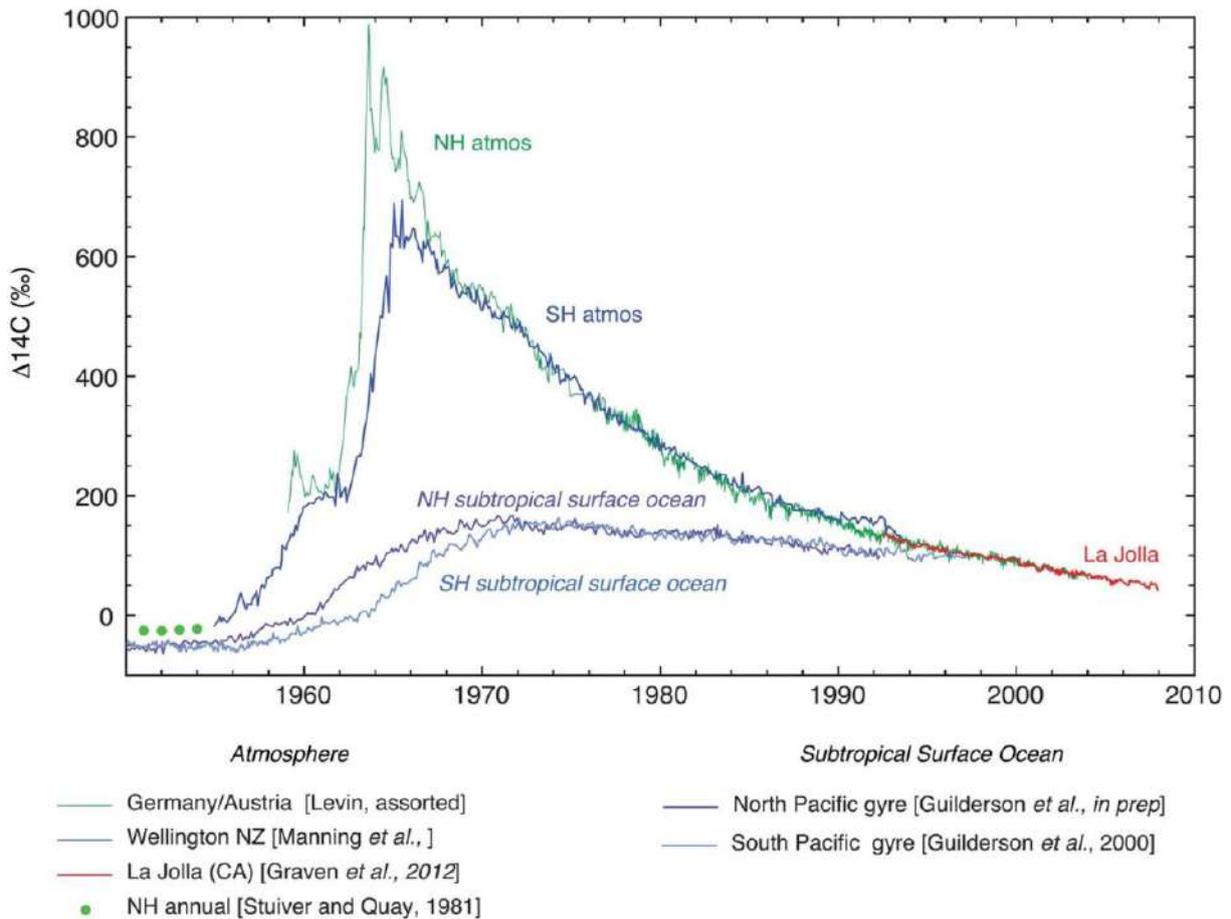


Figure 2c. Dilution  $^{14}\text{C}$  dans le Pacifique intertropical [6] Guilderson 2012.

Avant 1952, pour l'océan, on estime  $\Delta^{14}\text{C} \approx -50 \text{ ‰}$  (voir ici). Dans l'océan, la croissance de  $\Delta^{14}\text{C}$  s'effectue entre 1960 et 1970, donc en 10 ans. Vers 1995, les concentrations en carbone 14 se sont égalisées entre océan et atmosphère, soit seulement 30 ans après le maximum de 1965.

- Le modèle IRF du GIEC correspond à des réservoirs dont la taille est comparable à l'atmosphère (55% versus 45% à la Fig. 2a). Mais les observations montrent que  $^{14}\text{CO}_2$  se répartit dans des réservoirs **au moins 3,6 fois plus grands** que l'atmosphère (voir Fig.5b et 5c ici).

Les autres réservoirs sont-ils vraiment de taille comparable à l'atmosphère? Examinons un réservoir majeur tel l'océan Pacifique.

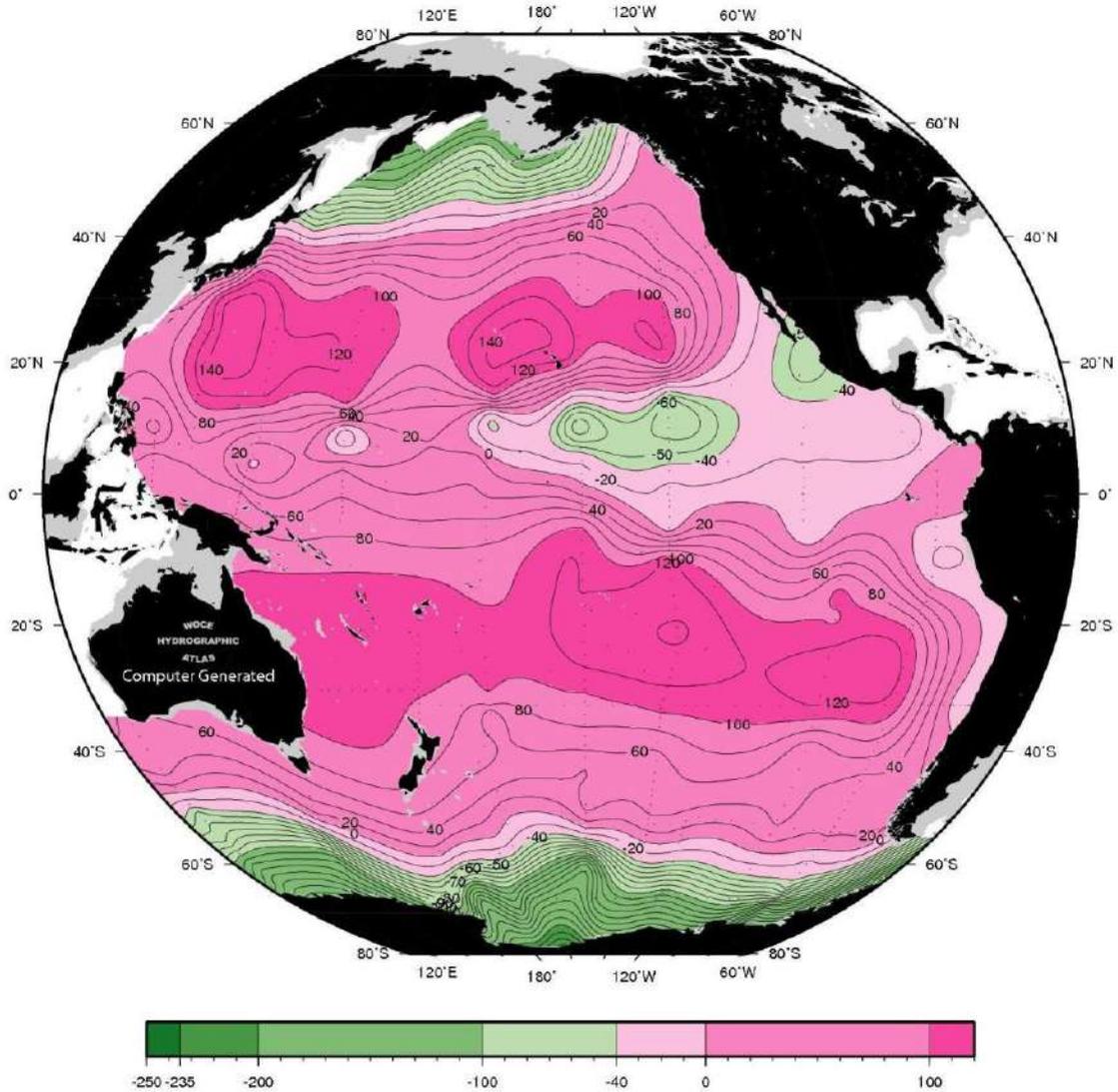
$\Delta^{14}\text{C}$  (/mille) 200 m

Figure 2d. Le  $^{14}\text{C}$  dans l'océan Pacifique [6] WOCE [ici](#).

L'océan contiendrait environ  $\approx 50$  fois plus de CO<sub>2</sub> que l'atmosphère, et sa profondeur moyenne est 3800m.

Une couche d'épaisseur  $3800/50 = 76\text{m}$  correspondrait donc à la quantité totale de CO<sub>2</sub> de l'atmosphère. Selon le modèle IRF du GIEC, les réservoirs qui échangent avec l'atmosphère depuis 50 ans seraient de taille comparable: le carbone 14 en provenance de l'effet Bombe devrait alors être présent dans l'océan sur une **profondeur  $\approx 76\text{ m}$** .

La carte correspond à une modélisation à partir d'observations (profondeur 200 m) entre 1990 et 1996. En seulement 30 ans, le  $^{14}\text{C}$  issu de l'effet Bombe s'est largement diffusé dans l'océan Pacifique sur une **profondeur  $> 200\text{ m}$** . (Avant 1952, on estime  $\Delta^{14}\text{C} \approx -50\text{ ‰}$ . voir [ici](#)).

### 9.3. Conséquences des observations « effet Bombe »

#### Discussion

Les **observations** portent sur <sup>14</sup>CO<sub>2</sub> alors que les **modèles** IRF du GIEC concernent le CO<sub>2</sub> anthropique, donc essentiellement <sup>12</sup>CO<sub>2</sub>.

Quelles sont les différences entre les 2 molécules ?

<sup>14</sup>CO<sub>2</sub> n'est pas stable, **mais** la décroissance radioactive en 50 ans n'est que de 0,6%.

<sup>14</sup>CO<sub>2</sub> et <sup>12</sup>CO<sub>2</sub> diffèrent par leur masse **mais** le fractionnement isotopique est inférieur à 10%.

**La décroissance radioactive ou le fractionnement isotopique ne constituent pas une explication suffisante pour les grandes différences (Fig.2a) entre les observations sur <sup>14</sup>CO<sub>2</sub> et les modèles GIEC du CO<sub>2</sub>.**

Depuis Galilée, lorsqu'il y a désaccord, on juge préférable de modifier la théorie pour l'adapter aux observations : que devrait-on faire pour concilier les modèles théoriques du GIEC avec les observations « effet Bombe » ?

Il faudrait utiliser des échanges **plus rapides** avec des réservoirs **plus grands**, ce qui aura pour effet de rapprocher les modèles IRF du GIEC (Fig.1b) des observations ([Fig.5b ici](#)).

Les figures 3a et 3b illustrent la conséquence d'échanges **plus rapides** avec des réservoirs **plus grands**.

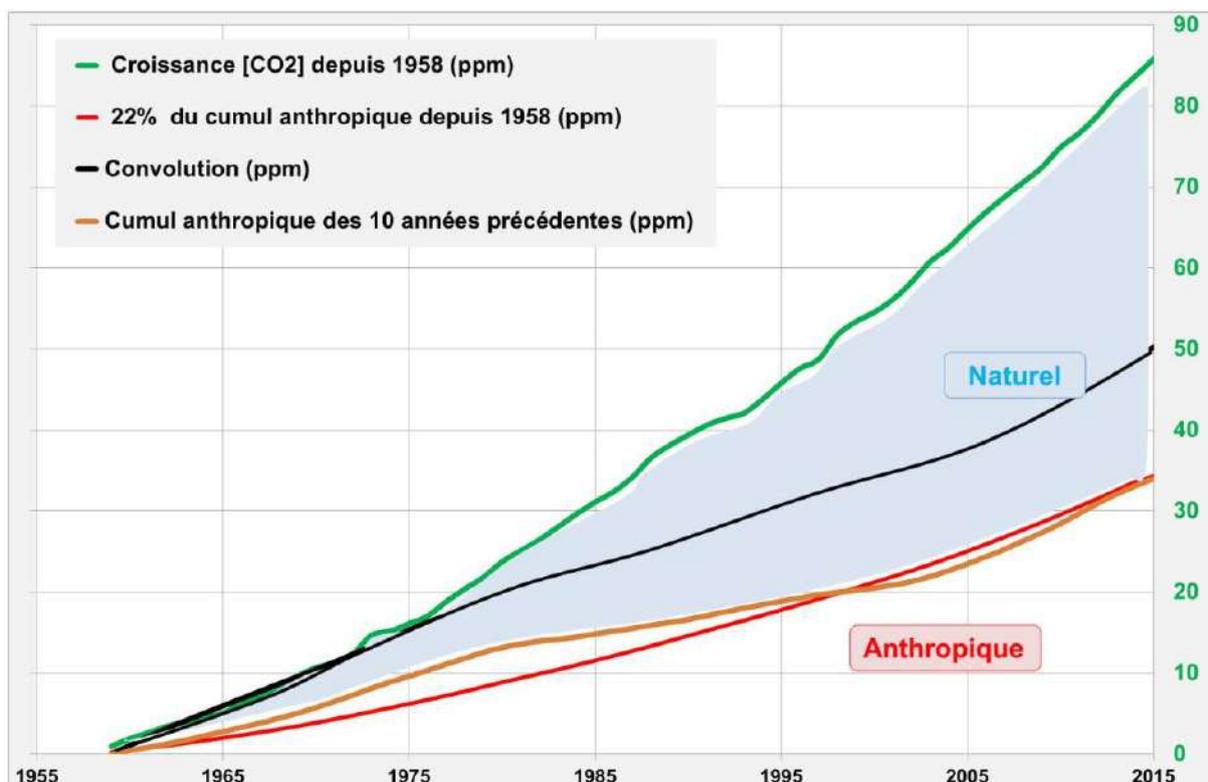


Figure 3a. [8] Croissance de [CO<sub>2</sub>] à Mauna Loa entre 1958 et 2015 (courbe verte). Entre 1958 (314 ppm) et 2015 (400 ppm), la croissance de [CO<sub>2</sub>] est de 86 ppm.

L'augmentation de la taille des réservoirs entraînerait une proportion  $\approx 155 / 715 \approx 22\%$  pour le CO<sub>2</sub> anthropique restant dans l'atmosphère (courbe rouge).

Une deuxième estimation utilise la durée de séjour (Fig.4 ici) : le CO<sub>2</sub> anthropique présent dans l'atmosphère correspondrait au cumul anthropique des 10 années précédentes (courbe marron). Une troisième estimation (courbe noire) correspond à la convolution des émissions anthropiques avec l'effet Bombe (corrections Suess + industrie nucléaire Fig.5b ici). [8] cf. Convolution).

Pour retrouver la totalité de la croissance du CO<sub>2</sub> mesurée à MLO (en vert), il faut alors compléter par des apports nets non anthropiques, c'est-à-dire naturels (surface bleue). La croissance depuis 1958 (+86 ppm) serait alors mixte : en partie naturelle et en partie anthropique.

Notons que, par le passé, le taux de CO<sub>2</sub> a largement varié naturellement (ici).

Une représentation alternative ou complémentaire à la Fig.3a consiste à tracer la variation annuelle (ppm/an) du CO<sub>2</sub> en fonction de la date (ici).

La figure 3b propose une interprétation de cette variation annuelle ou growth rate (la variation est positive, c'est donc une croissance).

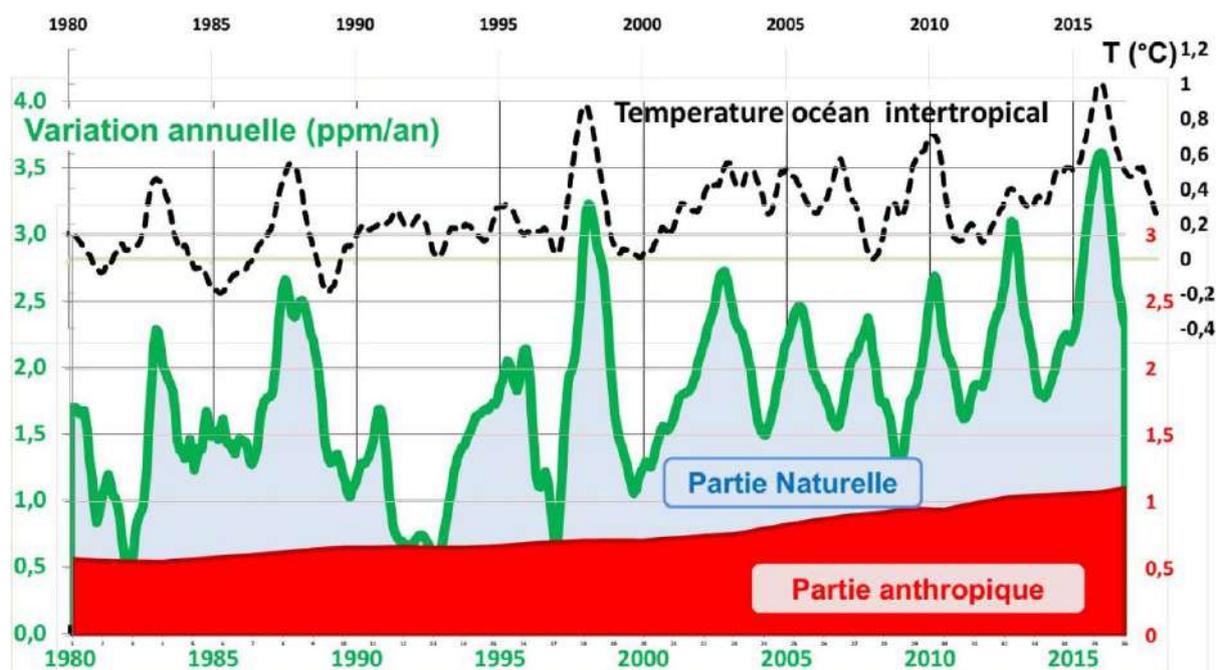


Figure 3b. Variation annuelle ou growth rate (courbe verte) [8] cf.onglet Growth rate. La courbe verte représente la différence du taux de CO<sub>2</sub> d'une année sur l'autre. La croissance dépasse +3 ppm/an lors des épisodes El Niño de 1998 et 2016.

La surface totale sous la courbe verte correspond à [CO<sub>2</sub>]. Dans cette surface, on distingue la part anthropique (surface rouge) et la part naturelle (surface bleue). La somme des deux donne la courbe verte, c'est-à-dire la variation annuelle (ou croissance annuelle).

La part anthropique (surface rouge) est en augmentation, mais elle varie peu, alors que la part naturelle (surface bleue) varie fortement. Notons qu'en 1982, 1992 et 1996, la part naturelle est nulle, voire négative.

Cette part naturelle (surface bleue) est corrélée à la température de surface de l'océan intertropical (courbe pointillée noire). Une tentative d'explication est proposée [ici § D.2](#).

Le premier article ([ici](#)) a montré qu'une « airborne fraction »  $\approx 22\%$ , ou bien une durée de séjour  $\approx 10$  ans, permet de concilier l'effet Suess de 1950 avec les observations  $\Delta^{14}\text{C} \approx -15$  à  $25\%$  ([voir ici](#) § 6). Une croissance mixte (anthropique **et** naturelle) de  $[\text{CO}_2]$  s'accorde **également** avec les observations de  $\delta^{13}\text{C}$  ([voir ici](#) § C.3.1).

Avec l'effet Bombe, il existe donc **trois** types d'observations **indépendantes** suggérant une croissance mixte pour le CO<sub>2</sub> atmosphérique.

#### 9.4. Conclusions

- Dans la mesure où  $^{12}\text{CO}_2$  et  $^{14}\text{CO}_2$  ont des comportements voisins, les observations « effet Bombe » montrent que les modèles **théoriques** sélectionnés par le GIEC, utilisent des réservoirs **trop petits** et qui échangent **trop lentement** avec l'atmosphère lors des 50 dernières années.
- L'augmentation de la taille des réservoirs et de la vitesse des échanges, rapprocherait ces modèles IRF du GIEC des observations pour « l'effet Bombe » mais **aussi** pour l'effet Suess de 1950 ([ici](#)) **ainsi que** pour  $\delta^{13}\text{C}$  ([ici](#) § C.3.1).  
Ces modifications, conséquences de ces **trois** observations, entraîneraient *de facto* l'abandon d'une origine **exclusivement** anthropique pour la croissance du CO<sub>2</sub> atmosphérique.
- **La modélisation du cycle du carbone est encore pleine d'incertitudes** ([ici](#)) car les échanges de CO<sub>2</sub> sont très mal connus, en dehors de l'entrée anthropique ([ici § A.5](#)).  
Il est donc difficile d'estimer la répartition anthropique / naturelle dans les évolutions du CO<sub>2</sub> atmosphérique depuis 1958.
- On peut surtout s'interroger sur la possibilité de prévoir la concentration du CO<sub>2</sub> en 2100 : les émissions anthropiques futures sont **incertaines** et surtout **la partie naturelle est largement inconnue et imprévisible**. Cette partie naturelle peut même devenir **négative** d'ici 2100. Or, les prévisions du climat en 2100, publiées par l'organisme intergouvernemental GIEC, **sont justement basées sur la concentration future de CO<sub>2</sub>...**

#### Epilogue

« *The world is expected to invest around US\$ 90 trillion in infrastructure over the next 15 years* » ([ici](#)).

Telles sont les dépenses, **indispensables**, selon l'organisme intergouvernemental [La Banque Mondiale \(BIRD\)](#), afin d'éviter une croissance trop importante du CO<sub>2</sub> atmosphérique d'ici 2100.

Pour donner au lecteur la mesure des 90 000 000 000 000 \$, vraisemblablement ponctionnés sur l'ensemble des contribuables, il convient d'utiliser un exemple.

Si un contribuable, qui perçoit le salaire minimum, (il ne travaille pas dans un organisme intergouvernemental), a consacré 10 minutes à la lecture de cet article, la banque mondiale aura dépensé dans ce laps de temps, l'équivalent de 10 000 ans de salaire minimum (10 000 ans, c'est la durée qui nous sépare de la dernière glaciation).

Cet exemple peut inciter le contribuable à une lecture plus rapide (c'est vain : les taxes ne changeront pas), ou au contraire à une lecture lente et attentive (c'est risqué : il pourrait s'imaginer que les prévisions du climat en 2100 sont plutôt des prédictions, peut-être même des prophéties).

## Références

1. Propriété du carbone 14 : [Fiche IRSN](#) ; [Radiocarbon Determination](#)

2. Variabilité naturelle et anthropique pour <sup>14</sup>C :

– H.E. Suess, « Radiocarbon Concentration in Modern Wood», *Science*, vol. 122, n°3166, 1955, (DOI [10.1126/science.122.3166.415-a](https://doi.org/10.1126/science.122.3166.415-a))

– Stuiver & Quay 1981 <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0012821X81900406?via%3Dihub>

– Tans, De Jong & Mook 1979 <https://www.nature.com/articles/280826a0>

– P. Jean-Baptiste, M. Paterne 2003 DOI: [10.1051/radiopro:2003017](https://doi.org/10.1051/radiopro:2003017)

3. Emissions anthropiques : [CDIAC](#).

– [CO<sub>2</sub>] dans l'atmosphère [ftp://aftp.cmdl.noaa.gov/products/trends/co2/co2\\_annmean\\_mlo.txt](ftp://aftp.cmdl.noaa.gov/products/trends/co2/co2_annmean_mlo.txt)

– [CO<sub>2</sub>] avant 1958 <ftp://ftp.ncdc.noaa.gov/pub/data/paleo/icecore/antarctica/law/law2006.txt>

4. Données <sup>14</sup>CO<sub>2</sub> New Zealand : <ftp://ftp.niwa.co.nz/tropac/co2/14co2/>

Données <sup>14</sup>CO<sub>2</sub> Austria : <https://cdiac.ess-dive.lbl.gov/trends/co2/cent-verm.html>

Turnbull 2017 : <https://www.atmos-chem-phys.net/17/14771/2017/acp-17-14771-2017.pdf>

5. Thèse du GIEC :

[AR4 WG1 Chap 2 page 139](#) « The relationship between increases in atmospheric CO<sub>2</sub> mixing ratios and emissions has been tracked using a scaling factor known as the apparent 'airborne fraction', defined as the ratio of the annual increase in atmospheric CO<sub>2</sub> to the CO<sub>2</sub> emissions from annual fossil fuel and cement manufacture combined (Keeling et al., 1995). **On decadal scales, this fraction has averaged about 60% since the 1950s.**

AR5 WG1 Ch6 box 6.1 page 472 [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5\\_Chapter06\\_FINAL.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5_Chapter06_FINAL.pdf)

2013. Joos 2013 Multimodèles <https://www.atmos-chem-phys.net/13/2793/2013/acp-13-2793-2013.pdf>

6. Carbone 14 dans l'océan Pacifique :

WOCE (World Ocean Circulation Experiment) [http://whp-atlas.ucsd.edu/pacific\\_index.html](http://whp-atlas.ucsd.edu/pacific_index.html)

[http://whp-atlas.ucsd.edu/pacific/atlas\\_text/WHPAtlas\\_Vol2\\_Pacific\\_Introduction.pdf](http://whp-atlas.ucsd.edu/pacific/atlas_text/WHPAtlas_Vol2_Pacific_Introduction.pdf) (voir xi, xii et xiii)

Guilderson 2012 <https://e-reports-ext.llnl.gov/pdf/636052.pdf>

Druffel 1987 [Bomb radiocarbon in the Pacific](#)

Mahadevan 2000 [An analysis of bomb radiocarbon trends in the Pacific](#)

7. Articles connexes :

Herman Harde 2019 <http://article.esjournal.org/pdf/10.11648.j.earth.20190803.13.pdf>

Herman Harde 2017 <http://edberry.com/SiteDocs/PDF/Climate/HardeHermann17-March6-CarbonCycle-ResidenceTime.pdf>

J.Munshi 2016 [Dilution of atmospheric radiocarbonCO<sub>2</sub> by fossil fuel emissions](#)

Edwin Berry 2019 <http://www.sciencepublishinggroup.com/journal/paperinfo?journalid=298&doi=10.11648/j.ijaos.20190301.13>

Edwin Berry 2018 <https://edberry.com/blog/climate-physics/agw-hypothesis/contradictions-to-ipccs-climate-change-theory/>

Saurer Cherubini BonaniSiegwolf 2003 <https://pdfs.semanticscholar.org/50ba/cb7e4ee2400cf47409675585da409e604040.pdf>

J.C. Turnbull, H. Graven and N.Y. Krakauer [https://nirkrakauer.net/papers/Turnbull\\_etal\\_2016.pdf](https://nirkrakauer.net/papers/Turnbull_etal_2016.pdf)

Caldeira, Rau & Duffy 1998 <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1029/1998GL900010>

Levin Hesshaimer 2000 [Radiocarbon A unique tracer of global carbon cycle dynamics](#)

Camille Veyres 2016 [Sur les réservoirs avec une sortie auto-adaptative et le cycle du carbone.](#)

8. La feuille de Calcul « **Carbone 14 Modèles GIEC** » met en forme les données d'observations. Le répertoire « **Convolution** » contient les codes de calcul utilisés dans l'article.

## 10. Croissance du CO<sub>2</sub> atmosphérique, deux nouvelles publications

Mis en ligne SCE : 08.08.2019

Les lecteurs fidèles de SCE savent désormais que les modèles théoriques sélectionnés par le GIEC ne conviennent pas pour expliquer l'évolution des rapports isotopiques du carbone dans l'atmosphère (articles du physicien J.C. Maurin : [ici](#)). Pour réconcilier **observations** et théorie il faudrait donc abandonner l'hypothèse selon laquelle la croissance du CO<sub>2</sub> atmosphérique serait exclusivement anthropique. Mais admettons que vous ne soyez pas encore convaincus. Effectivement, vous consultez ici un site rédigé par des scientifiques, mais non pas un article publié dans un journal scientifique contrôlé par les pairs. Pour peut-être vous convaincre, sachez que **deux articles sur le même sujet ont été publiés en juin 2019 dans des journaux scientifiques contrôlés par les pairs**. Ces deux publications, indépendantes l'une de l'autre, sont écrites par des physiciens et sont en libre accès. Elles sont abordables et il ne faut pas être spécialiste en mathématiques pour bien les comprendre. Comme vous le verrez, ces publications rejoignent parfaitement la démonstration de J.C. Maurin récemment publiée dans SCE. Seront-elles prises en considération par le GIEC dans le futur AR6?

### 10.1. La publication d'Edwin X. Berry de juin 2019 [1] .

Pour débiter, mentionnons qu'Edwin Berry est titulaire d'une licence en ingénierie de Caltech, d'une maîtrise en physique du Dartmouth College et d'un doctorat en physique de l'Université du Nevada (obtenu en 1965). Son impressionnant CV et ses publications sont disponibles [ici](#).

Dans sa dernière publication de juin 2019 (*International Journal of Atmospheric and Oceanic Sciences Vol. 3, No. 1, 2019, pp. 13-26*), Edwin Berry nous propose un **Modèle Physiquesimple** permettant de comprendre le comportement du CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère et nous montre en même temps que le modèle de Bern, prôné par le GIEC, ne tient pas la route lorsqu'on le confronte aux observations, particulièrement en ce qui concerne le taux de <sup>14</sup>C dans l'atmosphère. Le GIEC, et une grande partie du public à sa suite, estiment que les émissions anthropiques de CO<sub>2</sub> s'accumulent pour de longues durées dans l'atmosphère, et que des molécules de CO<sub>2</sub> peuvent y rester éternellement. Berry démontre que cette idée est absurde **et qu'il ne peut y avoir de comportement différent entre le**

**CO<sub>2</sub> humain et le CO<sub>2</sub> naturel puisque ces molécules sont identiques, et sont régies par les mêmes équations chimiques.**

### 10.2. La publication de Hermann Harde de juin 2019 [2]

Le Professeur Hermann Harde est un physicien de l'Université Helmut Schmidt à Hambourg en Allemagne. Il a obtenu son doctorat en 1974 et devint Professeur en 1975. Il fut ensuite Doyen de Faculté puis Vice-Président de son université. Un bref CV est disponible [ici](#).

Voici les éléments essentiels de son article de juin 2019, publié dans *Earth Sciences* : le GIEC estime que l'augmentation de la concentration en CO<sub>2</sub> atmosphérique de ces dernières années a été presque exclusivement déterminée par les émissions anthropiques, et qu'elle est responsable de la hausse de la température au cours de l'ère industrielle. En raison des conséquences considérables de cette affirmation, il examine de manière critique les différents modèles de cycle du carbone et les compare avec les observations. Il les confronte avec **un modèle alternatif qui inclut également les émissions naturelles et une absorption proportionnelle à la concentration en CO<sub>2</sub>**. Il montre ensuite que cette approche est en accord avec toutes les observations et, en conséquence, que les activités humaines ne sont responsables ni de l'augmentation observée du CO<sub>2</sub>, ni de l'augmentation de température de l'atmosphère. A l'inverse, **c'est la température elle-même qui contrôle principalement l'augmentation du taux de CO<sub>2</sub>**. Par conséquent, ce ne sont pas les émissions de CO<sub>2</sub>, mais principalement les processus naturels qui sont responsables des changements climatiques observés.

### 10.3. Que conclure de ces deux publications?

Les articles de Harde et Berry publiés dans des revues scientifiques contrôlées par des pairs rejoignent la démonstration de J.C. Maurin publiée sur SCE ([ici](#)) et ces textes vont à l'encontre de la théorie du GIEC selon laquelle la croissance du CO<sub>2</sub> atmosphérique serait exclusivement anthropique. Il existe donc bien des théories alternatives basées sur des faits expérimentaux et sur leur interprétation logique. Le GIEC n'a pas le monopole des théories, et nous recommandons vivement aux lecteurs désireux d'approfondir le sujet de lire ces deux articles.

#### Notes

[1] Edwin X Berry. Human CO<sub>2</sub> Emissions Have Little Effect on Atmospheric CO<sub>2</sub>. *International Journal of Atmospheric and Oceanic Sciences*. Vol. 3, No. 1, 2019, pp. 13-26. doi: 10.11648/j.ijaos.20190301.13

[2] Hermann Harde. What Humans Contribute to Atmospheric CO<sub>2</sub> : Comparison of Carbon Cycle Models with Observations. *Earth Sciences*. Vol. 8, No. 3, 2019, pp. 139-159. doi: 10.11648/j.earth.20190803.13

## 11. Le CO<sub>2</sub> c'est la qualité de vie

Mis en ligne SCE 17.04.2020

Les activistes environnementaux et les médias sont parvenus à introduire dans l'imaginaire collectif l'idée que le CO<sub>2</sub> est mauvais, que c'est un polluant, que c'est le symbole du mal. On assiste, presque impuissants, à une manipulation du monde objectif probablement jamais égalée.

### 11.1. Le cycle biologique de notre vie dépend du CO<sub>2</sub>

Le CO<sub>2</sub> c'est la vie! Il fait partie du cycle de notre vie. Les deux équations chimiques qui vont suivre sont à la base de la vie sur Terre. La première explique que le monde végétal est généré par la photosynthèse : du CO<sub>2</sub> réagit avec de l'eau en présence de photons (lumière) grâce à la chlorophylle présente dans les végétaux pour produire des hydrates de carbone ou carbohydrates que constituent les sucres, la cellulose et l'amidon, tout ce qui est nécessaire à la vie des végétaux. Ils contiennent comme l'illustre la Figure 1 essentiellement des atomes de carbone, d'oxygène et d'hydrogène et leur formule globale est C<sub>6</sub>(H<sub>2</sub>O)<sub>6</sub> ce qui justifie le nom d'hydrates de carbone ou carbohydrates.

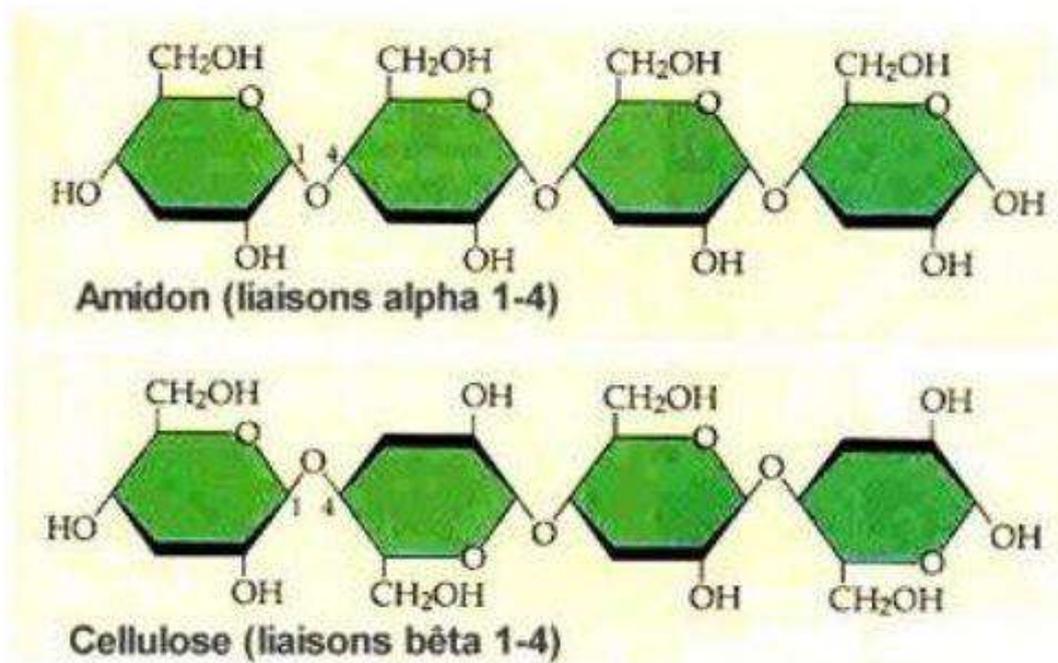


Figure 1 Structure de l'amidon et de la cellulose

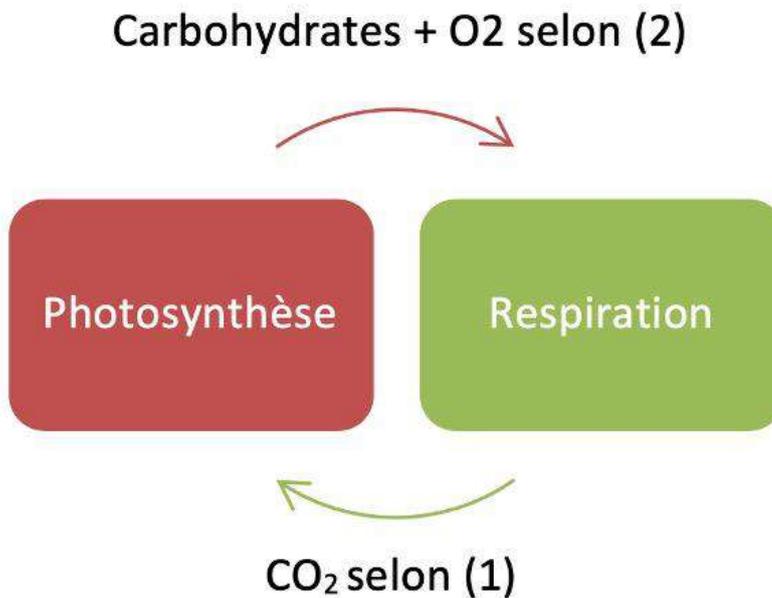
Dans le cas spécifique du glucose (sucre) la réaction est :



Lorsque nous mangeons ce sucre, les mitochondries de nos cellules, usines chimiques de notre organisme, transforment ce carbohydrate en... CO<sub>2</sub> selon la réaction (2) inverse de celle de la photosynthèse (1):



Ce CO<sub>2</sub> produit dans nos cellules est transporté par le sang vers nos poumons et échangé avec l'oxygène que nous respirons (l'air contient 21% d'oxygène). Nous respirons de l'oxygène et nous exhalons du CO<sub>2</sub>. La photosynthèse génère donc de l'oxygène dont nous avons besoin pour respirer, brûler les aliments hydrocarbonés que nous absorbons à travers notre alimentation bien que la majorité de l'oxygène de l'atmosphère ne provienne pas du processus continu de la photosynthèse. C'est pour cela qu'il est inadmissible d'appeler le gaz de la vie un polluant. N'en déplaise à ceux qui ont oublié leur cours de biologie, le CO<sub>2</sub> c'est la vie.



Mais c'est aussi la vie pour une autre raison.

### 11.2. La révolution énergétique a changé la vie



Figure 2 Tapiserie dans le Palais provincial de Gênes illustrant l'utilisation de la biomasse pour le chauffage (photo de l'auteur).

Avant la révolution industrielle, qui devrait plutôt être appelée la révolution énergétique, l'énergie dont l'homme a toujours eu besoin était l'énergie renouvelable (surtout le bois et un peu les moulins à vent ou à eau) et l'énergie animale (chevaux, bœufs, etc.) ou humaines (esclaves, enfants ou servant-e-s) [a]. Une tapisserie dans le palais provincial de la province de Gênes (Figure 2) illustre ce qui a été la réalité pendant des millénaires : on y voit un enfant transportant ce qu'on appelle aujourd'hui biomasse pour que des nantis puissent se chauffer, l'enfant-esclave tentant de bénéficier un peu de son travail. Se procurer l'indispensable énergie de chauffage était un véritable défi.

Par exemple, une « verrerie de moyenne importance en forêt vosgienne consommait dans les années 1780 environ 30 000 stères de bois par an, soit un peu plus de cent par jour ouvrable, et en 1744, pour six maîtres souffleurs et quatre ouvriers attiseurs et manœuvres, employait à temps plein huit bûcherons et quatre voituriers, sans compter leurs aides occasionnels et leurs familles » [1]. Le Roi Soleil dans toute sa splendeur à Versailles vivait bien mal par rapport à nous : il avait besoin d'un grand nombre de serviteurs pour mal chauffer son château à partir d'énergie renouvelable (le bois). Par rapport à ce type d'énergie du passé la puissance extraordinaire qui a été découverte d'abord dans le charbon et ensuite dans le pétrole et le gaz a révolutionné notre vie, notre espérance de vie, notre qualité de vie, nos relations sociales et, en fait, tout ce qui fait le monde. Depuis la révolution énergétique nous avons la chance de disposer d'énergies modernes, modulables à souhait, qui nous permettent de bénéficier dans les pays OCDE d'un confort inégalé.

Ce changement radical a eu des effets immédiats sur la pénibilité du travail. Ceux qui pensent que dans le temps la vie des agriculteurs était bucolique et naturelle n'ont jamais bêché leur jardin à la main. Je me souviens que dans mon village d'origine en Calabre beaucoup d'hommes avaient leur corps tordu, leur échine courbée par le travail agricole éreintant. Retourner la terre, même pour un

animal, est un travail extrêmement pénible. C'est d'ailleurs la raison pour laquelle on a créé par sélection les chevaux de trait que ce soit pour les travaux agricoles, les besoins militaires ou le halage de bateaux naviguant sur les canaux.

Dès que le moteur thermique fut disponible l'agriculture a été mécanisée précisément afin d'éviter cette pénibilité. Selon les dernières données de la Banque mondiale, en 2000 il y avait **25 millions de tracteurs agricoles en exploitation dans le monde. 20 ans plus tard, on peut raisonnablement estimer qu'ils sont à présent 30 millions.** En convertissant, largement par défaut, une puissance moyenne de 100 CV [b] en W et en attribuant à un travailleur une puissance de 100 W, on arrive à plus de 22 milliards d'équivalent homme. **La puissance des tracteurs dans le monde représente au moins l'équivalent de la puissance de trois fois toute la population mondiale, seniors et enfants compris.** Grâce aux produits pétroliers! L'élimination du dur labour a contribué nettement à l'amélioration de la santé des ouvriers agricoles et partant à l'augmentation de leur espérance de vie. La même conclusion peut être tirée pour tous les métiers manuels, comme le sidérurgiste ou le maçon [c].

Revenons au roi Soleil. Cette fois non pas pour chauffer son château, mais pour prendre son bain. Des bûcherons vont devoir abattre et débiter des arbres, des charroyeurs vont transporter ce bois jusqu'au château, des enfants vont probablement le couper en petit bois de chauffage, des servantes vont prélever une eau probablement peu potable à la fontaine, elles vont devoir chauffer l'eau en brûlant le bois tout en respirant la fumée nocive et ensuite transporter l'eau chaude jusque dans l'espace qui servait de salle de bain. Le roi avait de l'eau chaude mais grâce à de nombreux serviteurs. Aujourd'hui des pompes électriques transportent de l'eau qui a été rendue potable par des dispositifs énergivores, du gazoil ou du gaz naturel chauffe l'eau pour qu'on puisse prendre son bain dans une pièce bien chauffée sans effort. Qui est le serviteur virtuel qui permet cela ? L'énergie moderne. **On calcule qu'en moyenne chaque européen dispose grâce à l'énergie moderne de quelques 150 serviteurs virtuels. Nous sommes tous devenus des Roi-Soleil.** Cela conduit à une hygiène de vie inégalée qui a eu pour conséquence d'augmenter l'espérance de vie des Européens.

Cela se traduit par une augmentation de la consommation d'énergie proportionnelle au niveau de revenus. **La Figure 3 illustre que la demande en énergie par habitant suit la croissance du PIB, à l'exception de certaines périodes de crise que l'on peut déceler dans les creux (voire aussi dans les retours) de la courbe.** Ce sera le cas bien entendu avec la crise du Coronavirus Covid-19, mais bien qu'il y aura une chute du PIB, celle de la demande en énergie ne sera pas proportionnelle car la demande dans les hôpitaux, pour l'alimentation et le chauffage ne sera pas aussi impactée.

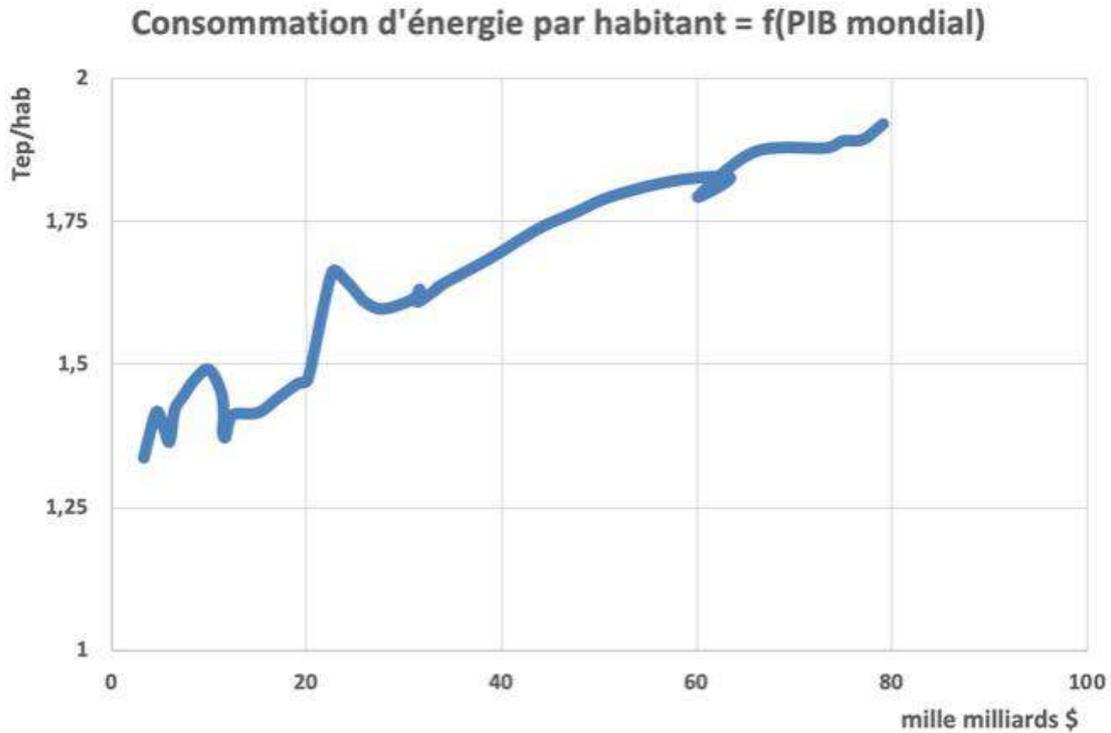


Figure 3 Consommation d'énergie par habitant (en tonnes d'équivalent pétrole, tep) depuis 1960 corrélée au PIB mondial (données de la Banque mondiale).

### 11.3. L'énergie fossile a augmenté l'espérance de vie

Pour paraphraser Thomas Hobbes, la vie sans énergie moderne est pauvre, désagréable et brève. La diminution de la pénibilité du travail, l'amélioration de l'hygiène, et en ces temps de Coronavirus ajoutons avec reconnaissance, l'amélioration extraordinaire des soins de santé ont contribué en grande partie à augmenter l'espérance de vie à la naissance.

Inversement, dans les pays peu développés ce confort qui nous est offert par l'énergie n'existe pas. Le travail agricole continue à être pénible : on estime qu'en Afrique seulement 15 % du travail agricole est fourni par des tracteurs, le reste étant encore le travail de l'homme et des animaux comme au XIX<sup>e</sup> siècle en Europe. Souvent en Afrique l'électricité fait défaut. Seulement 35% de la population subsaharienne a accès à l'électricité, qui plus est un accès totalement aléatoire et à très faible puissance. Souvent les personnes privilégiées qui sont connectées au réseau électrique disposent également chez elles d'un générateur électrique fonctionnant au diesel pour pallier les fréquents délestages ; l'Agence internationale de l'énergie estime que ces groupes électrogènes sont en croissance. Quant à la cuisine elle se fait encore essentiellement avec du bois (Figure 4), souvent du bois vert et/ou des bouses d'animaux, quand ce n'est pas en brûlant des bouteilles en plastique, ce qui crée des maladies pulmonaires et abrège la vie. Tout cela parce qu'il n'y a pas d'utilisation comme dans les pays OCDE d'énergie abondante et bon marché.



Figure 4 Cuisine à l'énergie renouvelable (photo Orlando Furfari).

La Figure 5 compare l'évolution de la demande en énergie en Belgique (choisie comme exemple typique d'un État membre de l'UE) et en République Démocratique du Congo (RDC) (choisie comme exemple typique d'un pays africain). La demande en énergie par habitant n'a pas cessé de croître en Belgique, à l'exception de la période des crises pétrolières des années soixante-dix et de la crise post-subprimes. On observera à ce sujet qu'avant la crise pétrolière on gaspillait l'énergie de sorte que la demande était nettement plus élevée sans impact proportionnel sur l'espérance de vie. En Belgique on observe une assez bonne corrélation entre la consommation par habitant et l'espérance de vie. Bien entendu ce n'est pas le seul élément, puisque c'est avant tout le progrès de la médecine qui le permet .

Inversement en RDC la demande est pratiquement restée stable depuis l'indépendance à l'exception d'une petite hausse ces dernières années. D'évidence le pays n'a pas su se développer. On observe toutefois une augmentation de l'espérance de vie à la naissance malgré la stagnation de la consommation d'énergie grâce aux soins de santé de base, grâce aux progrès de la médecine (le plateau des années 1990 est probablement dû aux massacres au Kasai et à la « guerre de libération »[d]).

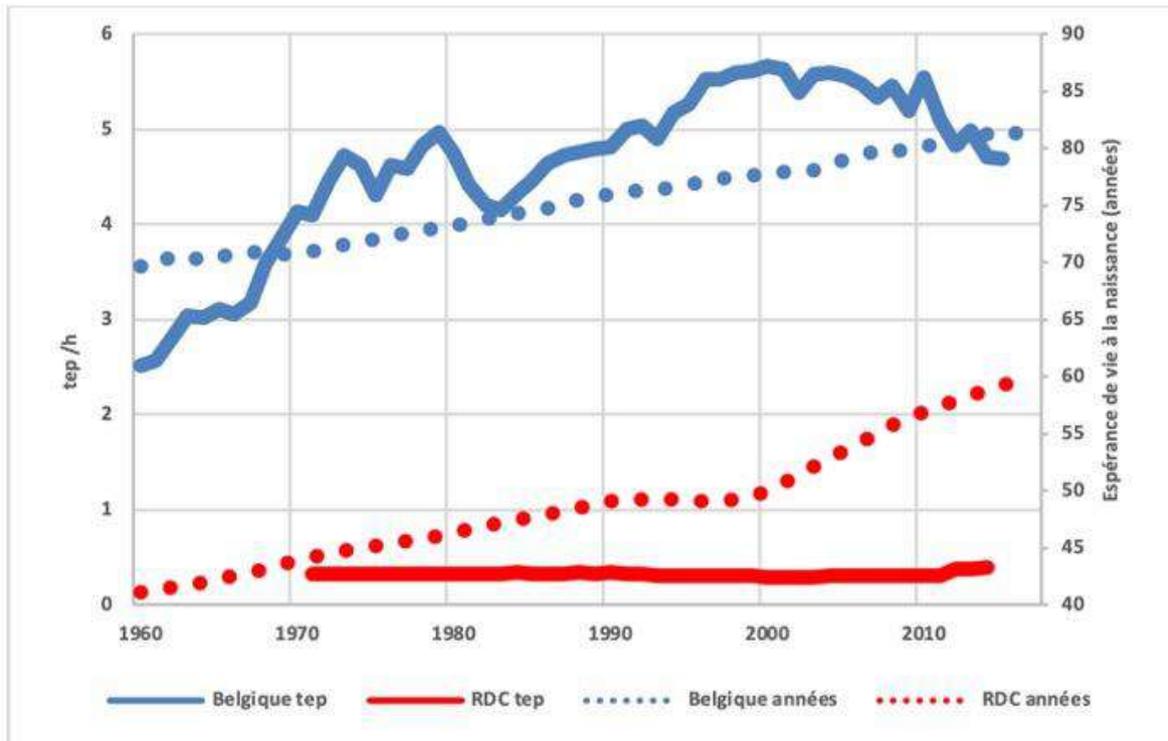


Figure 5 Évolution de la demande en énergie par habitant (en tonnes d'équivalent pétrole, tep) et de l'espérance de vie à la naissance (en années) en Belgique et en RDC (données de la Banque mondiale).

#### 11.4. Des corrélations entre espérance de vie et consommation d'énergie

**Nous venons d'illustrer que l'espérance de vie n'est pas uniquement corrélée avec la consommation d'énergie. Mais il n'en demeure pas moins que la corrélation entre ces deux indicateurs existe bel et bien. Les graphiques suivants le montrent de manière irréfutable.** La Figure 6 ne comporte pas les points pour les pays les plus pauvres, notamment ceux d'Afrique Subsaharienne, car leurs données sur la consommation d'énergie ne sont pas disponibles sur la base de données des Nations Unies. Autrement il y aurait beaucoup plus de points sur le côté gauche de la figure. La figure montre clairement avec la courbe de régression qu'il y a un plafonnement dans l'espérance de vie bien entendu. On observe qu'une augmentation très forte de la consommation d'énergie ne contribue en rien à l'augmentation de l'espérance de vie : le gaspillage d'énergie ne rallonge pas la vie.

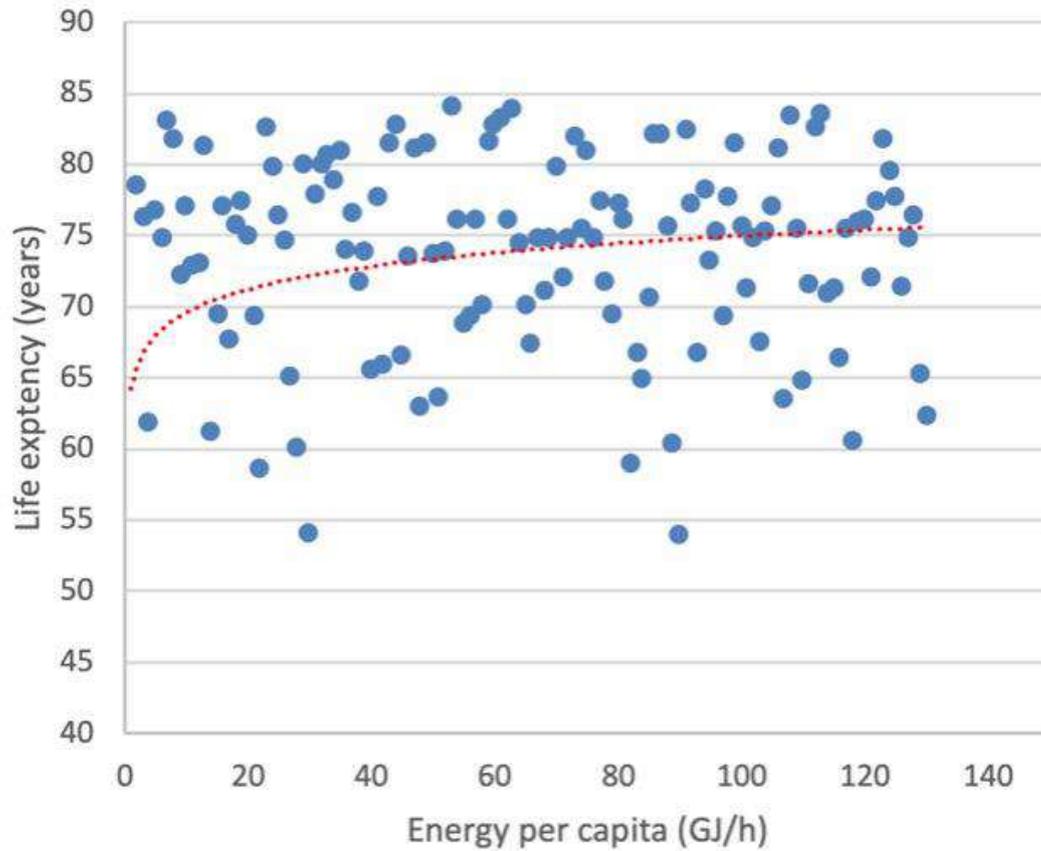


Figure 6 Espérance de vie en fonction de la consommation d'énergie (Données des NU).

Par contre pour le HDI on a de plus nombreuses données. L'indice de développement humain (IDH – HDI en anglais) créé par les Nations Unies est un indice composite mesurant les résultats moyens dans trois dimensions fondamentales du développement humain : une vie longue et saine, le niveau d'éducation et un niveau de vie décent. Ainsi la Figure 7 illustre bien l'impact de la consommation d'énergie sur une bonne qualité de vie.

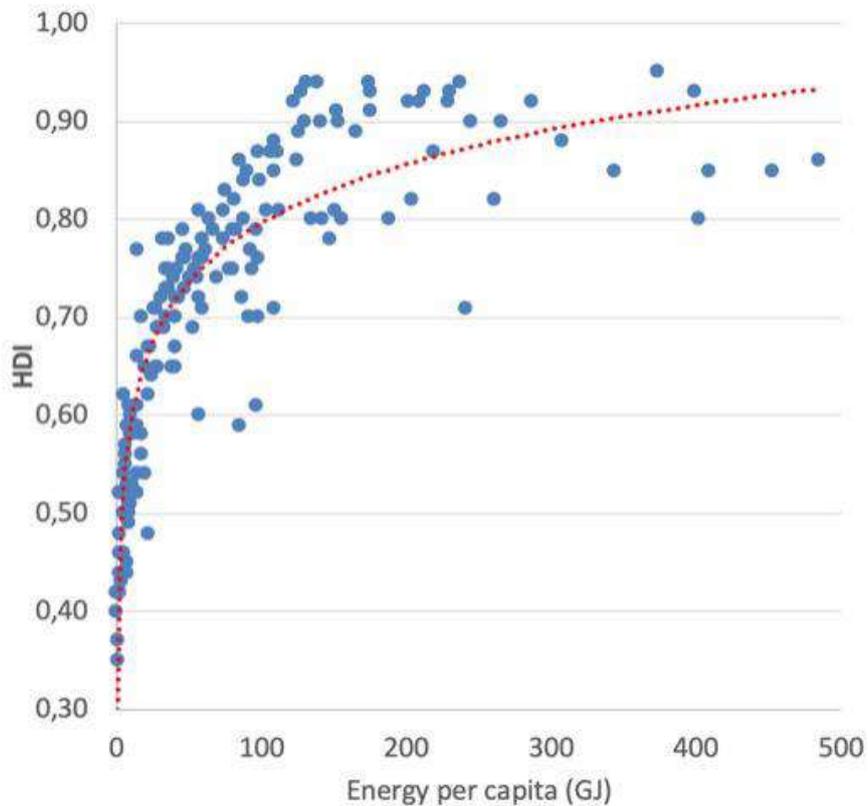


Figure 7. HDI en fonction de la consommation d'énergie (Données des NU).

Puisque les énergies fossiles émettrices de CO<sub>2</sub> représentent 80% de la demande en énergie mondiale, ces deux corrélations se déclinent également pour les émissions de CO<sub>2</sub> (Figure 8 et Figure 9). De manière irréfutable il apparaît que l'augmentation de l'espérance de vie et de la qualité de vie exprimées selon l'indicateur des Nations unies s'accompagnent d'une augmentation des émissions de CO<sub>2</sub>. **Bien que, comme on l'a vu au début, on qualifie les émissions de CO<sub>2</sub> de pollution, c'est bien le contraire qui est la réalité : les habitants des pays qui émettent peu de CO<sub>2</sub> ont une vie pauvre, désagréable et brève. Inversement, pour améliorer nos conditions de vie il importe de consommer de l'énergie et partant d'émettre du CO<sub>2</sub>. C'est une lapalissade...**

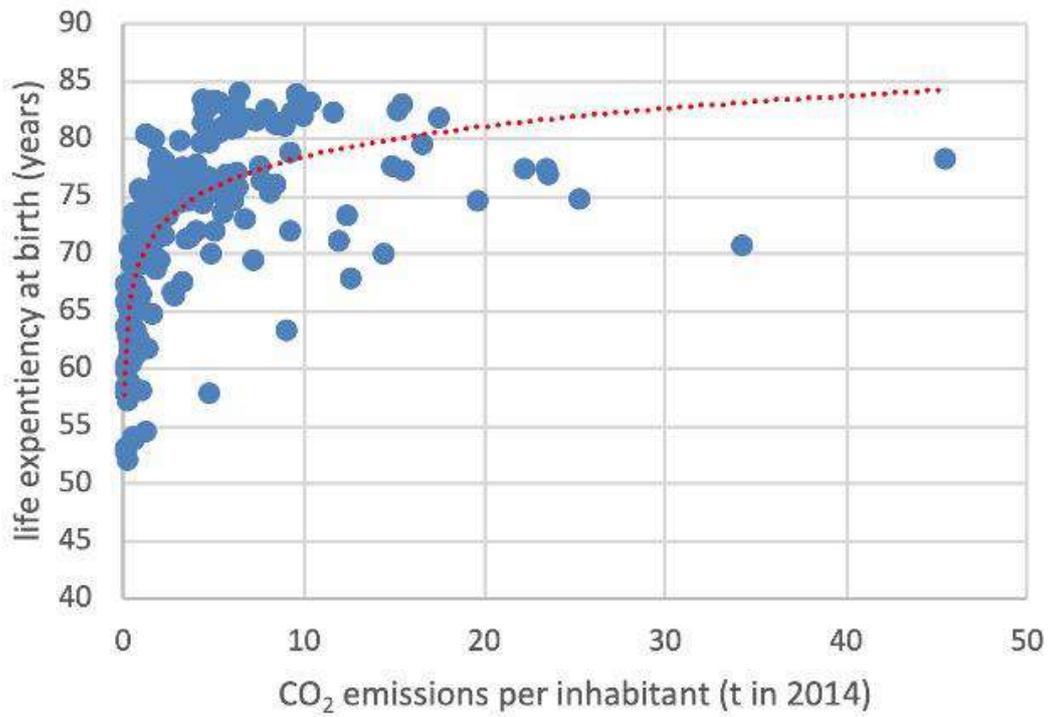


Figure 8. Espérance de vie en fonction des émissions de CO<sub>2</sub>

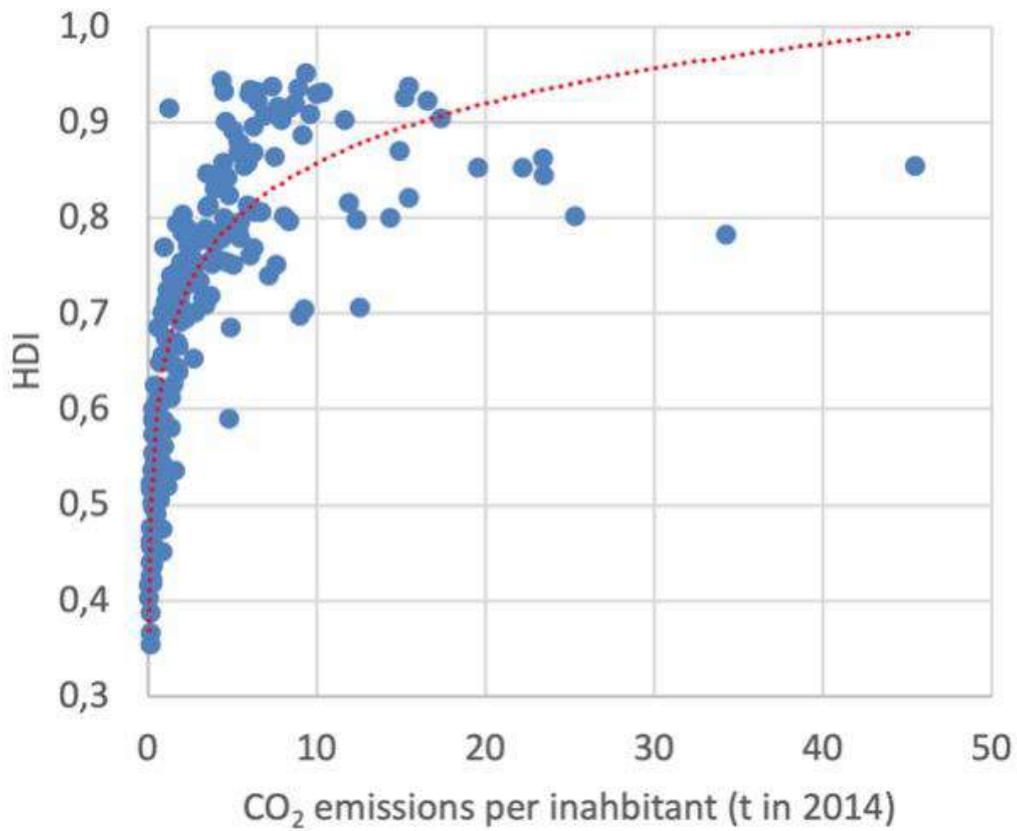


Figure 9. Indice de qualité de vie en fonction des émissions de CO<sub>2</sub>.

### 11.5. L'électricité, un indicateur irréfutable de la qualité de vie

Nous avons mentionné au début la profonde transformation de l'arrivée du moteur thermique dans l'agriculture. C'est aussi vrai pour l'arrivée de l'électricité comme l'illustre la Figure 10. L'électricité a changé la vie et l'a prolongée. Nous allons le voir avec une autre série de graphiques (Figure 11 et Figure 12) qui corrént l'espérance de vie à la naissance et le HDI avec cette fois l'électrification en milieu rural. Les points très en dehors de la ligne de régression s'expliquent souvent à cause de circonstances particulières comme par exemple le Nigeria qui grâce à ses richesses en hydrocarbures électrifie le pays plus que d'autres.

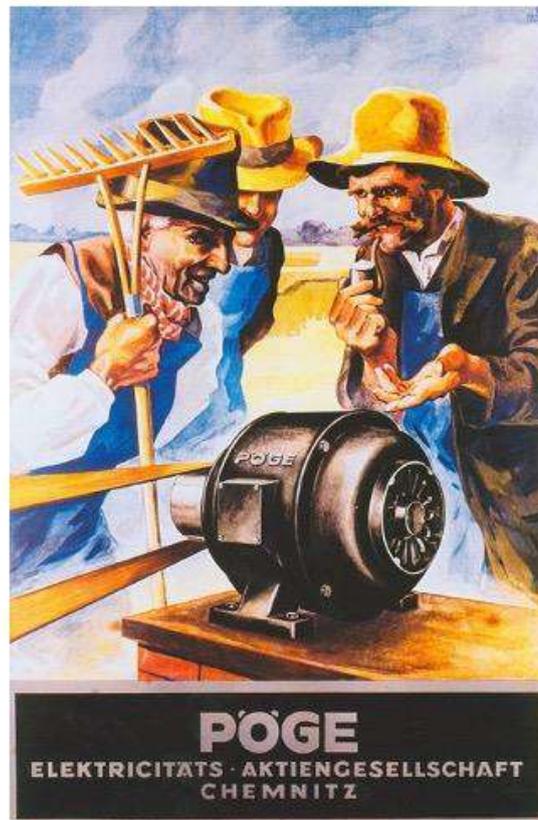


Figure 10 Moteur électrique Pöge (Chemnitz) vers 1929 (archive RWE) [e]

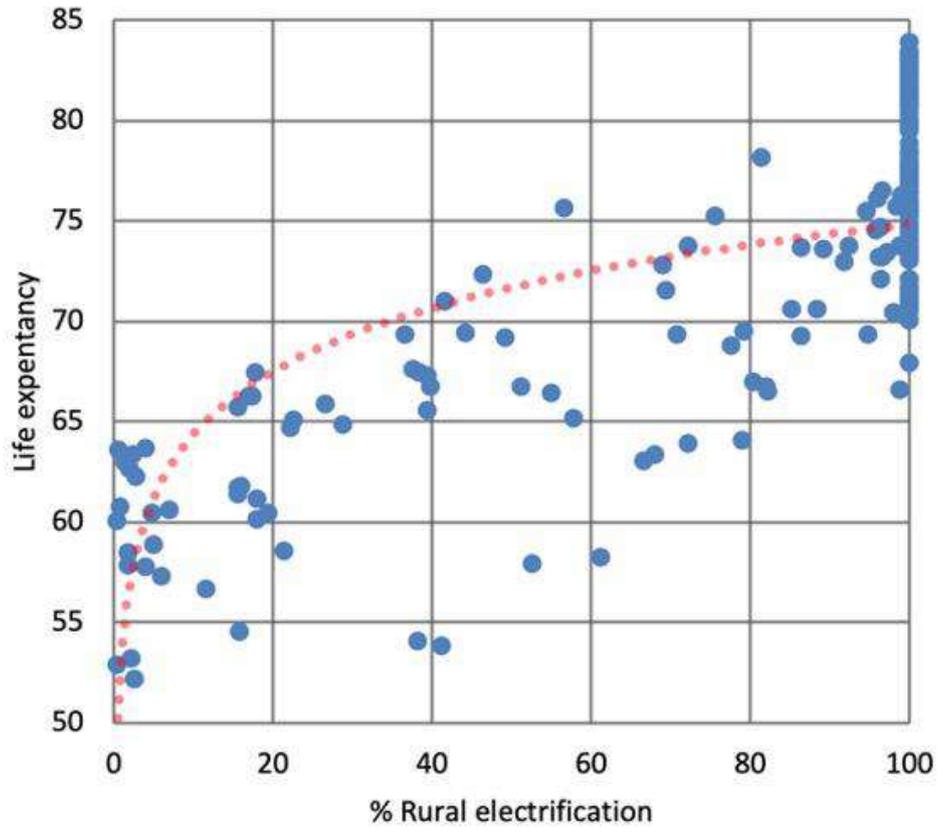


Figure 11 Espérance de vie en fonction de l'électrification en milieu rural ([données Nations unies](#)).

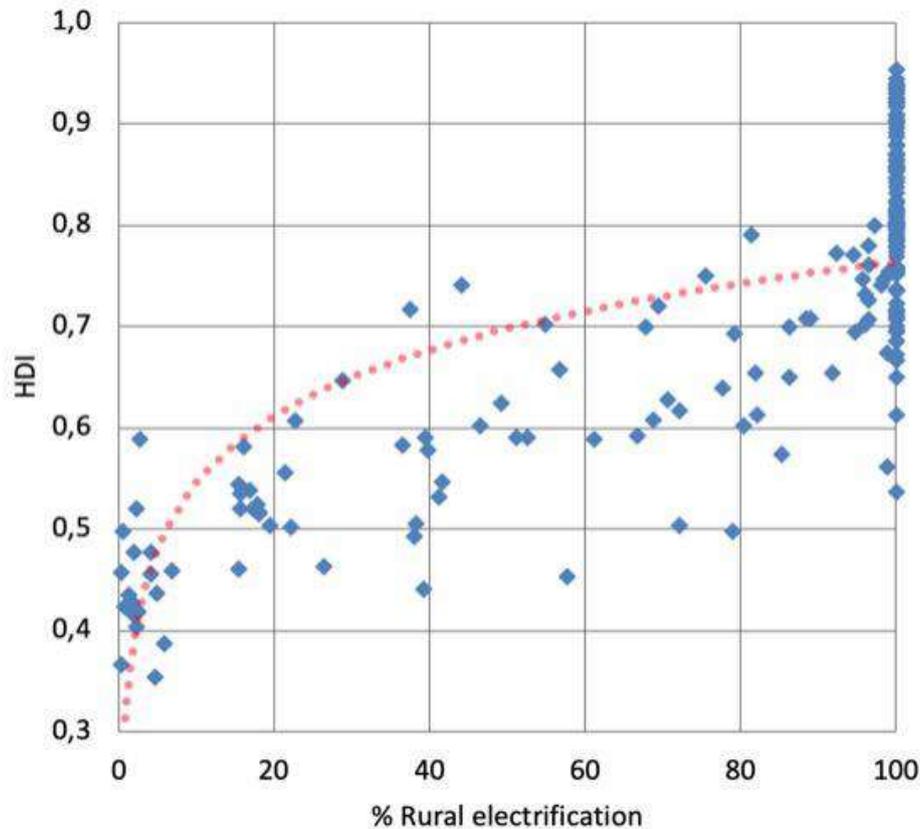


Figure 12 Qualité de vie en fonction de l'électrification en milieu rural ([données Nations unies](#)).

**On observe que l'espérance de vie et la qualité de vie sont nettement plus faibles dans les pays où l'électricité pénètre moins.** D'après les courbes des deux graphiques on constate que les deux indicateurs varient énormément pour une électrification de 100% ; c'est normal car bien entendu l'électrification n'est qu'un des paramètres qui ont un impact sur la qualité de vie et l'espérance de vie à la naissance.

Les 10 premiers pays ayant une espérance de vie élevée sont dans l'ordre Hong Kong, Chine, Japon, Suisse, Espagne, Singapour, Italie, Australie, Islande, France et Israël. De l'autre côté, les espérances de vies les plus brèves sont au Burundi, Guinée-Bissau, Sud Soudan, Lesotho, Côte d'Ivoire, Nigeria, Tchad, Centre Afrique et Sierra Leone.

Nous devons constater sur base des données des Nations Unies que contrairement à une idée très répandue dans certains pays de l'UE que l'utilisation de l'énergie, l'électrification et les émissions de CO<sub>2</sub> qui en résultent sont sources de vie : ils procurent une longue vie et une vie de qualité. Vouloir à tout prix réduire les émissions de CO<sub>2</sub> et dire aux peuples en développement qu'ils ne doivent pas suivre notre modèle de développement est d'évidence un objectif de certains Européens ; ce n'est certainement pas le cas des Africains.

---

Le dernier ouvrage de Samuele Furfari est « [Énergie 2019, Hystérie climatique et croissance des énergies fossiles](#) »

## Références

[a] Energy, Richard Rhodes, Simon & Schuster, May 2018

[b] Les motoculteurs amateurs ont une puissance de 5 à 10 CV tandis que les gros tracteurs utilisés dans les grandes propriétés agricoles, par exemple aux USA ou en Argentine, ont une puissance de 600 CV.

[c] Ces dernières années on a interdit les sacs de ciment et autres produits de la construction de 50 kg comme ils existaient depuis toujours ; on a limité leur poids à 25 kg parce que cela a moins d'impact sur la santé.

[d] En 1992, dans la province du Katanga, il y a eu une campagne d'épuration ethnique à l'encontre de l'ethnie baluba, originaire de la province du Kasai. On estime le nombre de morts entre 50.000 à 100.000 et plusieurs milliers de déplacés. En 1996-97, Guerre dite de « libération par les troupes de Laurent Désiré Kabila » contre le régime de Mobutu a fait d'autres milliers de morts.

[e] Dans « European Electricity – Flashback on a momentous era, spotlight on an exciting future, Eurelectric, 2007.

[1] Hémy Daniel, L'avenir du passé, La dépendance charbonnière de la société mondiale, Presses de Sciences Po (P.F.N.S.P.), Ecologie & politique, 2014/2 N°49 | pages 23 à 41

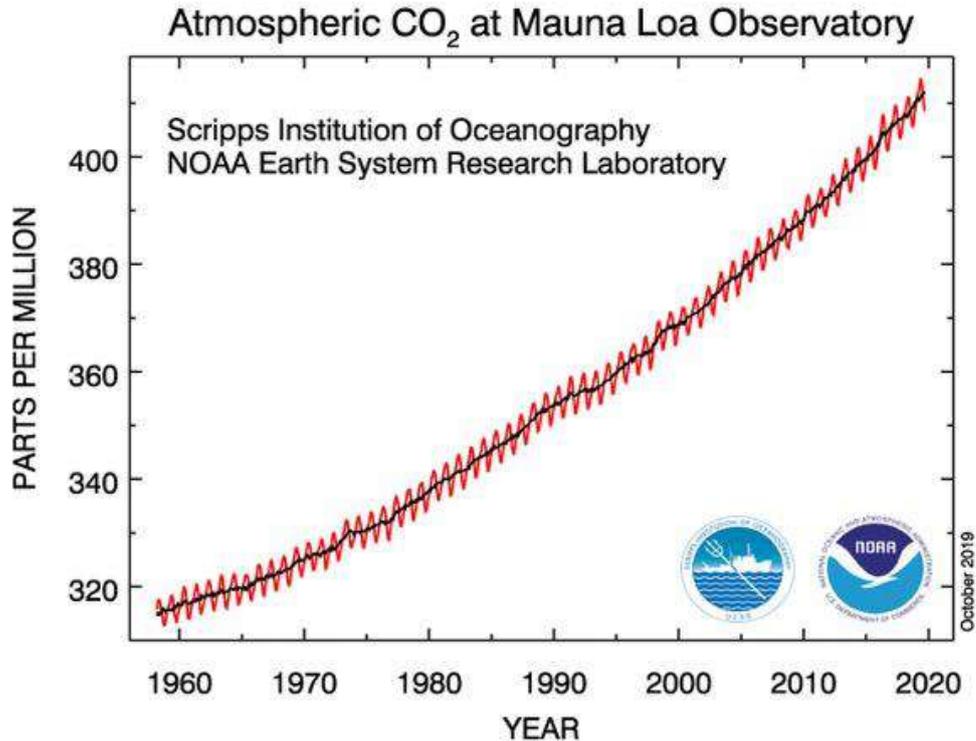
## 12. Covid-19 et émissions de CO<sub>2</sub>

Mis en ligne SCE : 01.12.2020

Début avril 2020, sans que personne ne s'en rende compte, une expérience scientifique très intéressante a été menée, et ce de manière involontaire. En effet, **3,9 milliards de personnes** dans le monde ont été placées en confinement suite à l'expansion du virus Covid-19. Il en a résulté une très forte diminution du trafic aérien et automobile accompagné d'une fermeture temporaire de nombreuses industries dans le monde entier. Cette expérience a évidemment provoqué une chute drastique des émissions de CO<sub>2</sub> anthropique. Mais pendant l'expérience, les détecteurs mesurant le taux de CO<sub>2</sub> atmosphérique ont continué à tourner. Nous disposons maintenant des résultats. Cette diminution abrupte des émissions a-t-elle eu un impact sur le taux de CO<sub>2</sub> atmosphérique, ou sur la température globale? C'est ce dont nous allons discuter dans le présent article.

### **12.1. Bref rappel concernant la mesure du taux de CO<sub>2</sub> atmosphérique.**

L'observatoire de Mauna Loa à Hawaii est l'un des plus célèbres sites mesurant en continu le taux de CO<sub>2</sub> atmosphérique. Ce taux est mesuré avec précision **depuis 1959** par une méthode de spectrométrie infra-rouges, et depuis 2019 par la méthode CRDS (Cavity Ring-Down Spectroscopy). La courbe obtenue est croissante avec des oscillations régulières (Figure 1). De ± 320 ppm en 1959 on arrive à ± 410 ppm en 2020. SCE a d'ailleurs publié une suite d'articles sur ce sujet [\[1\]](#).



<https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/>

Figure 1. Concentration en CO<sub>2</sub> (ppm) de l'atmosphère mesurée à Mauna Loa (Hawaii) en fonction du temps (rouge). La courbe noire représente la moyenne.

## 12.2. Les causes de l'augmentation du taux de CO<sub>2</sub> atmosphérique

Il n'y a pas une mais **plusieurs** causes à l'augmentation du taux de CO<sub>2</sub> atmosphérique. Nous pouvons citer le dégazage de CO<sub>2</sub> depuis les océans en vertu de la [loi de Henry](#), les émissions de CO<sub>2</sub> par respiration bactérienne lors de la dégradation de la matière organique dans les sols, les émissions par les volcans (en surface et sous la mer), et bien entendu les émissions humaines. Selon le GIEC, dans son rapport AR5 de 2013, les émissions annuelles humaines de CO<sub>2</sub> se mesurent en gigatonnes (Gt) et atteignent  $8,9 \pm 5$  Gt de C. Ce chiffre ne représente que 4% du total émis (valant 207 Gt). Clairement, **les émissions naturelles sont prépondérantes (96%)** par rapport aux émissions humaines. Ceci est écrit noir sur blanc dans [l'AR5 du GIEC](#) à la page 471 (Figure 6.1 du GIEC). Après avoir été émis, le CO<sub>2</sub> anthropique et le CO<sub>2</sub> naturel se mélangent dans l'atmosphère. Comme il n'y a pas de différences entre les deux molécules on ne sait plus les distinguer. L'un ne peut donc pas s'accumuler dans l'atmosphère par rapport à l'autre (lire la **Remarque n°1** en fin de texte).

Notez que SCE a publié une [série d'articles](#) sur les causes de l'augmentation du taux de CO<sub>2</sub>. Une croissance du CO<sub>2</sub> atmosphérique qui serait exclusivement anthropique est contradictoire avec les observations du carbone 13 dans l'atmosphère. Il existe également des contradictions avec les observations du carbone 14.

### 12.3. La crise du Covid-19

Venons-en à la crise du Covid-19. Suite aux multiples confinements de la population au début de l'année 2020, l'Agence Internationale de l'Énergie (IEA) a calculé [2] que **la quantité de CO<sub>2</sub> émise par les activités humaines en 2020 sera réduite de 2,6 Gt** par rapport aux années précédentes (Figure 2). C'est la pire des récessions depuis la seconde guerre mondiale (avec seulement 1,2 Gt de CO<sub>2</sub> en moins) et la crise de 1929 (seulement 0,5 Gt de CO<sub>2</sub> en moins).

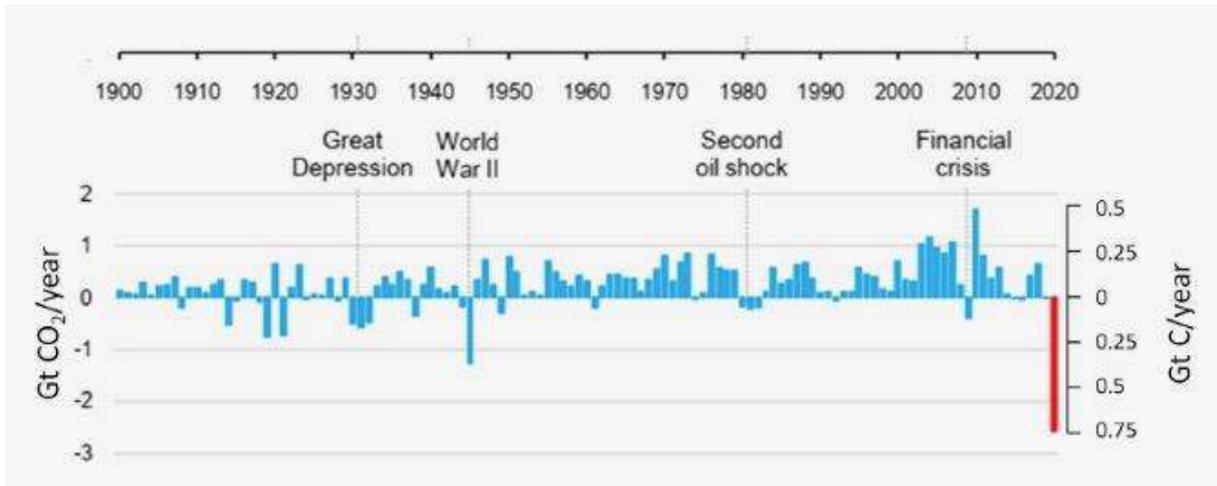


Figure 2. Durant l'année 2020, en raison de la crise épidémiologique du Covid-19, les émissions anthropiques de CO<sub>2</sub> ont été réduites de 2,6 Gt (barre rouge). L'axe Y de gauche indique la quantité de CO<sub>2</sub> anthropique émise en 1 an (en Gt) par rapport aux années précédentes; l'axe Y de droite indique la quantité de C anthropique émise en 1 an (en Gt) par rapport aux années précédentes. Sources : Koutsoyiannis & Kundzewicz (2020) Sci 2020, 2, 72 (et IEA).

Allons-nous détecter cette terrible récession de l'année 2020 à Mauna Loa? Jugez par vous-même en consultant la Figure 3.

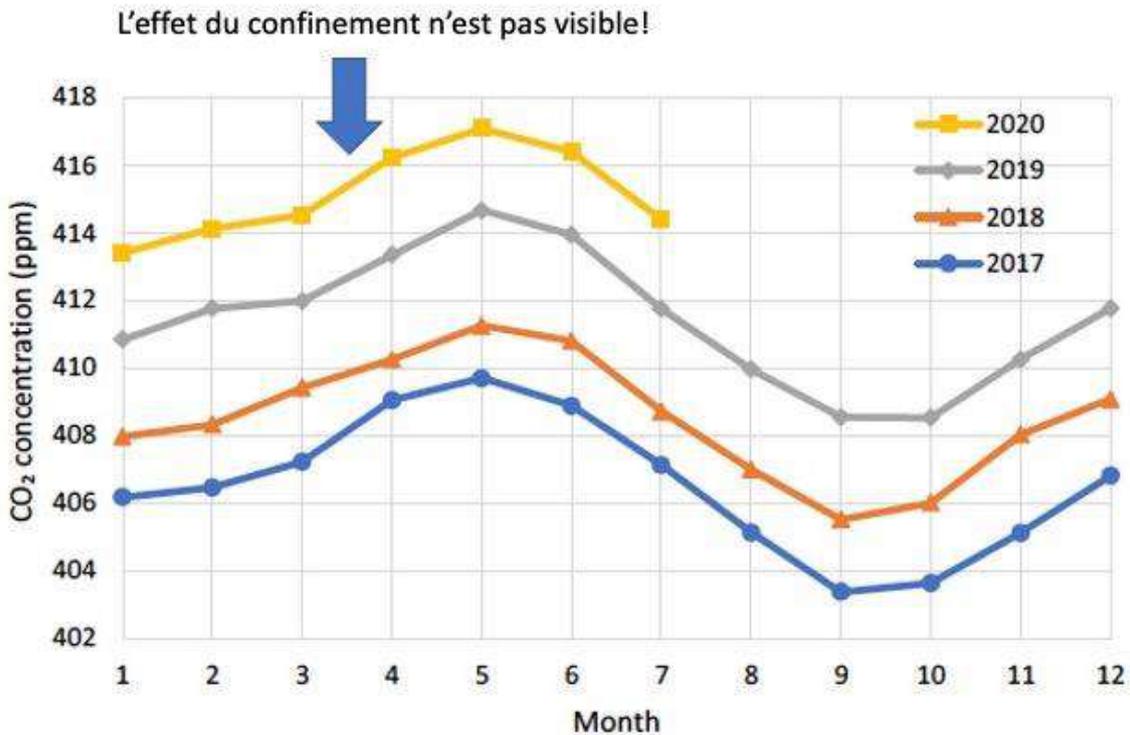


Figure 3. Taux de CO<sub>2</sub> mesuré à Mauna Loa depuis 2017. Source : Koutsoyiannis & Kundzewicz (2020) Sci 2020, 2, 72

Depuis la fin du premier confinement en Belgique et dans le monde (au mois de mai 2020) de nombreuses mesures du taux de CO<sub>2</sub> ont pu être effectuées à Mauna Loa. La Figure 3 nous montre que pour l'instant, **aucune trace de réduction des activités humaines n'est visible en 2020**. Le lecteur pourra le vérifier par lui-même en consultant directement les données du laboratoire de Mauna Loa ([ici](#)), ou en lisant [cet article](#) de l'Organisation Météorologique Mondiale, ou celui du [Guardian](#). Tout ceci n'est pas étonnant, car le CO<sub>2</sub> anthropique ne représente que 4% du total des émissions, comme l'a déjà confirmé le GIEC.

#### 12.4. Lien entre taux de CO<sub>2</sub> et température globale

Si l'on croit à l'hypothèse de l'effet de serre atmosphérique, les observations réalisées lors de la crise du Covid-19, nous démontrent que **le taux de CO<sub>2</sub> atmosphérique global ne peut PAS être fortement influencé par l'être humain**. En conséquence, la température globale de l'atmosphère ne pourra pas fortement varier suite aux activités humaines. La logique est imparable et il n'y a pas plus belle démonstration. C'est la nature qui décide de la température de la planète! L'expérience involontaire menée en début d'année 2020 est lourde de conséquences.

Bien entendu, pour les scientifiques qui ne soutiennent pas l'hypothèse de l'effet de serre atmosphérique le problème est réglé depuis longtemps. Toutes les raisons qui conduisent à l'invalidation de cette hypothèse sont exposées [ici](#).

Notons pour finir que la crise du Covid-19 n'est pas le seul clou dans le cercueil de l'hypothèse du réchauffement anthropique. L'analyse fine de la relation **entre l'évolution du taux de CO<sub>2</sub> atmosphérique et la courbe des températures globale** nous donne d'autres arguments pour contester un lien simple et direct entre taux de CO<sub>2</sub> et température de l'atmosphère. La relation entre les deux séries de données n'est pas aussi évidente qu'on pourrait le croire.

**Pour le voir il faut ici analyser la fenêtre temporelle de 61 ans entre 1959 et 2020.** Pourquoi 61 ans? Tout simplement parce-que **la comparaison ne peut se faire qu'entre 1959 et 2020**, car avant il n'y avait pas de mesures directes et précises pour le CO<sub>2</sub>. La comparaison est visible sur la Figure 4.

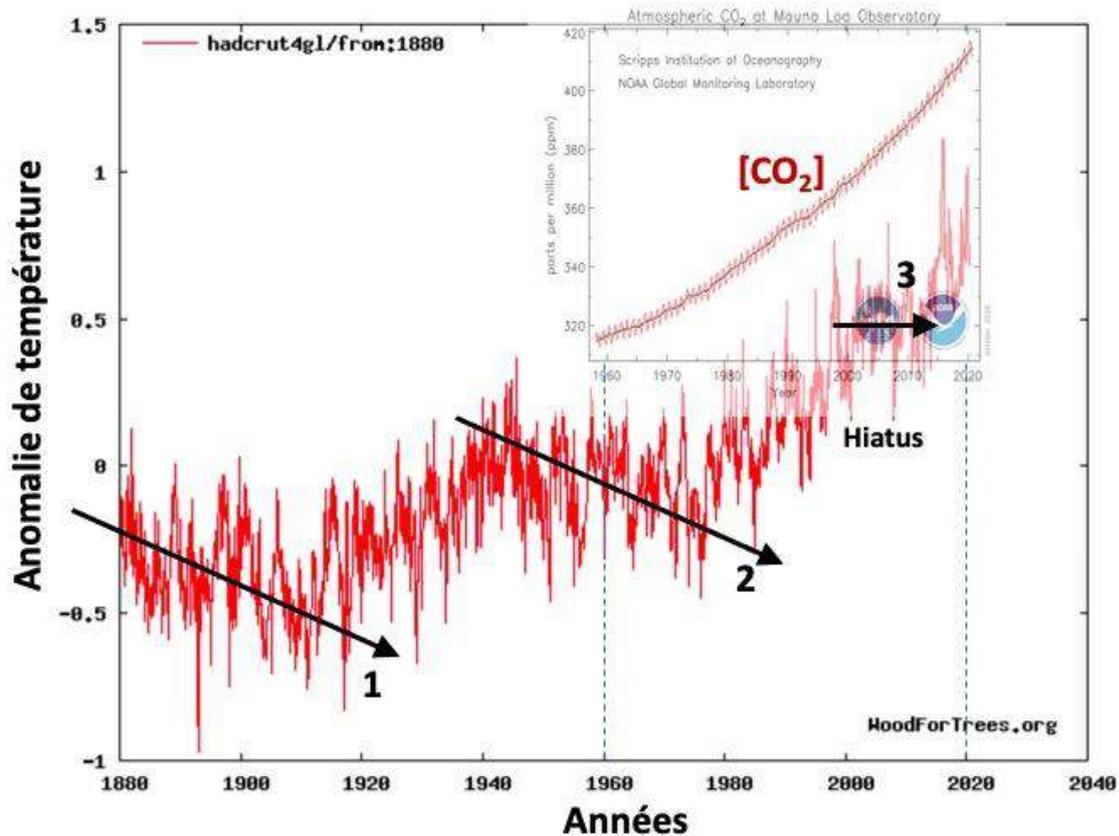


Figure 4. Comparaison de la température globale sous forme d'anomalies (données Hadcrut 4) avec la concentration en CO<sub>2</sub> mesurée à Mauna Loa (en haut à droite). Les flèches noires 1 et 2 représentent deux tendances décroissantes de la température globale de l'atmosphère, la flèche 3 représente le « hiatus », c'est-à-dire une période de très faible réchauffement.

En comparant taux de CO<sub>2</sub> et température globale dans cette échelle temporelle de 61 ans [1959–2020], nous constatons tout d'abord que **l'allure** des deux courbes est fort différente. En effet, la courbe du CO<sub>2</sub> est croissante, sans aucun pics, et oscille de manière régulière, quant à la courbe des températures elle est également croissante mais elle oscille de manière irrégulière et possède de nombreux pics (son comportement est plus chaotique).

Si l'on met en graphique l'ensemble des données de CO<sub>2</sub> et de température pour toute la fenêtre temporelle de 61 ans [1959–2020] il est évident qu'**il est possible de faire passer une droite parmi les points** (Figure 5), et un coefficient  $R^2$  de 0,78 est même obtenu pour la droite. Cependant, chacun sait que corrélation ne signifie pas forcément relation et que ces données n'indiquent **aucune causalité** (i.e., quelle variable influence l'autre?).

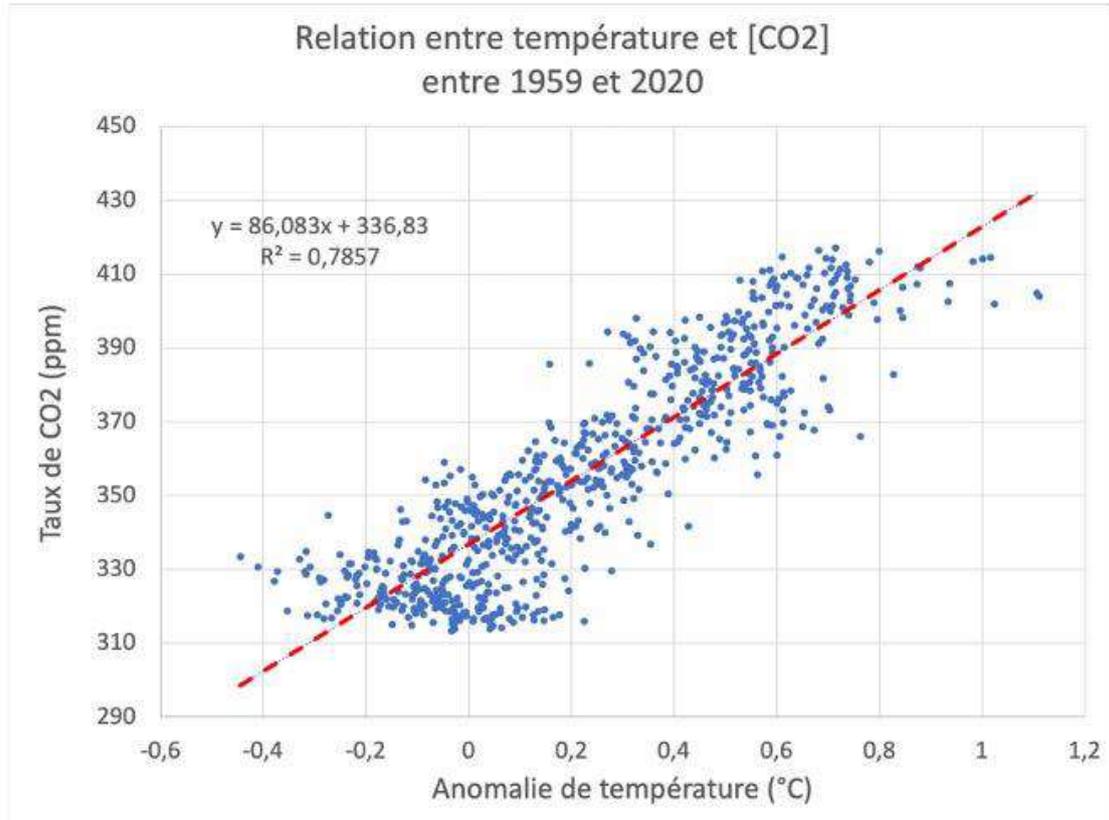


Figure 5. Relation entre température et taux de CO<sub>2</sub> entre 1959 et 2020.  
Analysons maintenant plus finement certaines périodes :

- **Entre 1959 et 1979** (20 ans) la température globale chutait alors que la concentration en CO<sub>2</sub> de l'atmosphère augmentait (flèche noire n°2 sur la Fig. 4). Ceci ne peut pas être expliqué avec l'hypothèse simpliste d'un effet de serre radiatif causé par du CO<sub>2</sub> ou du CH<sub>4</sub>. Clairement d'autres facteurs interviennent. Pour plus de détails sur cette relation inverse lire la **Remarque n°2**.
- **Entre 1998 et 2012** (14 ans) le réchauffement global s'est fortement ralenti, c'est le fameux « hiatus » ou « pause », reconnue par l'AR5 du GIEC (flèche noire n°3 sur la Fig. 4), et ce alors que la concentration en CO<sub>2</sub> de l'atmosphère augmentait. Ce hiatus n'a pas été prévu par les modèles informatiques de l'époque. Encore une fois, ceci ne peut pas être expliqué avec l'hypothèse simpliste de l'effet de serre et d'autres facteurs doivent intervenir. Pour plus de détails sur ce « hiatus » et sur ce qu'en dit le GIEC lire la **Remarque n°3**.
- **Entre 1880 et 1920** (40 ans). Cette période est illustrée par la flèche noire n°1 sur la Fig. 4. Au cours de cette période nous ne possédons pas de mesures directes globales pour le CO<sub>2</sub> atmosphérique. Nous ne pouvons donc rien dire quant à la relation avec le taux de CO<sub>2</sub>!

Il est également intéressant de constater que les brusques sauts de température causés par les phénomènes [El Nino](#) ne sont aucunement visibles dans la courbe du CO<sub>2</sub> atmosphérique. Encore une observation à rajouter à la **liste des incohérences**, tout comme les nombreuses villes (voir [ici](#)) ou zones éloignées des océans (voir [ici](#)) qui ne se réchauffent pas malgré un taux de CO<sub>2</sub> croissant. Sans parler du taux d'infra-rouges venus du ciel (downwelling IR) qui ne montre aucune tendance à la

hausse à certains endroits (voir [ici](#)). Non, la crise du Covid-19 n'est pas le seul clou dans le cercueil de l'hypothèse du réchauffement anthropique!

## 12.5. Conclusions

- Le taux de CO<sub>2</sub> atmosphérique augmente et c'est un phénomène indiscutable. De ± 320 ppm en 1959 on est aujourd'hui à ± 410 ppm. Ceci est confirmé par le GIEC.
- Les émissions naturelles de CO<sub>2</sub> sont prépondérantes (96%) par rapport aux émissions anthropiques. Ceci est également confirmé par le GIEC.
- La crise du Covid-19 démontre que **les émissions anthropiques de CO<sub>2</sub> n'ont aucun effet visible sur le taux de CO<sub>2</sub> atmosphérique**. Le GIEC en parlera-t-il dans son futur rapport de 2021? D'autres observations vont dans le même sens comme la non corrélation de la courbe du taux de CO<sub>2</sub> atmosphérique avec celle de la température globale entre 1959 et 1979, ou lors de la « pause » ou « hiatus » identifiée par le GIEC. Enfin, tout ceci est soutenu par les considérations théoriques sur l'hypothèse de l'effet de serre qui ont été faites précédemment sur SCE (voir [ici](#)).
- Concernant la mesure directe du taux de CO<sub>2</sub> atmosphérique par spectrométrie infra-rouges, il faut aussi reconnaître que nous ne disposons pas encore de séries temporelles suffisamment longues... 61 ans, c'est encore peu pour pouvoir clairement dire ce qui se passe.

Au final, **arrêter d'émettre du CO<sub>2</sub> ne changera probablement rien à la lente augmentation du taux de CO<sub>2</sub> atmosphérique qui se poursuivra de manière inéluctable**. Nous ferions mieux de nous adapter aux changements futurs plutôt que d'essayer d'arrêter la Terre de tourner!

## Remarques

1. Il existe deux isotopes stables du C : le <sup>12</sup>C (99% dans la nature) et le <sup>13</sup>C (1% dans la nature). Lors de la photosynthèse, les plantes terrestres assimilent préférentiellement la forme plus légère et beaucoup plus abondante du carbone (Still & Rastogi 2017[3]). Cette préférence photosynthétique pour le carbone plus léger provient des différences de diffusion moléculaire du dioxyde de carbone <sup>13</sup>C ou <sup>12</sup>C à travers les pores stomatiques des feuilles, suivies par des différences de vitesse de carboxylation par l'enzyme Rubisco qui est au cœur du processus de la photosynthèse. En raison de ces légères différences, qui correspondent à une différence d'environ 2% dans les taux de fixation de <sup>12</sup>CO<sub>2</sub> par rapport à <sup>13</sup>CO<sub>2</sub> (végétation de [type C3](#)), les tissus végétaux sont appauvris de la forme plus lourde de carbone (<sup>13</sup>C) par rapport au CO<sub>2</sub> atmosphérique.

Il résulte de tout cela que le CO<sub>2</sub> anthropique, provenant de matière végétale fossilisée (charbon, pétrole) est enrichi en isotope léger du carbone, c'est-à-dire qu'il y a un peu plus de <sup>12</sup>C que de <sup>13</sup>C. Cependant l'enrichissement est faible, et il en résulte que CO<sub>2</sub> humain et CO<sub>2</sub> naturel sont à 99% composés de <sup>12</sup>C, et donc à 99% identiques.

2. **Entre 1959 et 1979** (20 ans) la température moyenne globale chutait de 0.1°C, comme illustré sur la Figure R1.

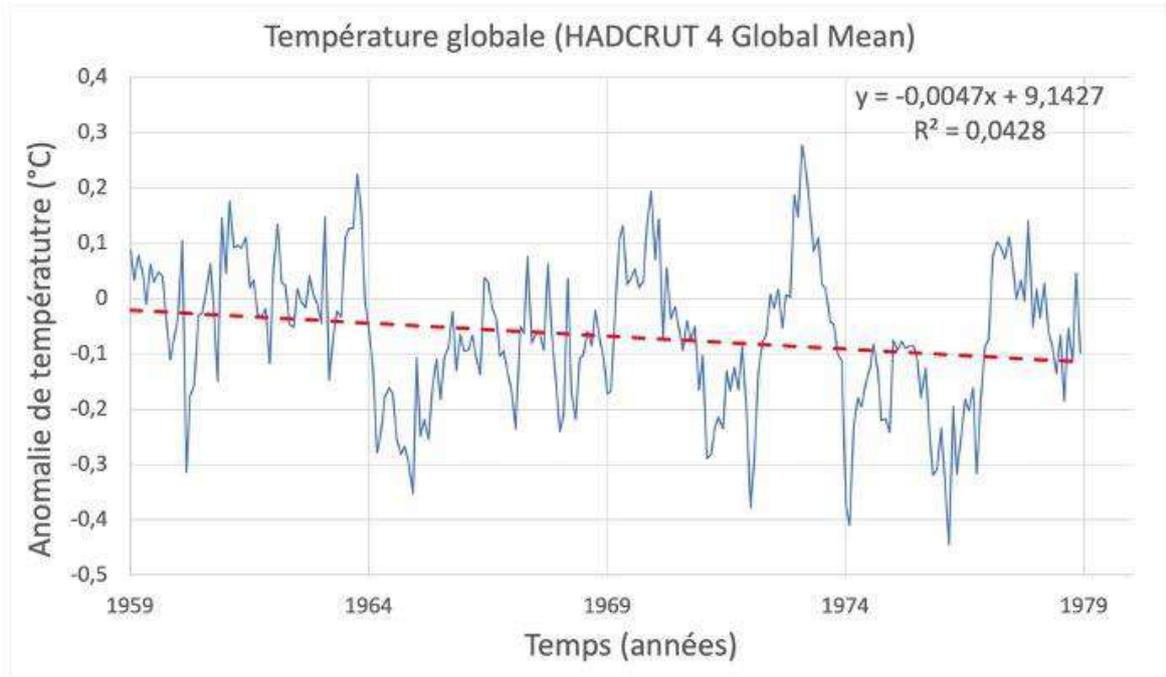


Figure R1. Température globale (données HadCrut 4 Global Mean) entre 1959 et 1979. La droite de régression possède une légère pente négative de 0,0047.

Au même moment que cette chute de température, le taux de CO<sub>2</sub> atmosphérique Mesuré à Mauna Loa augmentait (Figure R2).

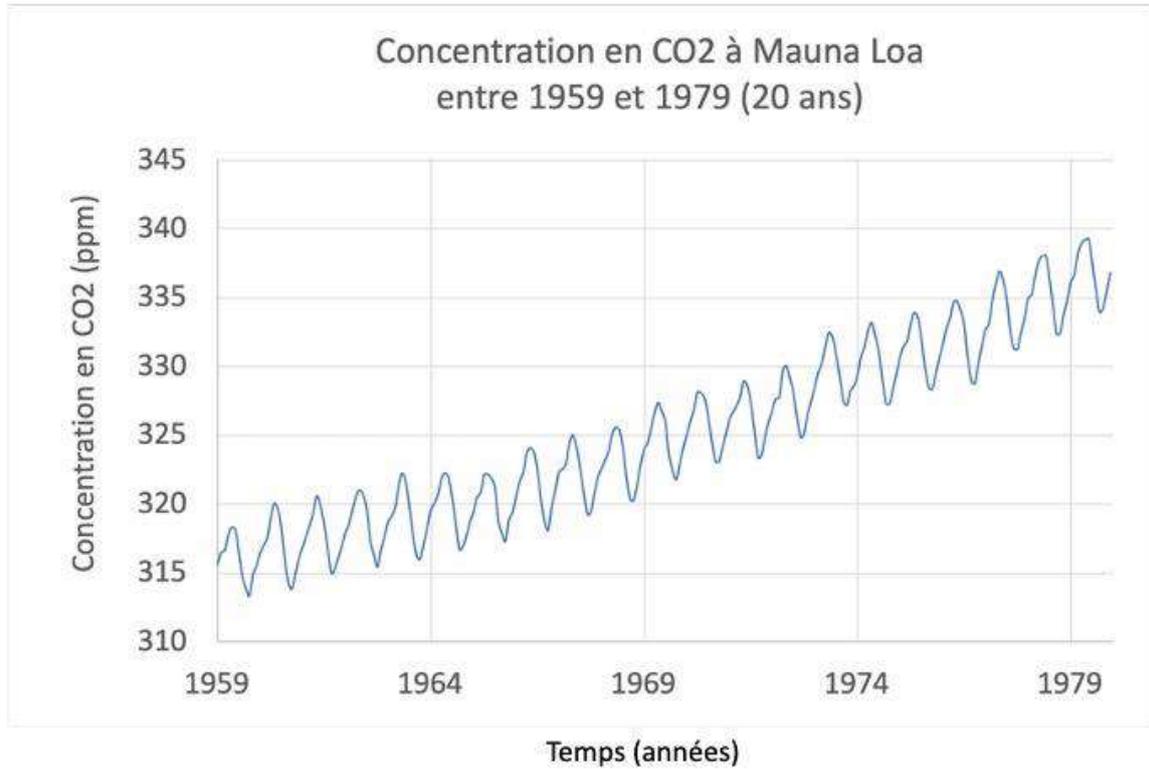


Figure R2. Taux de CO<sub>2</sub> atmosphérique mesuré à Mauna Loa entre 1959 et 1979. Il n'y a évidemment pas de corrélation entre ces deux séries de données, comme illustré à la Figure R3. Le coefficient R<sup>2</sup> obtenu est en effet très bas (0,0043). Pour rappel une bonne corrélation entre deux séries de données donnera des coefficients R<sup>2</sup> proches de 1.

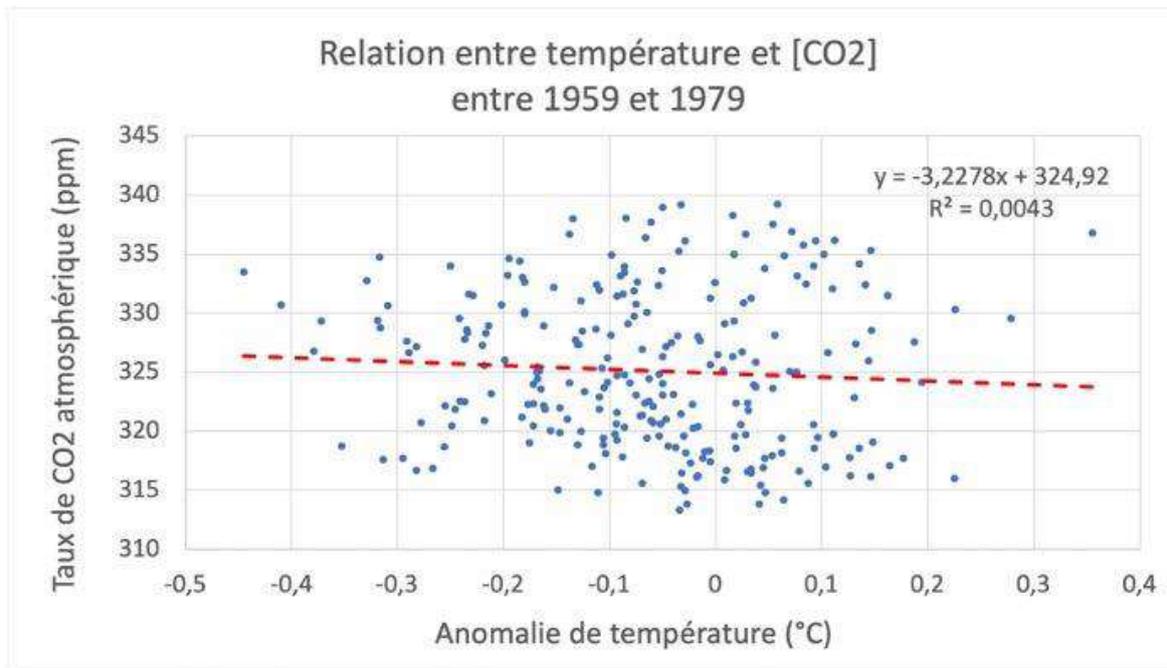


Figure R3. Relation entre température et taux de CO<sub>2</sub> entre 1959 et 1979.

3. Le 5<sup>e</sup> rapport d'évaluation (AR5 de 2013) du GIEC sur l'évolution du climat a noté que : «... **le taux de réchauffement au cours des 15 dernières années** (1998-2012; 0,05°C [-0,05°C à + 0,15°C C] par décennie), qui commence par un El Niño fort, **est plus petit** que le taux calculé depuis 1951 (1951–2012; 0,12°C [0,08–0,14°C] par décennie) » [Hartmann et al., 2013], **malgré l'augmentation continue des concentrations atmosphériques de gaz à effet de serre** [Trenberth, 2015]. Notons aussi que l'AR5 du GIEC est sorti juste après la «pause» en 2013 et que cet évènement n'a donc pas été analysé en profondeur. La Figure R4 nous montre que la relation entre la température globale moyenne (données Hadcrut 4) et taux de CO<sub>2</sub> atmosphérique (Mauna Loa) est mauvaise pour la période considérée : le R<sup>2</sup> de la droite tracée parmi les données n'est que de 0,0359.

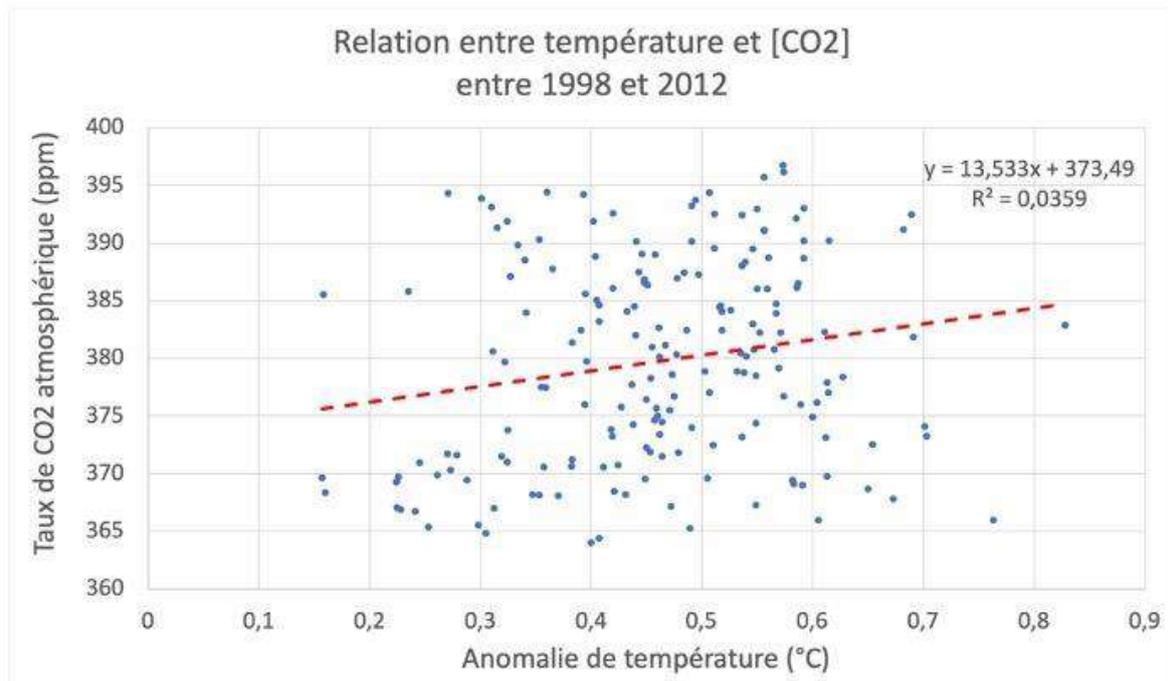


Figure R4. Relation entre température et taux de CO<sub>2</sub> entre 1998 et 2012 (c'est-à-dire la période du « hiatus » ou « pause » dans le réchauffement climatique global).

#### Références

[1] Maurin J.C. Evolutions récentes du CO<sub>2</sub> atmosphérique. [09/2018](#) (1/4), [10/2018](#) (2/4), [11/2018](#) (3/4) et [12/2018](#) (4/4)

[2] IEA (International Energy Agency). Global Energy Review 2020; IEA: Paris, French, 2020. Available online: <https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2020>

[3] Still, C., & Rastogi, B. (2017). What drives carbon isotope fractionation by the terrestrial biosphere? *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, 122, 3108–3110. <https://doi.org/10.1002/2017JG004155>.

## 13. CO<sub>2</sub> Guilt : Origins of an Ideological and Political Saga

Mis en ligne SCE : 30.04.2021

[.pdf de l'article complet ici](#)

The episode I relate here is unfamiliar to most. Understandably enough, the IPCC circles had little interest in its being publicized. Emblematic as it is, this episode reveals, first and foremost, the UN institution's disregard for scientific truth. But there is more. The manipulations we see at work bring to light the deep seated ideological and political biases that govern the IPCC's thinking.

The truthfulness of our assertions is unarguable since the author of these manipulations has admitted responsibility. Moreover, the new practice at work received an after the fact blessing from IPCC's then President Rajendra Pachaur. We will go into all this in detail. Additionally, scrutinizing this episode will provide insights on the supposed "scientific consensus" flaunted by the official climate science community.

Climate change sceptics are accused of denying facts well-established by science:

- The earth's global temperature has increased by 0.8°C in 150 years.
- Global warming is caused by human activities.

Climate sceptics do not dispute the modest global warming observed. However, they dispute the claim of an anthropogenic origin and, above all, the assertion that this is something well established and about which there is a consensus in the scientific community. To make it clear, let us refer to the IPCC's Report which concludes that the weight of evidence suggests a perceptible human influence on global climate.

First, let us recall what the UN body thinks of the quality of its reports.

[See the .pdf](#)

## 14. Selon le physicien W. Happer il y aura peu d'effets pour un doublement du taux de CO<sub>2</sub>

Mis en ligne SCE 30.06.2022

***English version*** : ***According to the physicist W. Happer there will be little effect for a doubling of the rate of CO<sub>2</sub>***

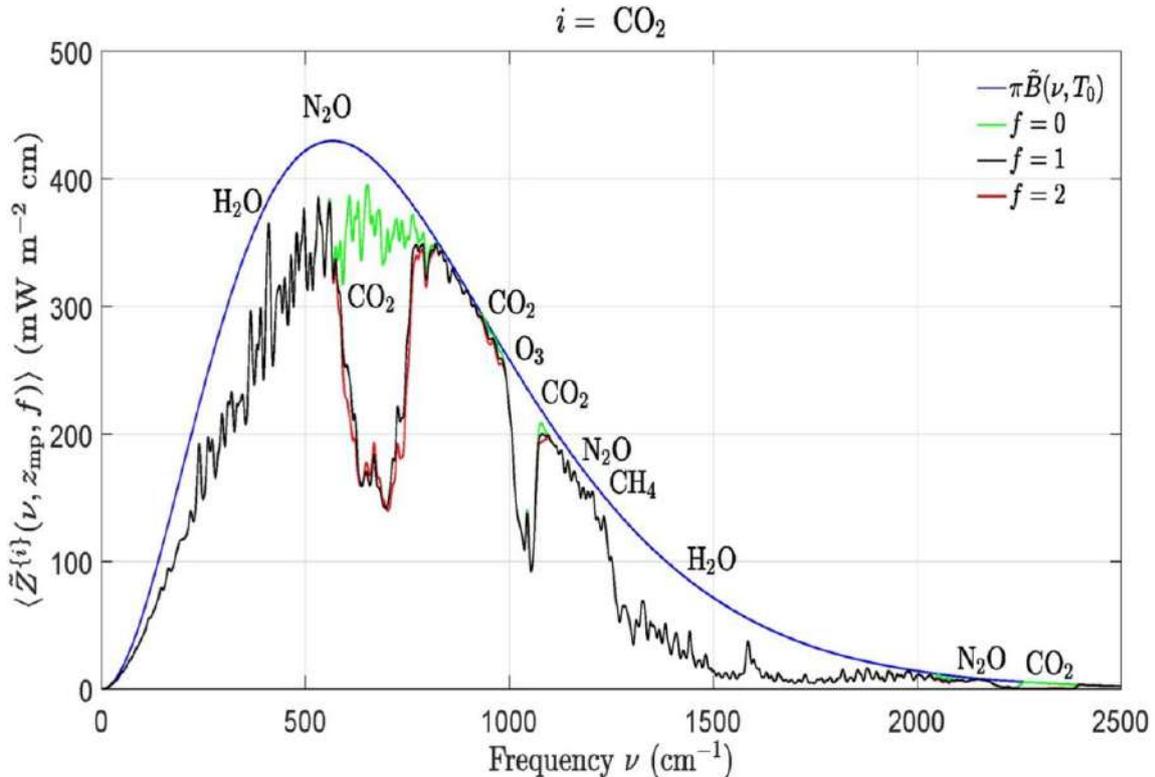
Lorsque l'on parle de [l'effet de serre](#) et du [taux de CO<sub>2</sub> atmosphérique](#) sachez qu'il existe **trois catégories de scientifiques** : **(i)** ceux qui acceptent cet effet de serre et qui pensent que le taux croissant de CO<sub>2</sub> aura des effets majeurs sur la température de la basse troposphère; ce sont généralement les partisans des [thèses du GIEC](#); **(ii)** ceux qui acceptent l'idée d'un effet de serre mais qui pensent que le réchauffement sera modeste voire inexistant; ce sont des scientifiques qualifiés

de climato-réalistes ou climato-sceptiques; nous pouvons par exemple ranger dans cette catégorie des physiciens et climatologues comme [William Happer](#), [Herman Harde](#), [Roy W. Spencer](#), [John Christy](#) ou [Richard Lindzen](#); (iii) et enfin ceux qui n'acceptent pas l'idée d'un effet de serre, pour diverses raisons théoriques, et pour qui forcément il n'y aura aucun effet du taux croissant de CO<sub>2</sub>. Ces derniers scientifiques sont également qualifiés de climato-réalistes ou climato-sceptiques; Nous pouvons par exemple citer [Gerhard Gerlich](#), [Ralf D. Tscheuschner](#), [Jack Barrett](#) (du moins dans son article de 1995) et [Georges Geuskens](#). Notons que les scientifiques des trois catégories ci-dessus ne nient généralement pas le léger réchauffement global, et notons finalement qu'il existe des scientifiques indécis.

Le but du présent article est de vous présenter la vision de **William Happer**, un physicien faisant clairement partie de la catégorie n°2.

#### 14.1. Les idées de William Happer résumées en une seule figure

Les idées de W. Happer se résument clairement avec la Figure ci-dessous (Figure 1), issue de ses travaux de 2020 avec son collègue William Wijngaarden ([ici](#)). Il s'agit d'une figure représentant la quantité d'infrarouges émis par la Terre en fonction de leur fréquence (depuis le sol et/ou de l'atmosphère), à l'altitude de la **mésopause (86 km)**. Tout comme si un spectromètre était positionné à cette altitude et pointé vers le sol. La Figure 1 nous montre en fait 4 courbes : 3 en présence de diverses compositions atmosphériques (courbes noire, rouge et verte) et une sans aucune atmosphère (courbe bleue). Insistons sur le fait que toutes ces courbes sont **issues de calculs** et n'ont nullement été mesurées à 86 km d'altitude.



**Figure 1.** Radiations calculées émises par la Terre à 288.7 K (15.5°C). Explications dans le texte ci-dessous. Source : [Happer & Wijngaarden \(2020\)](#).

Pour construire cette figure, Happer et Wijngaarden ont utilisé la base de données de transmission et d'absorption moléculaire ligne par ligne [HITRAN](#) maintenue à l'Université de Harvard ([Wijngaarden & Happer, 2020](#)). HITRAN est un acronyme venant des termes anglais « *high-resolution transmission* ». Cette base de données compile des paramètres spectroscopiques que les programmeurs informatiques peuvent utiliser pour modéliser la transmission et l'émission de lumière dans l'atmosphère. Point important à noter, Happer et Wijngaarden ne considèrent pas l'effet des nuages. Nous y reviendrons plus loin.

La **courbe bleue** de cette Figure 1 représente les infra-rouges émis par la surface de la Terre (le sol) vers l'espace **si la Terre ne possédait pas d'atmosphère**, et ce pour la température de 288.7 K (15.5°C). Il s'agit bien entendu d'une courbe pouvant être calculée avec l'équation de Planck. L'énergie totale émise vers l'espace correspond simplement à l'aire sous cette courbe bleue.

La **courbe noire** de la Figure 1 représente les infra-rouges émis par la Terre vers l'espace avec l'atmosphère actuelle, comportant 400 ppm de CO<sub>2</sub>, toujours pour la température de 288.7 K (15.5°C). Il s'agit également d'une courbe calculée, ici avec la base de données HITRAN. Nous voyons que moins d'énergie est émis vers l'espace car certains gaz atmosphériques absorbent des infra-rouges (et donc l'aire sous la courbe noire est plus petite que dans le cas précédent). Le nom de ces gaz est indiqué sur la Figure 1. Remarquons que cette **courbe noire est relativement proche des courbes expérimentales observées** par des spectromètres placés en orbite autour de la Terre, et ce à diverses altitudes. C'est ce que l'on appelle en anglais la « **Outgoing Longwave Radiation** », ou OLR. Un bel exemple de publication à ce sujet est celle de [Harries et al. \(2001\)](#). **Tout ceci semble valider la méthode basée sur la base de données HITRAN**. Mais nous vous laissons juger par vous-même en consultant l'article cité.

La **courbe rouge** de la Figure 1 représente les infra-rouges émis par la surface de la Terre vers l'espace avec une atmosphère identique à l'actuelle mais comportant **800 ppm** de CO<sub>2</sub>, toujours pour la température de 288.7 K (15.5°C). Il s'agit également d'une courbe calculée avec la base de données HITRAN. **Nous voyons ici le point le plus important des idées de Happer : la différence entre la courbe noire et la courbe rouge est minime alors que le taux de CO<sub>2</sub> a été doublé!** Selon les calculs de Happer, la différence entre les deux courbes ne vaut que 3 W/m<sup>2</sup>. Si l'on évoque l'effet de serre cela correspondrait à une augmentation de température de l'air en surface de seulement 1.4 à 2.2°C (sans l'intervention de nuages).

Enfin, la **courbe verte** représente une atmosphère hypothétique, similaire à l'atmosphère actuelle, mais qui ne comporterait **aucune** molécule de CO<sub>2</sub>. Nous voyons ici que l'aire sous la courbe est plus grande que dans les deux cas précédents. Nous pouvons donc voir que le CO<sub>2</sub> atmosphérique absorbe bien les infra-rouges émis par la Terre, mais qu'actuellement, avec 400 ppm nous sommes quasi arrivés à une saturation. En effet, **si nous rajoutons du CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère, celle-ci n'absorbera quasi plus d'infra-rouges émis par la Terre**. Et si un jour nous arrivons à 800 ppm la différence avec la situation actuelle ne sera que de 3 W/m<sup>2</sup>.

Nous n'allons pas décrire ici tous les résultats obtenus par Happer et Wijngaarden et nous vous renvoyons simplement à leur publication ([ici](#)). Pour bien comprendre leurs résultats vous pourrez également vous aider de l'article publié [ici](#).

## 14.2. Qui est William Happer?

Présentons maintenant brièvement William Happer. Celui-ci est né en 1939 et a effectué une grande partie de sa carrière dans la célèbre Université de Princeton aux USA. Sous la direction du professeur Donald Hamilton de Princeton, il a obtenu son **doctorat en physique en 1964**. Sa thèse portait sur les mesures des spins et des moments magnétiques des noyaux radioactifs. Il a ensuite débuté sa carrière universitaire en 1964 au Département de physique de l'Université de Columbia où il s'est intéressé aux applications des atomes optiquement polarisés. Les premiers travaux de W. Happer se sont concentrés sur la polarisation de spin des métaux alcalins (sodium, potassium, rubidium, césium). Il a été l'un des premiers à étudier les effets de la lumière avec une longueur d'onde légèrement différente de la résonance atomique, et il a étudié plusieurs effets, dont la rotation de la polarisation de la lumière et les transitions atomiques Raman. Ceux-ci sont devenus les piliers de la physique atomique moderne. Dans ce qui est devenu la marque de fabrique de toutes ses recherches, Happer a combiné des mesures expérimentales avec le développement de modèles théoriques rigoureux et d'explications intuitives simples. Il a également étudié les propriétés uniques des collisions de relaxation de spin entre les atomes de métal alcalin, ce qui a conduit, 30 ans plus tard, au développement d'horloges et de magnétomètres de précision. En plus de son travail scientifique à Columbia et Princeton, il a été codirecteur et directeur du Columbia Radiation Laboratory.

William Happer est auteur de plus de **200 publications scientifiques** et a reçu de nombreux prix pour ses recherches. Pour plus d'informations il suffit de consulter sa page à l'Université de Princeton ([ici](#)). Vous pouvez également l'écouter parler dans plusieurs petites vidéos comme [ici](#). William Happer devrait donc savoir de quoi il parle lorsqu'il évoque l'absorption d'infra-rouges par des molécules comme le CO<sub>2</sub> car la spectroscopie est son domaine de recherche.

## 14.3. Que conclure?

– La conclusion majeure est bien évidemment la suivante : si William Happer a raison, l'effet d'un doublement du taux de CO<sub>2</sub> sur la température du globe (400 à 800 ppm) sera minime car nous sommes quasi déjà arrivés à une « saturation ».

– Mais William Happer n'a pas considéré les nuages. Que se passerait-il en présence de nuages? Si l'on considère que **l'effet net actuel des nuages est de refroidir** ([voir ici](#)) et qu'il semble probable que la vapeur d'eau totale dans l'atmosphère diminue ou reste stable ([voir ici](#)), **les résultats de Happer suggèrent que nous n'avons vraiment pas à nous soucier de l'augmentation du taux de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère.**

– Notons que William Happer n'a pas réalisé de mesures de terrain avec des spectromètres placés sur des satellites. Ses conclusions sont donc basées sur des calculs théoriques.

– Pour finir, remarquons que l'article de Wijngaarden et Happer n'a pas encore été officiellement publié puisqu'il s'agit d'une pré-publication déposée sur la **plateforme arXiv**. Il s'agit donc d'un travail en cours de soumission. Ceci n'est pas une preuve de mauvaise qualité, car les physiciens et mathématiciens procèdent très souvent de la sorte. Un exemple célèbre de résultat original posté sur arXiv est la démonstration de la conjecture de Thurston, impliquant la conjecture de Poincaré (l'un des sept problèmes du prix du millénaire) comme cas particulier, postée par Grigori Perelman en novembre 2002, travail dont la validité a été officiellement reconnue en 2006 et qui a conduit à l'attribution à Perelman de la médaille Fields (qu'il a cependant refusée).

En conclusion finale, **prenons donc le temps de lire et de comprendre les objections et arguments des scientifiques issus des trois groupes précités**. Et une fois que votre décision sera prise, il ne faut pas croire que vous ne changerez jamais d'avis!

#### Références

W. A. van Wijngaarden, W. Happer (2020) Dependence of Earth's Thermal Radiation on Five Most Abundant Greenhouse Gases. arXiv:2006.03098 [physics.ao-ph]

## 15. CO<sub>2</sub> atmosphérique (1/3)

Mis en ligne SCE : 25.11.2022

### 15. Influence de la latitude sur la concentration

Les mesures en continu de la concentration du CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère démarrent en 1957 au pôle Sud, puis en 1958 à Mauna Loa. La concentration dans l'atmosphère est déduite par la différence d'absorption IR (infra-rouges) avec un étalon (**précision**  $\approx \pm 0,05\%$ ) [1]. L'agence américaine d'observation océan/atmosphère (**NOAA/ESRL**) dispose désormais de données de concentration issues de plus de **150 observatoires**, dont quelques dizaines de séries presque complètes sur **plusieurs** décennies [2].

Grâce aux mesures satellitaires, on dispose également, depuis  $\approx 1980$ , d'indicateurs **globaux** (RSS et UAH) [3] pour la « température » (température de brillance **déduite** de la luminance via satellite, précision  $< 0,1\%$ ). Ces **observations modernes entre 1980 et 2020**, vont permettre d'explorer les influences que peuvent avoir latitude et « température » sur le CO<sub>2</sub> **atmosphérique** (concentration et **vitesse** de croissance).

Cet article comportera 3 parties :

- Avec les données de 13 observatoires, cette première partie 1/3 étudie **prioritairement** l'influence de la **latitude** sur la **concentration** notée [CO<sub>2</sub>].
- Avec les mêmes données, la deuxième partie 2/3 examinera **principalement** l'influence de la « température » sur la **vitesse** de croissance notée  $d[CO_2]/dt$ .
- La dernière partie 3/3 discutera des interprétations possibles, puis traitera de l'influence des zones **chaudes océaniques**.

La concentration du CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère s'exprime en ppm = partie par million (1 ppm = 0,0001%), et on a la correspondance suivante avec l'**ensemble** de l'atmosphère : 1 ppm  $\rightarrow$   $7,8 \cdot 10^{12}$  kg de CO<sub>2</sub> = 7,8 Gt-CO<sub>2</sub>  $\rightarrow$   $2,1 \cdot 10^{12}$  kg de carbone = 2,1 Gt-C.

Pour **s'abstraire** des influences **saisonnnières** (**exemple à Point Barrow**) sur la concentration, on **doit** systématiquement utiliser des **moyennes sur 12 mois**. De même, les flux d'échange de carbone avec l'atmosphère seront exprimés en ppm/an ou Gt-C/an. Pour un observatoire qui effectue une **dizaine de mesures** de concentration par jour, la moyenne sur 12 mois concerne **plusieurs milliers** de mesures.

15.1. Différence de concentration Nord/Sud

15.1.1. La concentration décroît légèrement du Nord au Sud

Le tableau ci-dessous rapporte, tous les 10 ans, la **moyenne sur 12 mois**, de la concentration [CO<sub>2</sub>] mesurée depuis 1980 dans 4 observatoires de référence .

NOAA Baseline Observatories			[CO <sub>2</sub> ] moyenne 12 mois (ppm)					croissance 40 ans (ppm)	
	Nom	Latitude	1980	1990	2000	2010	2020		
PTB	Point Barrow Alaska	71,3	340,4	356,4	371	391	415,4	75,0	
MLO	Mauna Loa	19,5	338,7	354	369,4	389,9	413,9	75,2	
SMO	American Samoa	-14,2	338,5	352,9	368,2	387,6	411,9	73,4	
SPO	South Pôle	-90	337	352	367,1	386,1	410	73,0	
<a href="https://gml.noaa.gov/ccgg/insitu/">https://gml.noaa.gov/ccgg/insitu/</a>			<b>Moyenne 4 obs.</b>	<b>338,7</b>	<b>353,8</b>	<b>368,9</b>	<b>388,7</b>	<b>412,8</b>	<b>74,2</b>
			Ecart = (Max-min)	3,4	4,4	3,9	4,9	5,4	2,2
			Ecart relatif	1,0 %	1,2 %	1,1 %	1,3 %	1,3 %	3,0 %

Figure 1a : Concentrations et croissances sur 40 ans du CO<sub>2</sub> atmosphérique dans 4 observatoires (NOAA GML ESRL). [4] A noter que l'observatoire de référence usuel = MLO = Mauna Loa représente **imparfaitement** les valeurs globales : sa concentration et sa croissance sur 40 ans sont **supérieures** à la moyenne des 4 observatoires.

En 2020, la concentration est maximale en Alaska (Point Barrow), alors qu'elle est **≈ 1,3% inférieure** au pôle Sud.

Ce **faible** écart de 1,3 % correspond aussi à un décalage de l'ordre de **2 à 3 ans** : on mesure **≈ 410 ppm** (0,041%) au pôle Sud (SPO) en 2020, mais dès 2017, on observe **≈ 410 ppm** à Point Barrow (PTB).

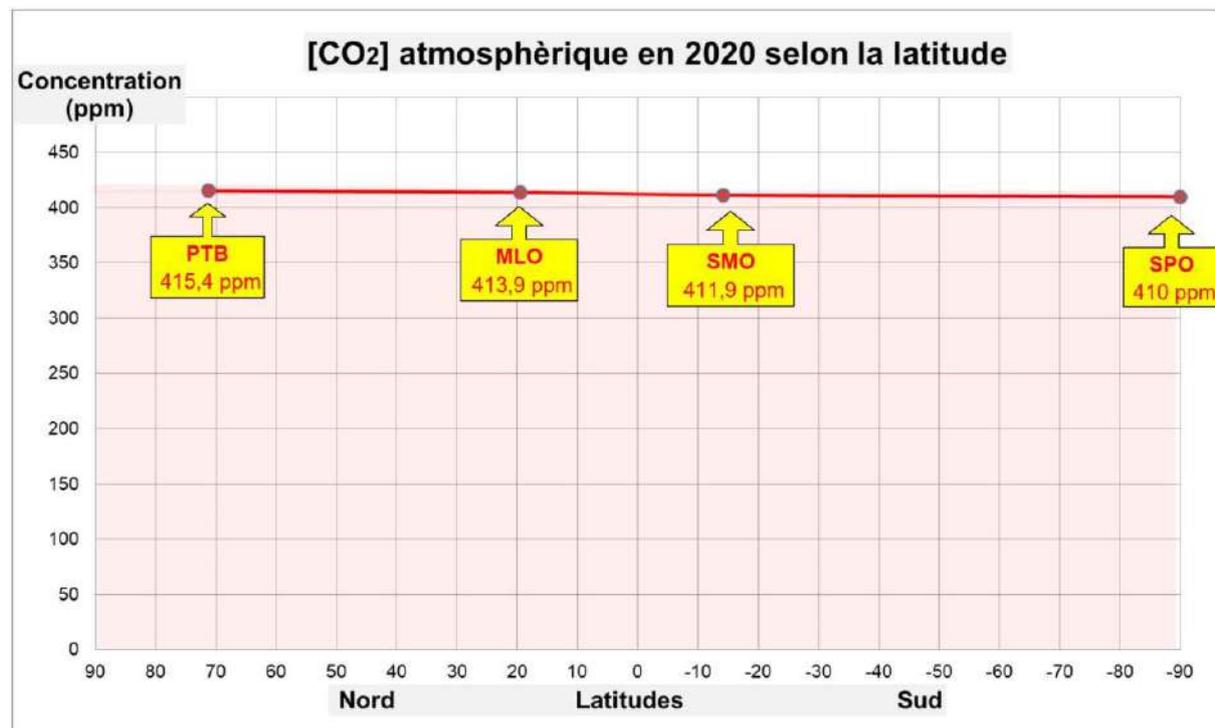


Figure 1b : Concentrations mesurées en 2020 dans les 4 observatoires de référence NOAA/ESRL.[4] Avec cette représentation, le **très**

*faible* écart de concentration ( $\approx 1,3$  % entre PTB et SPO) est **à peine visible**. Une **autre** représentation sera donc utilisée par la suite.

### 15.1.2. Les observatoires

Afin de disposer de données représentatives de **l'ensemble** du globe, on sélectionne 13 observatoires (disposant de données **quasi complètes**), **répartis** du Nord au Sud, et qui sont pour la plupart **éloignés** de l'influence humaine. [3]

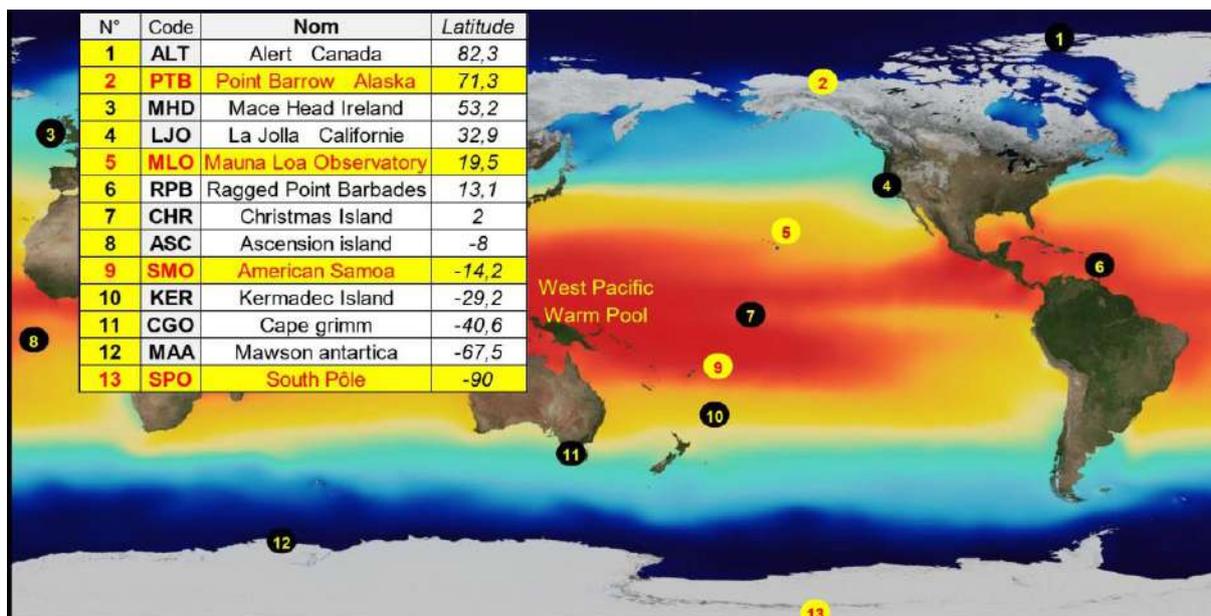


Figure 2 : Localisation de 13 observatoires : sur fond jaune, les 4 observatoires de référence de la NOAA. Les couleurs sur la carte indiquent la température de surface océanique (moyenne 1955-2017).

Par rapport à la latitude  $\approx 20^\circ\text{N}$ , on note que le **principal** observatoire de référence (5, MLO) se situe dans un environnement océanique **légèrement plus froid**.

## 15.2. Profil concentration/latitude

### 15.2.1. Concentrations observées dans les 13 observatoires

Pour caractériser la différence (gradient) de concentration Nord/Sud, on exploite les données [CO<sub>2</sub>] [4] des 13 observatoires. Le gradient est influencé **principalement** par la latitude ; cependant afin de tester une éventuelle influence **secondaire** de la « température », on examine **3** séquences de **12** mois consécutifs → 3 années **dissemblables** pour la « température ».

Le tableau ci-dessous, à 2 entrées, rapporte la concentration **moyenne sur 12 mois**, lors des 3 séquences.

N°	Code	Nom	Latitude	[CO <sub>2</sub> ] moyenne 12 mois (ppm)		
				Mars 92/93	1995	Oct 97/98
1	ALT	Alert Canada	82,3	357,7	361,7	366,5
2	PTB	Point Barrow Alaska	71,3	357,9	362,2	366,7
3	MHD	Mace Head Ireland	53,2	356,4	361,2	366,5
4	LJO	La Jolla Californie	32,9	356,8	361,1	365,8
5	MLO	Mauna Loa Observatory	19,5	356,3	360,7	365,8
6	RPB	Ragged Point Barbades	13,1	356,3	360,6	365,8
7	CHR	Christmas Island	2	356,4	361,1	366,1
8	ASC	Ascension island	-8	355,7	359,6	364,6
9	SMO	American Samoa	-14,2	355,4	359,6	364,1
10	KER	Kermadec Island	-29,2	354,9	359,1	363,8
11	CGO	Cape Grimm	-40,6	354,1	358,4	363,2
12	MAA	Mawson antarctica	-67,5	354,2	358,2	363
13	SPO	South Pôle	-90	354,5	358,3	363
<b>Moyennes</b>				<b>355,9</b>	<b>360,1</b>	<b>365,0</b>

Figure 3 : Concentration du CO<sub>2</sub> atmosphérique pour 13 observatoires, lors de 3 séquences de 12 mois. Anomalie UAH6 : année froide en bleu → -0,434 K; année normale en vert → -0,07 K; année chaude en rouge → +0,320 K. La dernière ligne donne la moyenne globale sur les 13 observatoires, lors de chacune des 3 séquences de 12 mois.

### 15.2.2. Profils de concentration

On trace le **profil concentration/latitude**, c'est-à-dire l'**écart** de concentration d'un observatoire particulier avec la **moyenne** globale sur les 13 observatoires, lors de la **même** séquence. Ce procédé revient à **aligner** les 3 profils et à **zoomer** sur la zone utile de la figure. On obtient ainsi 3 profils, correspondant à 3 années de la décennie 1990 : une année froide, une année chaude et une année normale.

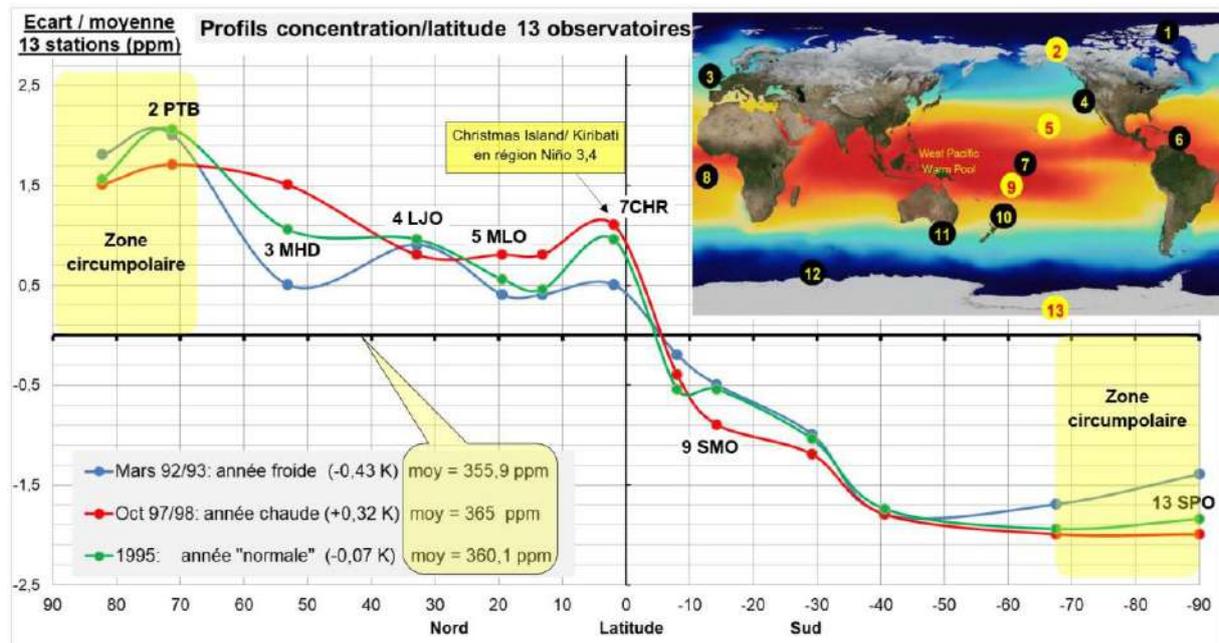


Figure 4 : Écart (avec la moyenne sur 13 observatoires) de [CO<sub>2</sub>] atmosphérique selon la latitude.[4]

*En bleu : année froide ; en vert : année normale ; en rouge : année chaude (voir anomalie UAH LT). L'ordonnée 0 correspond à la moyenne **globale** (13 observatoires), lors de **chacune** des 3 années.*

### 15.2.3. Remarques

- Les 3 profils montrent une diminution **irrégulière** de la concentration du Nord au Sud.
- La « température » exerce une **influence secondaire modeste** sur le profil concentration/latitude. La deuxième partie de l'article montrera que la « température » exerce en revanche une **influence considérable** sur la **vitesse** de croissance =  $d[CO_2]/dt$ .
- La concentration mesurée à Mauna Loa (5 MLO) est **toujours supérieure** à la concentration moyenne des 13 observatoires, lors des 3 séquences. Si l'on souhaite refléter la concentration moyenne **globale**, il semble donc préférable d'utiliser une **moyenne** des concentrations mesurées dans les **2** hémisphères : à minima dans 2 observatoires comme MLO et SMO.
- A l'intérieur des cercles polaires Nord et Sud (zones en jaune fig.4), l'écart avec la moyenne reste quasi-constant ou **décroit légèrement**. Pour ces zones circumpolaires, il est possible que les échanges de carbone (biosphère/atmosphère et hydrosphère/atmosphère) soient réduits (faible biomasse, surfaces océan/land en partie couvertes de glace).
- L'année chaude **accentue** l'écart avec la moyenne pour 5MLO, mais pour 2PTB, cet écart **diminue**. L'influence secondaire « température » est bien plus grande pour 3 MHD que pour 4 LJO.
- On en déduit que  $[CO_2]$  dans l'atmosphère n'est **pas** influencé de la même façon par la « température » selon les observatoires. Ce sont bien les conditions **locales** qui prévalent : avec un **autre choix** d'observatoires, le profil serait légèrement modifié, comme le montrera la troisième partie de l'article.

### 15.2.4. La zone océanique chaude West Pacific

Dans le profil concentration/latitude, l'observatoire 7 CHR (Christmas Island/ Kiribati) **se singularise** pour **chacune** des 3 séquences. Cet observatoire est situé en bordure de la vaste zone océanique **chaude** WPWP = West Pacific Warm Pool ([voir ici](#)).

En bordure de cette zone, il existe quelques données  $[CO_2]$  **fragmentaires** (11 mois) pour l'observatoire malaisien de [Danum Valley](#), et des données plus complètes pour l'Observatoire de Guam. [3]

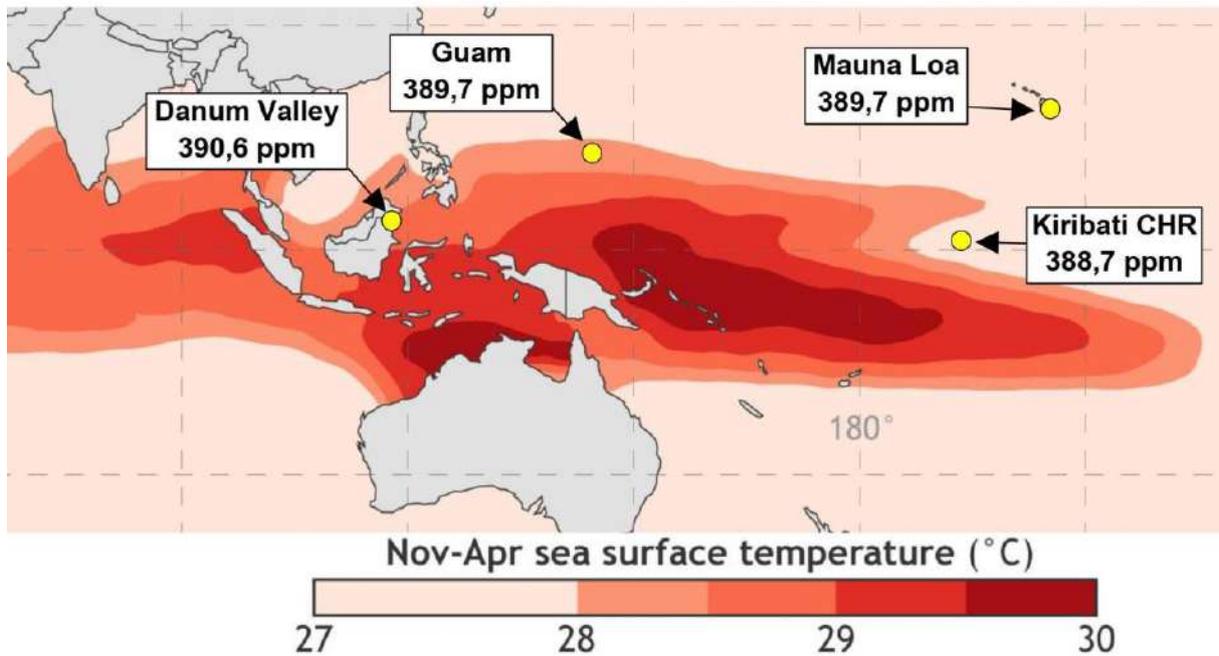


Figure 5 : Concentrations (moyenne [CO<sub>2</sub>] de nov 2009 à sept 2010) pour MLO et 3 observatoires situés en limite de WPWP (SST selon NOAA).

Située **plus au Sud** que MLO (19,53°N), Danum Valley (4,98°N) présente pourtant une concentration **plus élevée**. La zone océanique WPWP est-elle le siège d'un **important dégazage** de CO<sub>2</sub> ? Ce serait une interprétation possible des valeurs [CO<sub>2</sub>] mesurées à 7 CHR qui s'écartent du profil général concentration/latitude (voir aussi figure 4 [ici](#)). La troisième partie de l'article traitera spécifiquement de cette zone **chaude** océanique « West Pacific ».

### 15.3. Eléments d'interprétation du gradient

Il serait théoriquement possible de justifier le faible (1,3 %) gradient Nord/Sud si l'on disposait des valeurs exactes de **tous** les flux de carbone entrant/sortant de l'atmosphère ainsi que de leur **répartition** entre hémisphères. Malheureusement, les flux **principaux** = flux naturels sont mal connus : le GIEC reconnaît une incertitude **supérieure** à 20 % (légende fig. 6.1 [AR5 WG1](#)).

#### 15.3.1. Facteurs de répartition entre hémisphères

La figure ci-dessous propose quelques ordres de grandeurs : répartition continent/océan (flux naturels) et densité de population (flux anthropique) [3]

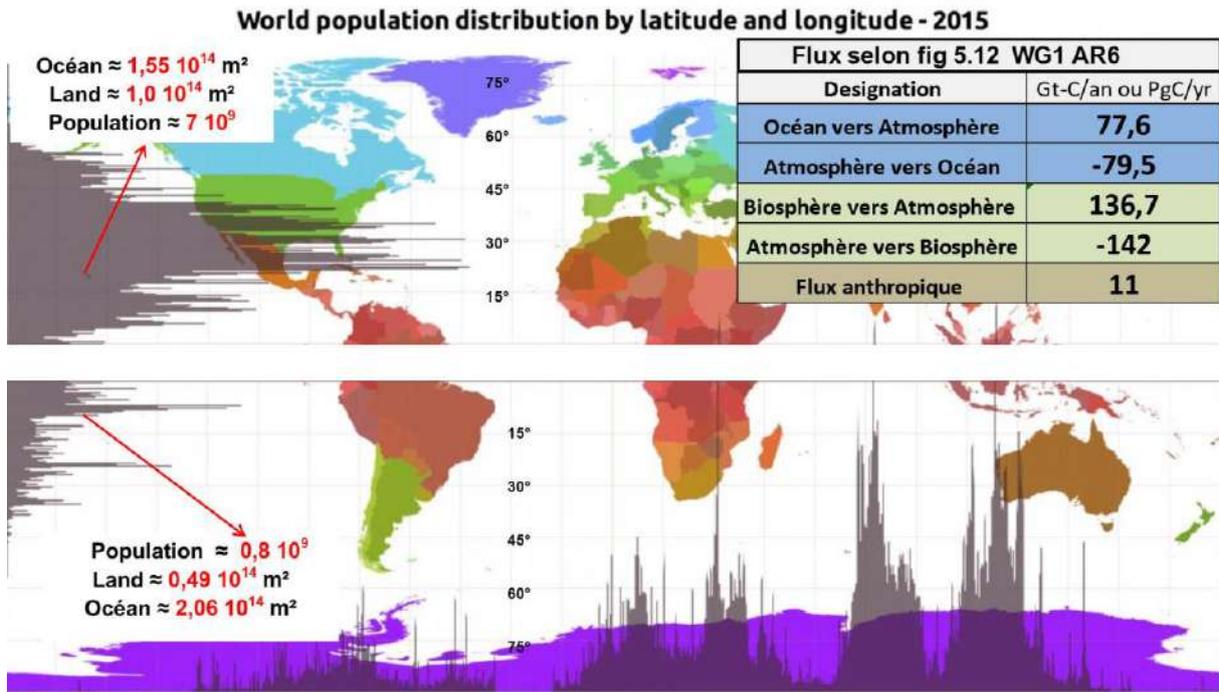


Figure 6 : Deux facteurs de répartition inter-hémisphère (densités de population et surfaces Land/Océan) ; Estimation des flux de carbone selon figure 5.12 AR6.

### 15.3.2. Une estimation de répartition pour le flux anthropique

Le flux anthropique (émissions anthropiques  $\approx 11 \text{ Gt-C/an}$ ) peut être approximativement réparti en fonction de la population dans chaque hémisphère, soit :  $11 \cdot 0,8 / (7 + 0,8) = 1,13 \text{ Gt-C/an}$  au Sud contre  $11 \cdot 7 / (7 + 0,8) = 9,87 \text{ Gt-C/an}$  au Nord. Il existerait donc un écart de  $9,87 - 1,13 = +8,7 \text{ Gt-C/an}$  en faveur du Nord, ce qui constituerait une des causes possibles du gradient Nord/Sud.

#### Remarque :

Les émissions anthropiques totales croissent entre 1980 ( $\approx 6 \text{ Gt-C/an}$ ) et 2020 ( $\approx 11 \text{ Gt-C/an}$ ) : la hausse est de **+80 %** en 40 ans. Lors de ces 40 ans, l'écart **relatif** de concentration Nord/Sud (Fig.1) croît depuis 1 % (1980) vers 1,3 % (2020), soit **+30 %**, une hausse **2,5 fois moindre** que les émissions anthropiques.

### 15.3.3. Une tentative de répartition pour l'un des flux naturels

Il est instructif de proposer une estimation pour le flux **atmosphère vers océan** : selon la [fig 5.12 de l'AR6](#), l'absorption océanique serait de  $-79,5 \text{ Gt-C/an}$ . La répartition en fonction des **surfaces océaniques** donnerait alors :

- Au Nord :  $-79,5 \cdot 1,55 / (1,55 + 2,06) = -34,1 \text{ Gt-C/an}$
- Au Sud :  $-79,5 \cdot 2,06 / (1,55 + 2,06) = -45,4 \text{ Gt-C/an}$ , soit un écart Nord/Sud =  $-45,4 - (-34,1) = -11,3 \text{ Gt-C/an}$ .

### 15.3.4. Causes multiples du gradient Nord/Sud

Si un surcroît **d'émission** de CO<sub>2</sub> au Nord constitue **une des** causes du gradient Nord /Sud, il faut noter qu'un surcroît **d'absorption** dans l'hémisphère Sud est **aussi** une cause possible. Les écarts Nord/Sud des 2 estimations précédentes sont **comparables** : **+8,7** Gt-C au Nord (flux anthropique) ; **-11,2** Gt-C/an au Sud (absorption océanique). Il semble donc que les flux **naturels** puissent **aussi** contribuer au faible (1,3 %) gradient de concentration Nord/Sud.

*La partie 2/3 de l'article traitera principalement de l'influence de la « température » sur la **vitesse** de croissance du CO<sub>2</sub> atmosphérique. Cette influence, **si** elle était plus grande au Nord qu'au Sud, favoriserait un gradient de concentration.*

#### REFERENCES

##### 1. Mesure de concentration : méthodes, incertitudes

Présentation générale : [http://gml.noaa.gov/ccl/co2\\_calssystem.html](http://gml.noaa.gov/ccl/co2_calssystem.html)

How we measure background CO<sub>2</sub> levels on Mauna Loa : [http://gml.noaa.gov/ccgg/about/co2\\_measurements.html](http://gml.noaa.gov/ccgg/about/co2_measurements.html).

Incertitude : [http://gml.noaa.gov/ccl/ccl\\_uncertainties.html](http://gml.noaa.gov/ccl/ccl_uncertainties.html)

Calibration : [http://gml.noaa.gov/ccl/co2\\_calssystem.html](http://gml.noaa.gov/ccl/co2_calssystem.html)

Estimating uncertainty WMO mole fraction scale CO<sub>2</sub> : <http://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2005JD006003>

Moyennes **globales** selon NOAA : <https://gml.noaa.gov/ccgg/trends/global.html>

##### 2. Mesure de concentration : données mensuelles

NOAA/ESRL : [https://www.gml.noaa.gov/dv/data/index.php?parameter\\_name=Carbon%2BDioxide](https://www.gml.noaa.gov/dv/data/index.php?parameter_name=Carbon%2BDioxide)

Scripps CO2 program : [https://scrippsco2.ucsd.edu/data/atmospheric\\_co2/sampling\\_stations.html](https://scrippsco2.ucsd.edu/data/atmospheric_co2/sampling_stations.html)

World Data Center Greenhouse Gases : <https://gaw.kishou.go.jp/search>

##### 3. Compléments

Anomalie de température UAH : [https://www.nsstc.uah.edu/data/msu/v6.0/tlt/uahncdc\\_lt\\_6.0.txt](https://www.nsstc.uah.edu/data/msu/v6.0/tlt/uahncdc_lt_6.0.txt)

Température moyenne océan : <https://svs.gsfc.nasa.gov/3652>

Indice ENSO Multivarié : <https://psl.noaa.gov/enso/mei/>

Emissions anthropiques : <https://www.icos-cp.eu/science-and-impact/global-carbon-budget/2020>

Carte 2 hémisphères : <https://www.worldatlas.com/r/w960-q80/upload/ce/d4/a0/artboard-2.png>

Carte densité de population : <https://www.datagraver.com/case/world-population-distribution-by-latitude-and-longitude-2015>

AR5 WG1 : [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5\\_all\\_final.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5_all_final.pdf) AR6

WG1 [https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_WGI\\_FullReport.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_FullReport.pdf)

4. Le tableur « [Treize observatoires.xls](#) » rapporte les données d'observations utilisées dans l'article.

## [16. CO<sub>2</sub> atmosphérique \(2/3\)](#)

Mis en ligne SCE : 23.12.2022

### 16. Influence de la « température » sur la vitesse de croissance

Les mesures **modernes** de la concentration du CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère démarrent au pôle Sud en 1957. Depuis cette date, on observe une **croissance** de la concentration et la **vitesse** de cette

croissance semble liée/corrélée à la « température » (**indicateurs** UAH ou RSS). Cette **vitesse** de croissance est-elle **secondairement** influencée par la latitude de l'observatoire?

En utilisant les données de concentration mesurées dans **13** observatoires [1], on compare la **vitesse** de croissance lors d'une année **froide** et lors d'une année **chaude**. On déduit, grâce à ces 2 séquences **transitoires**, une relation approchée **empirique** reliant la croissance annuelle **globale** (vitesse de croissance) et l'**indicateur global** de température **UAH** [2].

Pour la première partie de cet article [cliquez ici](#).

## 16.1. Introduction

- La concentration du CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère = [CO<sub>2</sub>] s'exprime en ppm = partie par million (1 ppm = 0,0001 %).

Entre 1980 et 2020, [CO<sub>2</sub>] croît (339 ppm → 413 ppm ou 0,034 % → 0,041 %), avec une **vitesse de croissance** très variable.

- Pour **s'abstraire** des influences saisonnières ([exemple Point Barrow](#)), la **vitesse** de croissance est  **systématiquement** calculée sur **12 mois**. On accède ainsi, **hors influence saisonnière**, à la vitesse **moyenne** de croissance sur **1 an**, désignée dans l'article par croissance **annuelle** (ppm/an). Si la concentration (ppm) dans l'atmosphère est notée [CO<sub>2</sub>], alors la vitesse de croissance = croissance **annuelle** (ppm/an) correspond à  $d[CO_2] / dt$  avec  $dt = 12$  mois.
- Dans l'article, « température » désigne l'indicateur **global** [UAH LT 6.0](#) = anomalie de température (écart à une référence). Cet indicateur est élaboré à partir de la [température de brillance](#), déduite de la luminance mesurée depuis satellite.

Entre 1980 et 2020, on observe une assez bonne corrélation entre « température » et **vitesse** de croissance mesurée à Mauna Loa, telle que rapportée dans la figure ci-dessous.

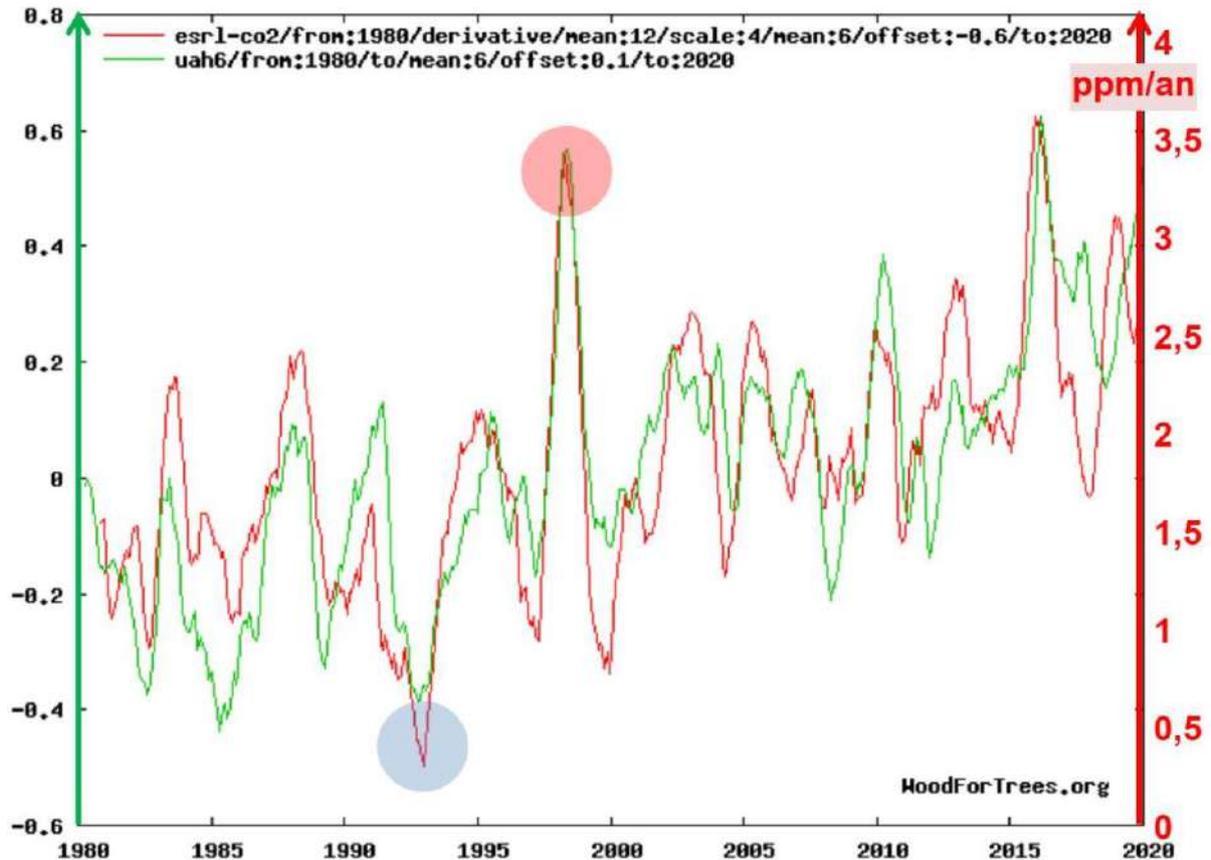


Figure 1 : Corrélation entre croissance **annuelle** du CO<sub>2</sub> atmosphérique (Mauna Loa en rouge) et anomalie de température (UAH version 6 en vert) selon *Woodfortrees*. A noter que l'on a ici une observation **globale** (UAH) versus une observation **locale** (MLO). Les deux disques colorés indiquent les 2 **transitoires extrêmes**, qui seront exploités au paragraphe 3.

Il est possible de traduire cette corrélation sous la forme d'une relation **approchée** entre **vitesse** de croissance et « température ». Pour établir cette **relation empirique/phénoménologique**, on va choisir 2 séquences **transitoires extrêmes**.

## 16.2. Choix de 2 séquences de 12 mois

On sélectionne 2 séquences **proches** pour lesquelles l'anomalie de température (UAH LT version 6) est la **plus différente** possible:

Séquence 1 : Suite à l' **Eruption Pinatubo** fin 91 → année **froide** (**-0,434 K** [voir ici](#)) = 12 mois entre **mars 92 et mars 93**.

Séquence 2 : ENSO / El Niño → année **chaude** (**+0,320 K** [voir ici](#)) = 12 mois entre **octobre 97 et octobre 98**.

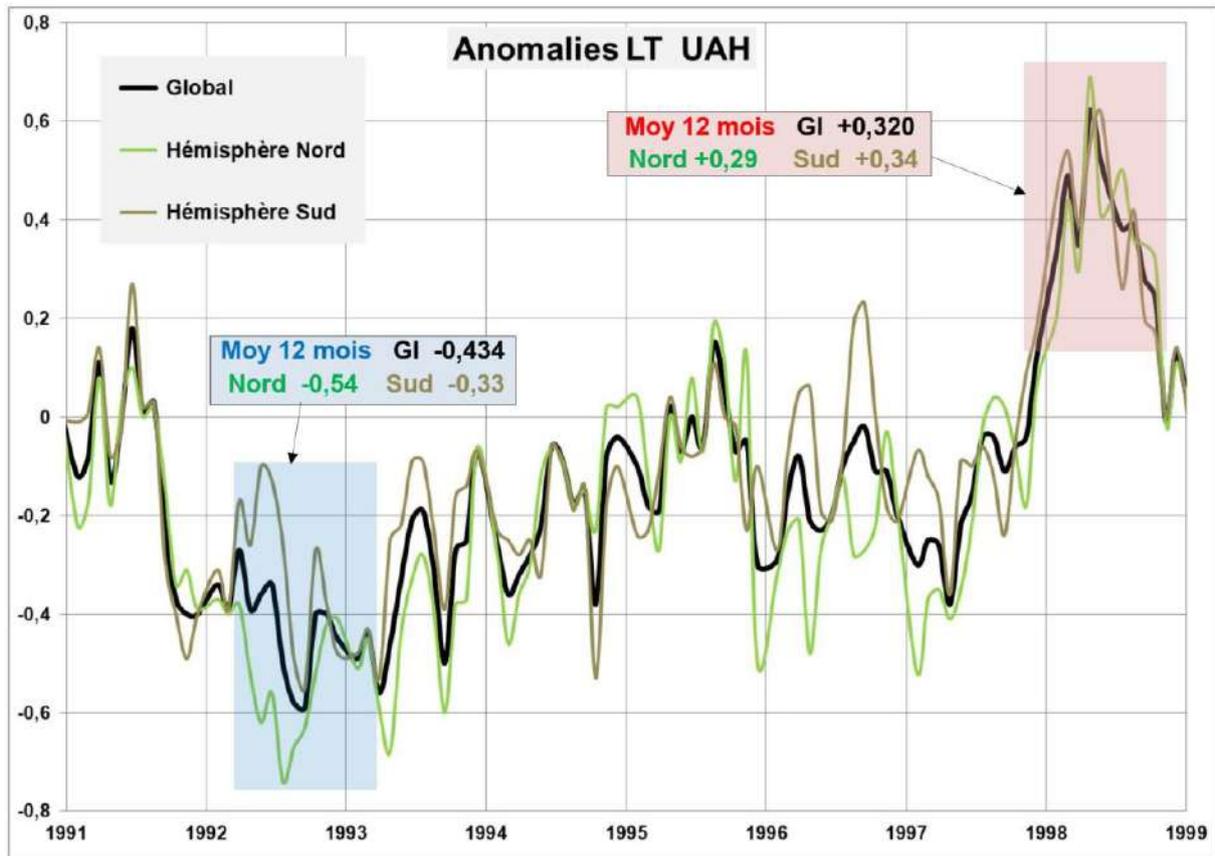


Figure 2a : Anomalie « Lower Troposphere » selon UAH version 6 (ici) : Global (noir); Hémisphère Nord (vert); Hémisphère Sud (marron) ; année froide sur fond bleu ; année chaude sur fond rouge.

Ces 2 séquences de 12 mois sont **presque centrales** pour l'intervalle 1980-2020, et sont **proches** (5,5 ans entre année froide et chaude). Ce choix présente 3 avantages :

- Une **évolution limitée** (en 5,5 ans) pour les 3 compartiments Atmosphère/Hydrosphère/Biosphère.
- Une faible évolution (+0,24 ppm/an ou +0,5 Gt-C/an) des émissions anthropiques **entre** les 2 séquences.
- Des émissions anthropiques quasi constantes **lors** des 12 mois des séquences froide/chaude.

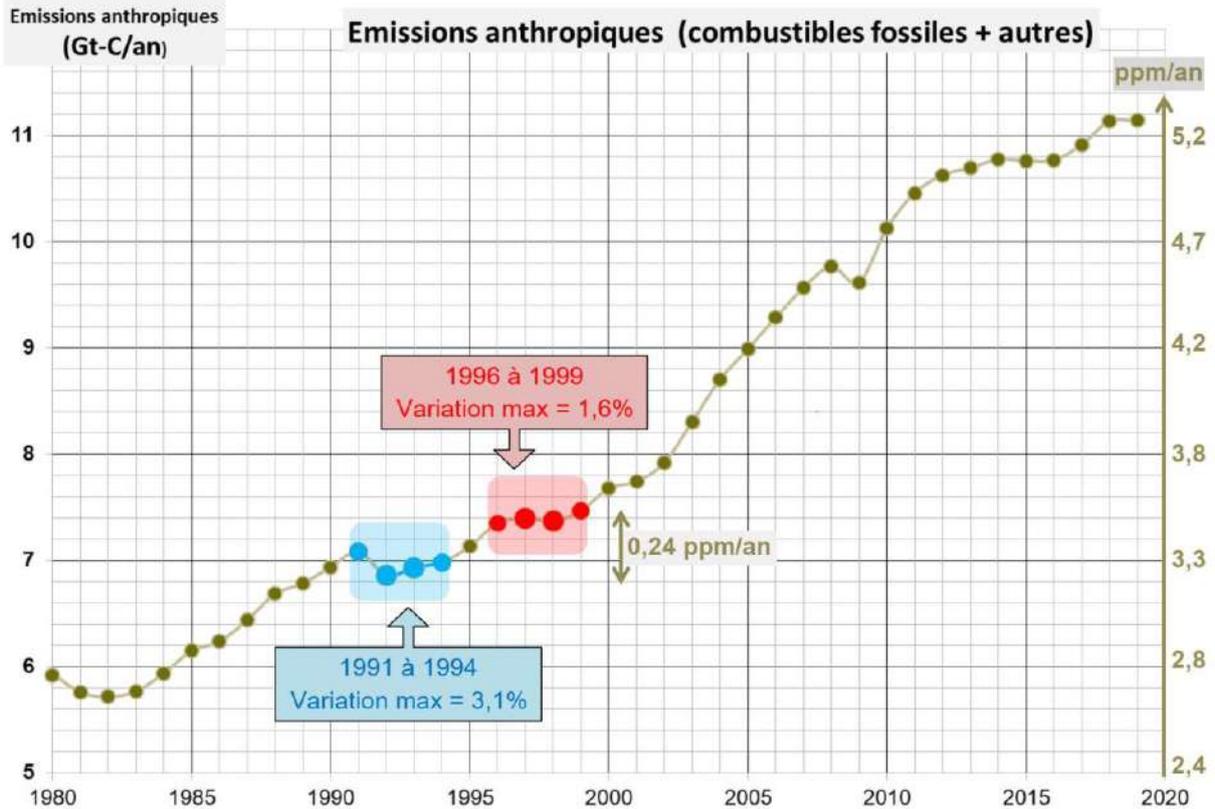


Figure 2b : Émissions anthropiques = fossiles + autres (ici). **Lors** des 4 années centrées sur les 2 séquences de 12 mois, les émissions anthropiques varient très peu : année froide en bleu ; année chaude en rouge. **Entre** les 2 séquences, l'évolution est limitée à 0,24 ppm/an .

### 16.3. Vitesse de croissance : année chaude vs année froide

La corrélation présentée à la figure 1 concerne une observation **globale** et une observation **locale** (vitesse de croissance à MLO seulement). Pour comparer 2 observations **globales**, la croissance **annuelle** (vitesse de croissance), lors des 2 séquences, sera calculée pour chacun des 13 observatoires ci-dessous :

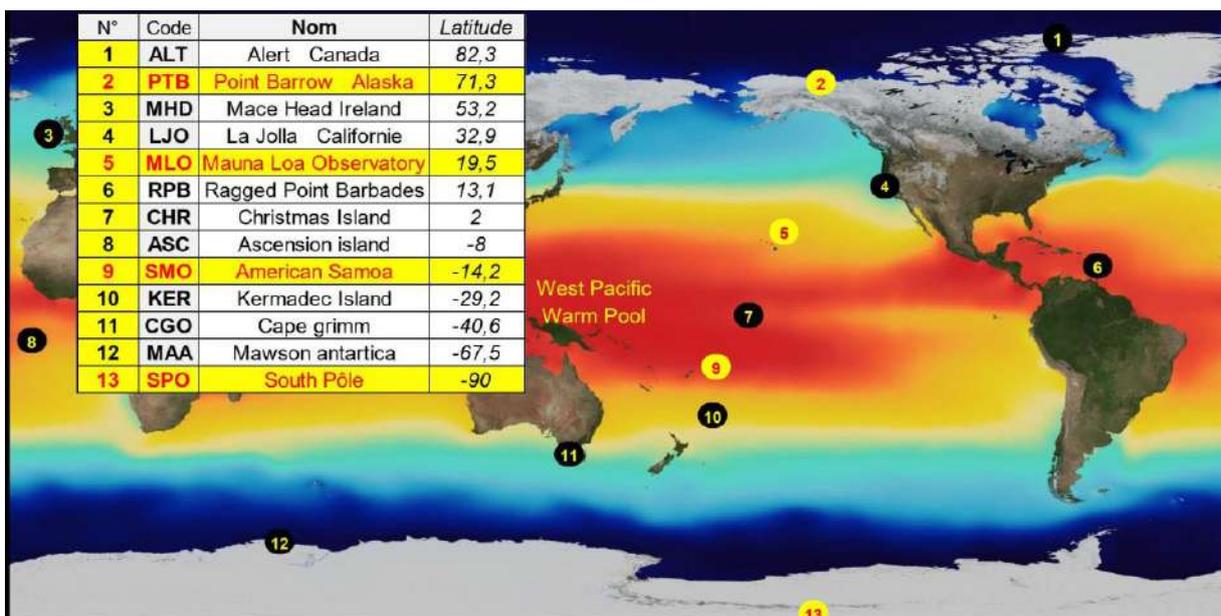


Figure 3a : Les 13 observatoires utilisés : on reprend les observatoires de la **partie 1/3** de l'article.

### 16.3.1 Calcul des croissances annuelles lors des 2 séquences.

Comment évaluer, à partir des données de concentration **mensuelle**, la croissance **annuelle** pour un observatoire ?

Pour l'année **froide**, on peut calculer la **différence** (sur 12 mois) de concentration entre mars 93 et mars 92 .

Pour les observatoires dont les données sont **complètes**, on répète ce calcul pour 4 (sinon 2) différences supplémentaires (toujours sur 12 mois) → janv 93/janv 92 ; fév 93/fév 92 ; avril 93/avril 92 ; mai 93/mai 92.

Le calcul est similaire pour l'année **chaude** octobre 97/98.

On calcule ensuite la **moyenne** de ces 5 (ou 3) différences afin d'obtenir une moyenne **centrée sur les 12 mois** de la séquence. Cette moyenne **centrée** est désignée dans le tableau ci-dessous par « Delta 12 mois ».

				Delta 12 mois (ppm/an)	
		Nom	Latitude	Mars 92/93	Oct 97/98
1	ALT	Alert Canada	82,3	-0,09	3,97
2	PTB	Point Barrow Alaska	71,3	0,52	3,71
3	MHD	Mace Head Ireland	53,2	0,62	3,30
4	LJO	La Jolla Californie	32,9	0,68	3,90
5	MLO	Mauna Loa Observatory	19,5	0,46	3,41
6	RPB	Ragged point Barbades	13,1	0,46	3,61
7	CHR	Christmas Island	2	0,89	3,28
8	ASC	Ascension Island	-8	0,61	2,88
9	SMO	American Samoa	-14,2	0,78	2,91
10	KER	Kermadec Island	-29,2	0,91	2,73
11	CGO	Cape Grimm	-41,4	1,07	2,90
12	MAA	Mawson antartica	-67,5	1,52	2,42
13	SPO	South Pôle	-90	1,02	3,03
Moyennes 13 observatoires				0,73	3,24
Croissance moyenne decennie 1990				1,5	

Figure 3b : Delta 12 mois (ppm/an) = vitesse de croissance = croissance **annuelle** lors d'une année froide (fond bleu) et lors d'une année chaude (fond rouge) pour 13 observatoires. Delta 12 mois est élaboré avec des moyennes mensuelles comportant des **centaines de mesures**.

Lors des 12 mois froids, la concentration à Mauna Loa augmente de 0,46 ppm ; lors des 12 mois chauds, elle augmente de 3,41 ppm, mais il s'agit d'une observation **locale**.

On observe, lors de la séquence froide, une vitesse de croissance **globale** (= moyenne 13 observatoires) = 0,73 ppm/an.

Lors de la séquence chaude, la vitesse de croissance **globale** = 3,24 ppm/an.

En moyenne sur 10 ans (décennie 90), la vitesse de croissance **globale** ≈ 1,5 ppm/an (**ici**).

Il semble donc que la « température » influence la **vitesse** de croissance globale, car lors des 2 séquences transitoires extrêmes, elle a très fortement varié à la **baisse** (1,5 → 0,73) comme à la **hausse** (1,5 → 3,24). Le paragraphe 3.3 exploitera ces écarts extrêmes de « température » et de vitesse de croissance **globale** pour chiffrer l'influence de l'une sur l'autre.

### 16.3.2 La vitesse de croissance dépend-elle secondairement de la latitude ?

En exploitant les données du tableau précédent, on représente la croissance annuelle en **fonction de la latitude**.

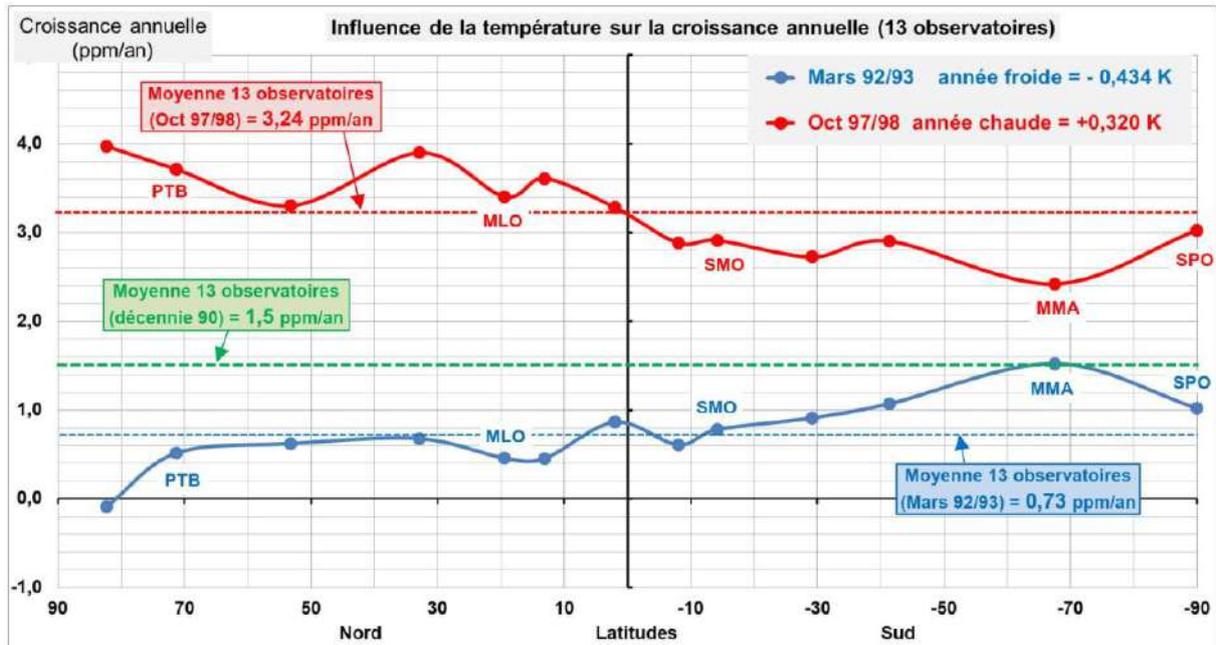


Figure 3c : **Croissance annuelle** lors d'une année froide (en bleu) et lors d'une année chaude (en rouge) mesurée dans 13 observatoires. Les croissances annuelles **globales (moyennes 13 observatoires)** sont représentées en pointillés.

#### Remarques

- Si la croissance annuelle = **vitesse** de croissance dépendait de la température mais **pas de la latitude**, alors les points représentatifs des observatoires seraient tous sur les 2 droites horizontales (pointillés bleus pour année froide ; pointillés rouges pour année chaude).
- Si la croissance annuelle était indépendante de la température **et** de la latitude, alors les points représentatifs des observatoires se trouveraient tous sur la droite horizontale en **pointillés verts**.
- La croissance annuelle dans un observatoire est d'autant **moins sensible** à la température que ses 2 points représentatifs (année chaude/année froide) sont **proches** de la droite en pointillés verts (croissance moyenne sur 10 ans) : c'est par exemple le cas pour Mawson Antartica (MMA).
- La figure 3c montre surtout une **dissymétrie** entre hémisphères Nord et Sud : les observatoires de l'hémisphère Nord sont **plus sensibles** à une augmentation **comme** à une baisse de température. Ainsi, la « température » montre une **plus** grande influence à l'observatoire MLO qu'à l'observatoire SMO.

**16.3.3 Sensibilité à la « température » selon l’hémisphère.**

Si l’on veut s’assurer que l’influence de la « température » est réellement plus grande au Nord qu’au Sud, on doit tenir compte des **valeurs** de l’anomalie de température, **différentes** pour chaque hémisphère.

On complète donc le tableau de la figure 3b par le calcul, pour **chaque hémisphère**, de la sensibilité a, avec a = variation de la **vitesse** de croissance (écart année chaude/froide) ramenée à la **variation** d’anomalie correspondante.

	Nom	Latitude	Delta 12 mois (ppm/an)		Ecart ppm/an	Ecart moy ppm/an	Delta T (K)	sensibilité a (ppm/an/K)
			Mars 92/93	Oct 97/98				
1	ALT Alert Canada	82,3	-0,09	3,97	4,06			
2	PTB Point Barrow Alaska	71,3	0,52	3,71	3,20	<b>Hémisphère Nord</b>		sensibilité <b>3,87</b>
3	MHD Mace Head Ireland	53,2	0,62	3,30	2,68	<b>3,21</b>	<b>0,83</b>	
4	LJO La Jolla Californie	32,9	0,68	3,90	3,22	UAH 92/93 → -0,54	UAH 97/98 → 0,29	
5	MLO Mauna Loa Observatory	19,5	0,46	3,41	2,95			
6	RPB Ragged point Barbades	13,1	0,46	3,61	3,15			
7	CHR Christmas Island	2	0,89	3,28	2,40			
8	ASC Ascension Island	-8	0,61	2,88	2,27	UAH 92/93 → -0,33		
9	SMO American Samoa	-14,2	0,78	2,91	2,13	UAH 97/98 → 0,34		
10	KER Kermadec Island	-29,2	0,91	2,73	1,81	<b>1,83</b>	<b>0,67</b>	sensibilité <b>2,72</b>
11	CGO Cape Grimm	-41,4	1,07	2,90	1,83	<b>Hémisphère Sud</b>		
12	MAA Mawson antarctica	-67,5	1,52	2,42	0,90			
13	SPO South Pôle	-90	1,02	3,03	2,0			
Moyennes 13 observatoires			<b>0,73</b>	<b>3,24</b>	2,51	<b>2,51</b>	<b>0,754</b>	sensibilité <b>3,33</b>
Croissance moyenne decennie 1990			<b>1,5</b>				<b>UAH 97/98 → 0,32</b>	

Figure 3d : La partie droite du tableau présente : en vert, pour l’hémisphère Nord, les écarts de vitesse de croissance (année chaude moins année froide). Les données similaires pour l’hémisphère Sud figurent en marron. Les données d’anomalie UAH sont celles de la figure 2a. Pour l’hémisphère Nord, en moyenne pour les 6 observatoires, on obtient un écart de 3,21 ppm/an pour une variation d’anomalie UAH de 0,83 K : la sensibilité correspondante est alors  $a = 3,21/0,83 = 3,87 \text{ ppm/an/K}$ .

Pour l’hémisphère Sud, en moyenne pour les 6 observatoires, l’écart est de 1,83 ppm/an pour une variation d’anomalie UAH de 0,67 K : la sensibilité correspondante est alors  $a = 1,83/0,67 = 2,72 \text{ ppm/an/K}$ .

**Remarques**

- En considérant l’anomalie **par hémisphère**, le Nord semble toujours **plus sensible** à une variation de « température ». Il est possible que cette différence de sensibilité Nord/ Sud trouve **en partie** son origine dans la répartition Land/Océan.
- La tendance à une **hausse lente** de « température » entre 1980 et 2020, couplée à la **plus forte** sensibilité au Nord, devrait entraîner une augmentation de la concentration du CO<sub>2</sub> atmosphérique **plus grande au Nord qu’au Sud**. Le gradient inter-hémisphère (voir 1/3) serait ainsi **partiellement** dû aux flux **naturels**, qui sont à la source des sensibilités différentes: 3,87 ppm/an/K au Nord contre 2,72 ppm/an/K au Sud (émissions anthropiques quasi constantes fig.2b).

## 16.4. Relation empirique liant croissance annuelle et anomalie de température

### 16.4.1 Une relation globale élaborée sur 2 transitoires extrêmes.

- Plusieurs auteurs [3] ont proposé de relier croissance annuelle et anomalie de température par une expression du type : **Croissance annuelle = a \* (AT) + b** (b dépend de la période de référence de l'anomalie de température= AT).  
Les expressions proposées par les auteurs sont souvent basées sur un seul observatoire (MLO) et sur des années civiles (janvier/décembre), ces auteurs proposent une sensibilité comprise entre 2 et 4 (ppm/an/K) [3].
- Un indicateur de température **global** est mal adapté à la concentration mesurée dans **un seul** observatoire.  
La sensibilité sera donc mieux déterminée avec les données de la figure 3d car basée sur 13 observatoires **représentatifs** du globe et sur 2 transitoires de 12 mois (et non sur des années civiles), ces 12 mois étant correctement **centrés** sur les **2 extrêmes de température**.  
Le tableau de la figure 3d indique une sensibilité globale  $\approx 3,33$  ppm/an/K ; on propose alors la relation empirique :  
Croissance annuelle globale =  $d([\text{CO}_2]) / dt \approx 3,33 * (\text{UAH LT V6.0}) + 2,17$ .  
Cette relation empirique permet bien de retrouver (figs 2a et 3b) [4] :
  - année froide :  $3,33 * (-0,434) + 2,17 \approx 0,73$  ppm/an.
  - année chaude :  $3,33 * (0,320) + 2,17 \approx 3,24$  ppm/an

### 16.4.2 Evolution de la concentration entre 1980 et 2020.

- **Evolution observée :**

Les observations à MLO rapportent les concentrations suivantes : janvier 1980 → 337,9 ppm et janvier 2020 → 413,6 ppm, ce qui correspond à une évolution **mesurée** de  $(413,6 - 337,9) = +75,7$  ppm en 40 ans.

Pour l'évolution globale, les 13 observatoires n'ayant pas tous de données pour 1980, on doit se contenter des 4 observatoires NOAA 'baseline' dont les observations sont rapportées à la fig.1a du 1/3 → **+74,2 ppm en 40 ans**.

- **Evolution théorique selon la relation empirique :**

La relation empirique, basée sur 2 **transitoires extrêmes** séparés de 5,5 ans, peut-elle prévoir l'évolution entre 1980 et 2020 (**long terme** = 'trend') du CO<sub>2</sub> atmosphérique ?

Pour l'évolution 'long terme' on peut alors utiliser les tendances (trend) → anomalie **linéarisée** pour la « température » .

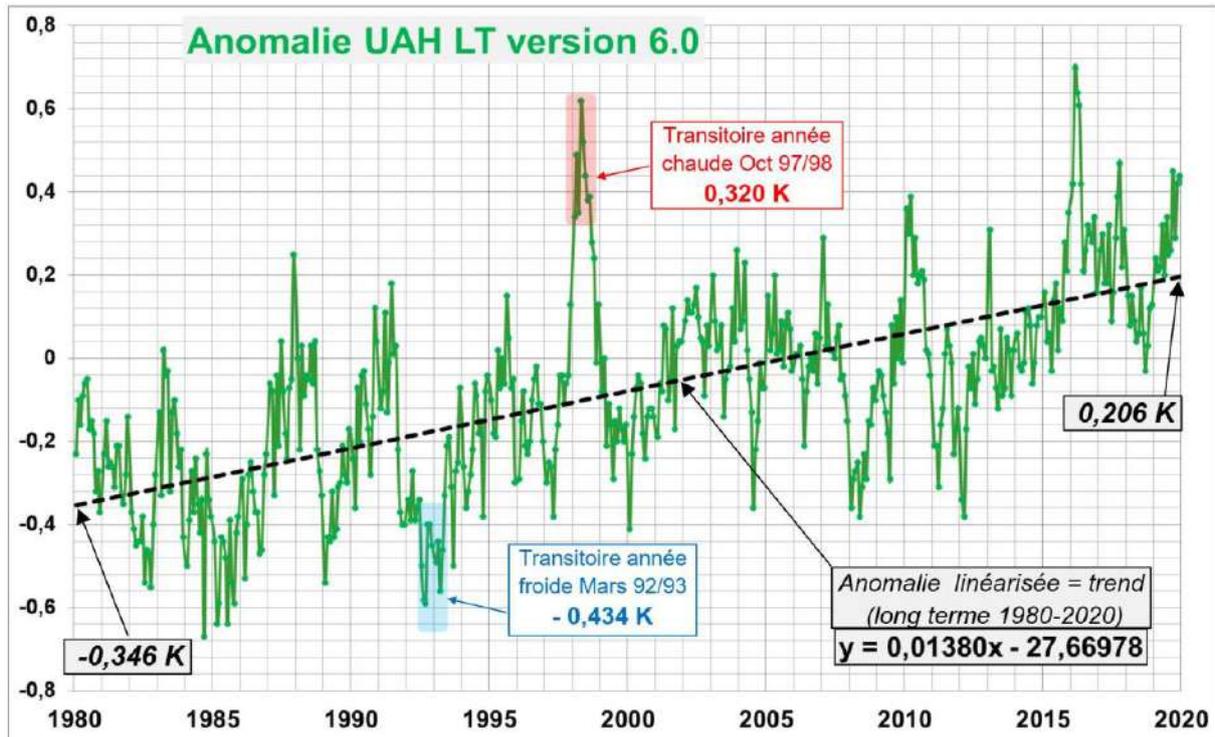


Figure 4 : En vert : Anomalie de température Low Troposphère selon UAH 6.0 ; en noir : trend = linéarisation de l'anomalie (voir ici).

La relation  $\rightarrow$  croissance annuelle globale =  $d[\text{CO}_2] / dt \approx 3,33 * (\text{UAH LT V6.0}) + 2,17$  [4], permet d'estimer :

– vers 1980 (UAH =  $-0,346$  K) la vitesse de croissance globale serait  $\approx 1,02$  ppm/an.

– vers 2020 (UAH =  $+0,206$  K) la vitesse de croissance globale serait  $\approx 2,86$  ppm/an.

En **moyenne** sur 40 ans, la vitesse de croissance globale serait  $\approx (1,02+2,86)/2$  (vitesse **moyenne** 1980-2020 en ppm/an). Lors de ces 40 ans, la concentration du CO<sub>2</sub> atmosphérique devrait alors **théoriquement** évoluer de  $40 * (1,02+2,86)/2 = +77,6$  ppm, à comparer avec les observations globales qui rapportent  $+74,2$  ppm.

Nota : On peut aussi intégrer la relation  $d[\text{CO}_2] / dt \approx 3,33 * (\text{UAH}) + 2,17$  pour obtenir un résultat similaire.

On constate que la relation empirique **permet de prévoir** (à 4% près) l'évolution 'long terme' de la concentration entre 1980 et 2020, à partir des seules données de « température » (UAH LT 6.0).

### 16.4.3 A propos de la relation empirique.

- La relation empirique proposée concerne :

– La croissance sur **12 mois** de la concentration du CO<sub>2</sub> atmosphérique ; il s'agit de la **vitesse** de croissance **globale** moyennée sur 13 observatoires et non de la **vitesse** de croissance observée sur **un** observatoire particulier.

Le calcul de la **vitesse** de croissance sur un observatoire utilise des centaines de mesures individuelles (Absorption IR, précision  $< 0,05\%$ ).

– La « température » utilisée est la **moyenne** pour les **mêmes 12 mois** consécutifs de l'anomalie **globale** de température UAH LT v 6.0. (température de brillance **déduite** de la luminance via satellite, précision < 0,1%).

- Cette relation empirique semble donc être **également** une bonne approximation (écart avec les observations < 4 ppm ou 4%) pour l'évolution globale de **long terme** (trend) du **CO<sub>2</sub> atmosphérique**.  
La relation empirique est élaborée sur 2 **transitoires extrêmes** de 12 mois, pendant lesquels les émissions anthropiques restent **quasi constantes** (fig.2b) → influence anthropique **négligeable**.
- La croissance annuelle correspond au bilan net **sur l'année de tous** les échanges de carbone avec l'atmosphère : la « température » commande donc les **flux** (les échanges de carbone) et **non pas** directement la concentration [CO<sub>2</sub>].  
La croissance annuelle c'est aussi  $d[CO_2] / dt$  avec  $dt = 12$  mois → on peut donc relier la concentration [CO<sub>2</sub>], **non pas** directement avec la « température » mais avec **l'intégrale** des « températures » (l'intégrale du bilan des échanges de carbone), ce qui est le signe d'un enchaînement des causes « température » → [CO<sub>2</sub>].
- On peut aussi écrire : croissance annuelle  $\approx 3,33 * UAH + 2,17 = 3,33 * [(UAH) + 0,65]$ .  
Selon cette relation, **si** l'anomalie UAH passait **durablement** en dessous de **-0,65 K**, alors la croissance annuelle devrait devenir **négative**, c'est-à-dire que **la concentration du CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère devrait baisser**.
- Il est possible d'établir une relation empirique **similaire** en utilisant l'indicateur de température **RSS**.

indicateur AT	Expression empirique	Evolution <i>théorique</i> 1980-2020	Écart observation
<b>UAH LT 6.0</b>	<b>3,33 * [ AT + 0,65 ]</b>	77,6 ppm	3,4 ppm → 4%
<b>RSS TLT 4.0</b>	<b>3,39 * [ AT + 0,40 ]</b>	85 ppm	10,8 ppm → 13%

Figure 5 : Comparaison selon l'indicateur utilisé (AT = anomalie de température) UAH versus RSS.

Pour l'indicateur RSS, l'accord avec les observations est un peu moins bon : la cause pourrait être une légère surestimation de la hausse de « température » 1980/2020 par cet indicateur.

Les interprétations de l'existence de cette **corrélation** et donc d'une relation empirique liant **vitesse** de croissance et « température » seront brièvement discutées dans la dernière partie, qui traitera surtout de la zone la plus chaude de l'océan (West Pacific Warm Pool).

## REFERENCES

### 1. Dioxyde de carbone

Présentation générale [http://gml.noaa.gov/ccl/co2\\_calssystem.html](http://gml.noaa.gov/ccl/co2_calssystem.html)  
 Incertitudes [http://gml.noaa.gov/ccl/ccl\\_uncertainties.html](http://gml.noaa.gov/ccl/ccl_uncertainties.html)  
 Concentrations selon NOAA/ESRL : <https://www.gml.noaa.gov/dv/site/?program=ccgg>  
 Concentrations selon Scripps : [https://scrippsco2.ucsd.edu/data/atmospheric\\_co2/sampling\\_stations.html](https://scrippsco2.ucsd.edu/data/atmospheric_co2/sampling_stations.html)

World Data Center Greenhouse : <https://gaw.kishou.go.jp/search>  
Emissions anthropiques : <https://www.icos-cp.eu/science-and-impact/global-carbon-budget/2020>

### 2. Températures, ENSO

UAH : [https://www.nsstc.uah.edu/data/msu/v6.0/tlt/uahncdc\\_lt\\_6.0.txt](https://www.nsstc.uah.edu/data/msu/v6.0/tlt/uahncdc_lt_6.0.txt)  
RSS : [https://images.remss.com/msu/graphics/TLT\\_v40/time\\_series/RSS\\_TS\\_channel\\_TLT\\_Global\\_Land\\_And\\_Sea\\_v04\\_0.txt](https://images.remss.com/msu/graphics/TLT_v40/time_series/RSS_TS_channel_TLT_Global_Land_And_Sea_v04_0.txt)  
Température moyenne océan : <https://svs.gsfc.nasa.gov/3652>  
Indice ENSO Multivarié : <https://psl.noaa.gov/enso/mei/>

### 3. Estimations de la sensibilité a (croissance annuelle/variation de température)

Selon Jeffrey Park, en utilisant SST intertropical, a est compris entre **2 et 3** ([ici](#))

Selon C. Veyres a = **2,9** en utilisant SST intertropical UAH ([ici page 5](#) ou bien [là figure 2](#))  
Selon Wang, Ciais et al, en utilisant la température Land intertropical, a serait compris entre **2,9 et 4,1** ([ici](#))  
Selon F. Gervais a = **3,5** (UAH et MLO en page 31 dans « L'innocence du carbone »)

### 4. Annexes

Carte 2 hémisphères : <https://www.worldatlas.com/r/w960-q80/upload/ce/d4/a0/artboard-2.png>  
Le tableur « [Treize observatoires.xls](#) » rapporte les données d'observations  
Le tableur « [UAH Profils Croissances.xls](#) » met en forme les observations

## [17. CO<sub>2</sub> atmosphérique \(3/3\)](#)

Mis en ligne SCE : 03.02.2023

### 17. Influence des zones chaudes océaniques

La partie **1/3** de l'article a présenté la légère différence de concentration du CO<sub>2</sub> atmosphérique entre hémisphères Nord et Sud. La partie **2/3**, à partir d'une **corrélation** entre 1980 et 2020 et en exploitant les données de concentration de 13 observatoires, a proposé une **relation empirique** reliant **vitesse** de croissance **globale** du CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère [1] et 'température' (anomalie de température UAH) [2].

Cette partie 3/3 décrit brièvement deux des interprétations possibles pour cette **corrélation**. Un éclairage partiel est apporté grâce aux données de concentration disponibles pour la vaste **zone chaude océanique** « **West Pacific Warm Pool** ».

La concentration du CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère, notée [CO<sub>2</sub>], s'exprime en ppm (1 ppm = 0,0001 %). Sa variation au cours du temps, notée d[CO<sub>2</sub>]/dt, correspond à sa vitesse de croissance. Afin de s'abstraire des influences saisonnières, cette vitesse est évaluée avec dt = 12 mois, elle est désignée dans l'article par croissance annuelle (ppm/an), tandis que 'température' correspond à l'indicateur **UAH LT 6.0**.

La **grande variabilité 1980/2020** de la croissance annuelle du CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère **démontre** que les flux de carbone entrant/sortant de l'atmosphère **ne sont pas constants**. En effet, la croissance annuelle correspond au bilan **net** sur l'année de **tous** les flux : flux naturels entrants/sortants et flux anthropique (voir fig. 2).

Entre année froide 92/93 et année chaude 97/98, la croissance annuelle **globale** passe de 0,73 ppm/an à 3,24 ppm/an, soit un écart **+2,51 ppm/an** (2/3 fig.3b), tandis que les émissions anthropiques présentent un écart de **+ 0,24 ppm/an** (2/3 fig.2b) → l'influence anthropique est donc faible (< 10%) pour ces 2 transitoires. Plus généralement, sur la **totalité** de l'intervalle 1980-2020, y a-t-il quasi-absence de corrélation entre croissance annuelle et émissions anthropiques pour les changements **transitoires** ?

### 17.1. Les changements transitoires sont principalement naturels

Pour examiner cette corrélation entre changements **transitoires**, on doit **enlever** les tendances de long terme = trend.

Sur la corrélation de séries temporelles 'detrended', le lecteur peut consulter [cet article](#). Le lecteur peut aussi examiner le travail très complet ([Munshi 2017](#)), réalisé à partir des données MLO ([ici fig.5](#)) mais aussi à partir de prélèvements (flask) sur l'**ensemble** du globe ([ici fig.12](#)) [3].

La figure ci-dessous présente les 3 étapes qui permettent d'établir la quasi-absence de corrélation entre changements **transitoires** (émissions anthropiques versus croissance annuelle du CO<sub>2</sub> atmosphérique).

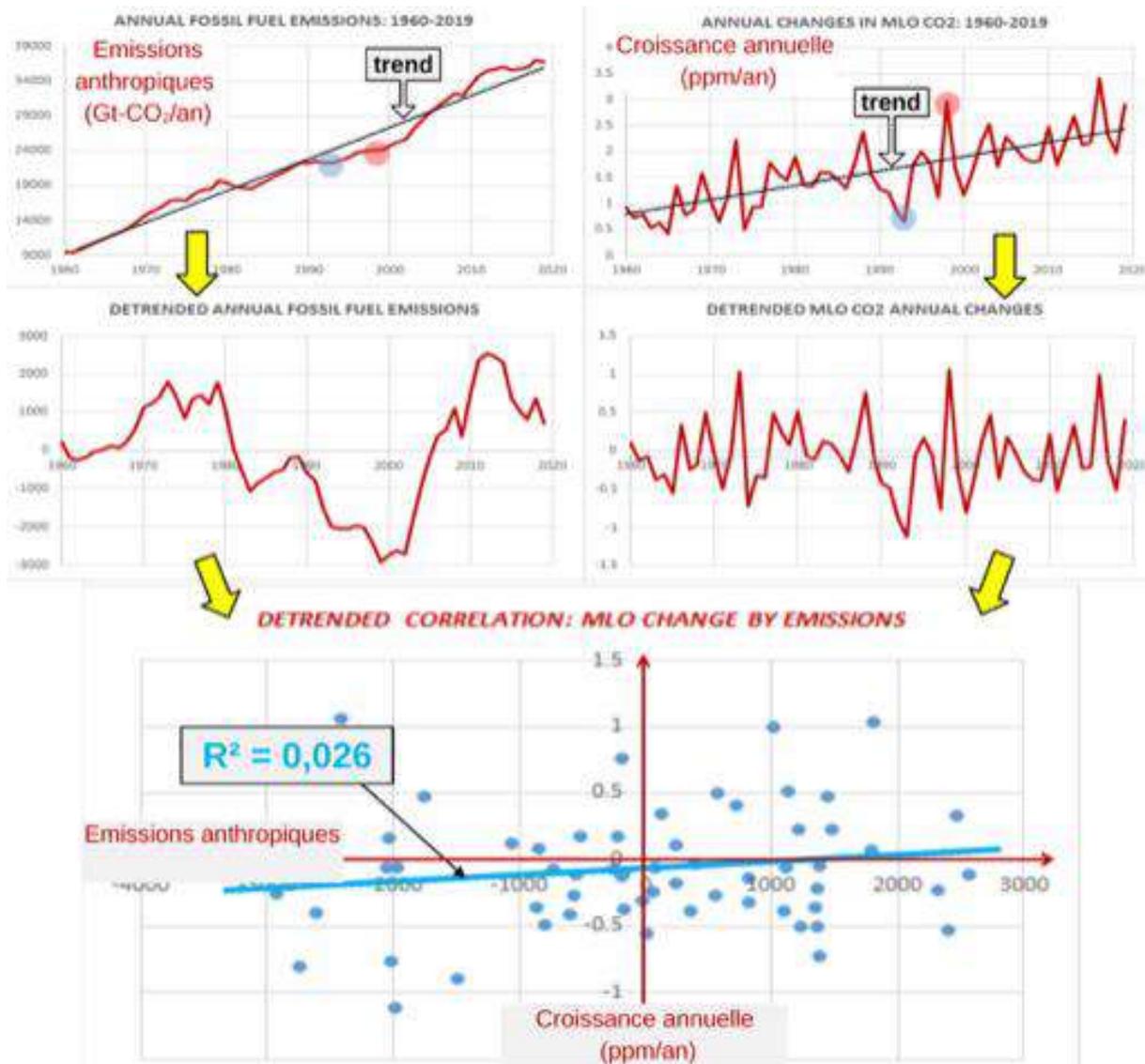


Figure 1 : En haut, émissions anthropiques et croissance annuelle MLO (en rouge) ; trend = tendance long terme (en noir). Les disques bleus et rouges signalent la position des 2 séquences froide et chaude qui ont permis d'établir la relation empirique (voir 2/3). Au milieu, émissions anthropiques et croissance annuelle **après** soustraction des tendances de long terme (trend). En bas, croissance annuelle versus émissions anthropiques →  $R^2 = 0,026$  → pas de corrélation (figures d'après Munshi 2020).

Au contraire, après soustraction des tendances de long terme, il persiste encore une corrélation entre **'température'** et croissance annuelle (ici). En résumé, **après soustraction** des tendances de long terme, il y a bien corrélation entre **'température'** et **vitesse** de croissance mais **pas** entre **émissions anthropiques** et **vitesse** de croissance.

Pour les tendances de **long terme**, la figure 1 ne permet pas d'exclure un lien éventuel entre vitesse de croissance et émissions anthropiques. Toutefois, on parvient à retrouver l'évolution 1980/2020 de la concentration ( $\approx +74$  ppm) à partir de la relation empirique élaborée sur 2 **transitoires** (2/3 § 4.2). Ceci indique que la tendance de long terme dépend **principalement** des flux **naturels**.

## 17.2. Les interprétations sont multiples et hasardeuses

Entre 1980 et 2020, la **corrélation** entre vitesse de croissance et 'température' semble donc surtout la conséquence de changements dans les flux **naturels**. De façon schématique, ces flux naturels

correspondraient essentiellement (**pour les 40 ans entre 1980 et 2020**) aux échanges de carbone (à travers l'atmosphère) entre 2 compartiments : Hydrosphère et Biosphère.

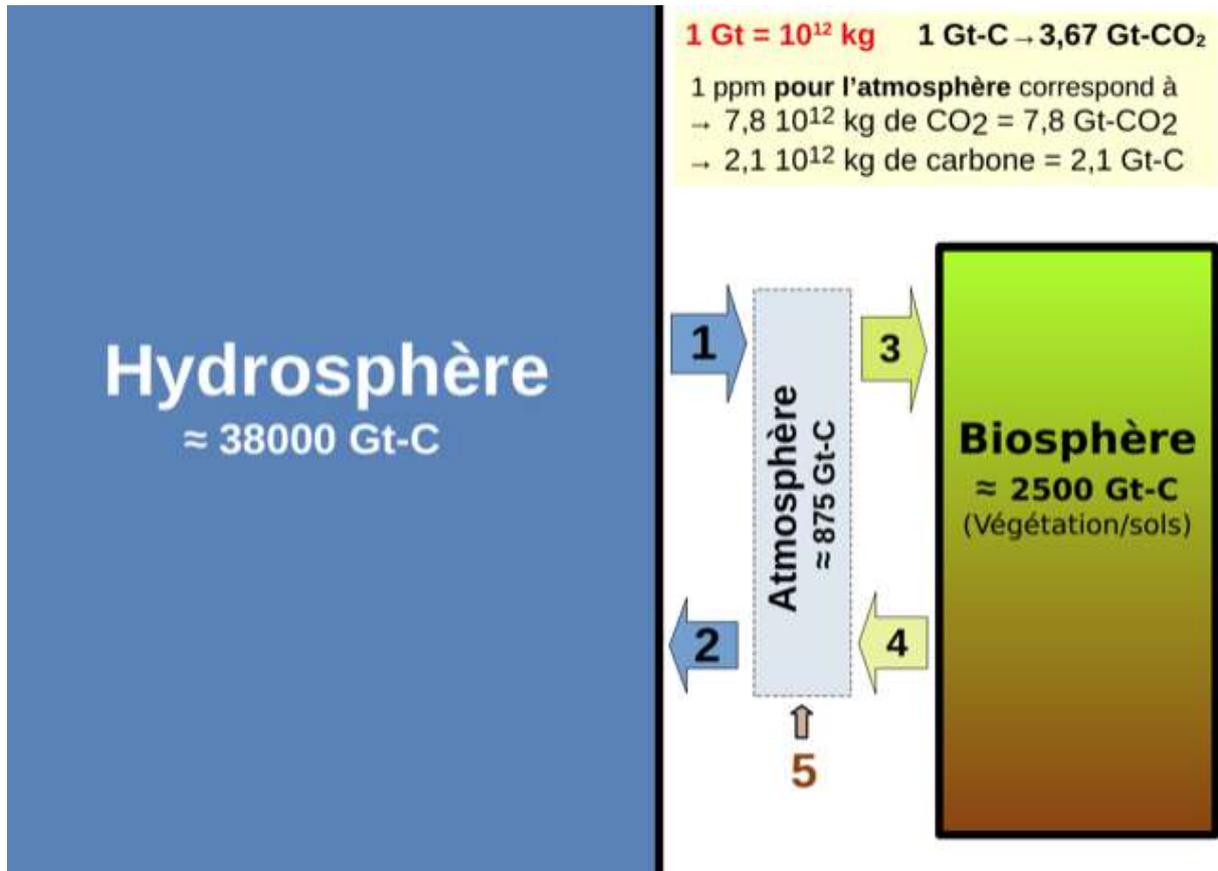


Figure 2 : Les compartiments Hydrosphère et Biosphère échangent du carbone à travers l'atmosphère grâce aux flux naturels 1,2,3,4. Le flux 5 désigne les émissions anthropiques, ce flux 5 serait de l'ordre de 3 % à 10 % des flux naturels (1+4) qui entrent dans l'atmosphère. Entre l'année froide 92/93 et l'année chaude 97/98, le flux 5 augmente de +0,24 ppm/an contre +2,51 ppm/an pour le **bilan net** des 5 flux (1+4+5-3-2).

Tous les flux naturels 1,2,3,4 sont susceptibles d'être influencés par la 'température', mais **certains** peuvent-ils avoir une influence prépondérante dans cette **corrélation** ?

**Parmi** les multiples interprétations possibles, les paragraphes suivants décrivent deux interprétations courantes, selon que l'on privilégie l'influence des flux **Biosphère** (3 et 4) ou bien celle des flux **Hydrosphère** (1 et 2).

### 17.2.1 Interprétation 'Biosphère'

Les organisations **liées à l'ONU** (OMM/WMO, GIEC/IPCC) privilégient l'interprétation suivante :

**a)** Les variations **transitoires** de la **vitesse de croissance** seraient influencées par l'**indice ENSO** [2] plutôt que par la température, même si les deux sont souvent liés. (AR6 § 5.212 «... show a **close relationship** with the El Niño–Southern Oscillation (ENSO) cycle » voir Fig.5.6b).

**b)** Ces variations transitoires seraient **principalement** la conséquence des variations des flux 3 et 4 (Biosphère / Atmosphère). (AR6 § 5.212 « ...with large interannual and sub-decadal variability **dominated** by the **land sinks** » voir Fig.5.11). La justification est la suivante : les phénomènes ENSO (El Niño/La Niña) modifieraient fortement la pluviosité et donc les flux Biosphère.

Cette justification se base surtout sur des **modélisations** qui seraient capables d'estimer les flux naturels avec une précision suffisante [3].

c) L'évolution de **long terme** 1980/2020 (trend CO<sub>2</sub> atmosphérique) serait **exclusivement** causée par les émissions anthropiques. L'influence ENSO/température sur les flux naturels ne s'exercerait **que** sur les transitoires mais **pas** sur la tendance de long terme.

### 17.2.2 Interprétation 'Hydrosphère'

a) Cette interprétation admet la corrélation entre **vitesse de croissance** du CO<sub>2</sub> atmosphérique et **'température'** [2].

b) Cette corrélation serait **principalement** la conséquence de l'influence de la 'température' sur les flux 1 et 2 (Hydrosphère / Atmosphère). La justification est la suivante : lors d'un **transitoire**, les variations des flux Biosphère/Atmosphère (3 et 4) se **compenseraient** largement.

En revanche, les variations **transitoires** des flux Hydrosphère/Atmosphère (1 et 2) **nes'**équilibreraient **pas** car la physico-chimie des carbonates marins [4] implique une **plus forte** sensibilité au-dessus de 20°C (flux 1 → zones chaudes qui **dégazent**) qu'au- dessous de 10°C (flux 2 → zones froides qui **absorbent**).

c) L'évolution de **long terme** 1980/2020 (trend CO<sub>2</sub> atmosphérique) serait **principalement** causée par les flux **naturels** (essentiellement le flux 1 = dégazage océanique).

### 17.2.3 The science is settled ?

- Les interprétations présentées ci-dessus **ne sont pas** les seules à envisager, pour la **corrélacion** observée depuis 40 ans entre vitesse de croissance et 'température'.
- La représentation des flux naturels (fig. 2) comme étant essentiellement issus de **2**compartiments (Hydrosphère, Biosphère) est très schématique, même pour l'intervalle 1980/2020.
- Les grandes incertitudes sur les flux naturels (**ici** ou **là**) ne permettent pas de déterminer si certains sont dominants pour la **corrélacion**. Ces incertitudes rendent donc hasardeuse toute interprétation.

On peut néanmoins apporter un **éclairage partiel** en examinant les zones chaudes océaniques : peuvent-elles avoir une influence significative ?

## 17.3. A la recherche de l'influence des zones chaudes océaniques

### 17.3.1 Observations versus 'settled science'

- Le scientifique optimiste, qui pense avoir bien compris un phénomène, aura tendance à privilégier sa modélisation.  
Le scientifique moins optimiste se contentera d'une approche empirique basée sur les **observations** disponibles, et il privilégiera les observations **directes** les plus **fiabiles**.

- A défaut de modéliser, on propose de **comparer les observations** issues de 2 regroupements :

– Un premier groupe de 13 observatoires, initialement utilisés dans les parties 1/3 et 2/3 de l'article.

– Un second groupe comprenant 17 observatoires : 8 sont communs avec le premier groupe et 9 autres sont représentatifs d'une **zone chaude océanique**. La zone chaude sera la « **West Pacific Warm Pool** », pour laquelle on dispose de prélèvements (**air samples in flasks**) effectués à partir de navires (Pacific Observatory Cruise = POC) [5].

### 17.3.2 Les deux groupes d'observatoires

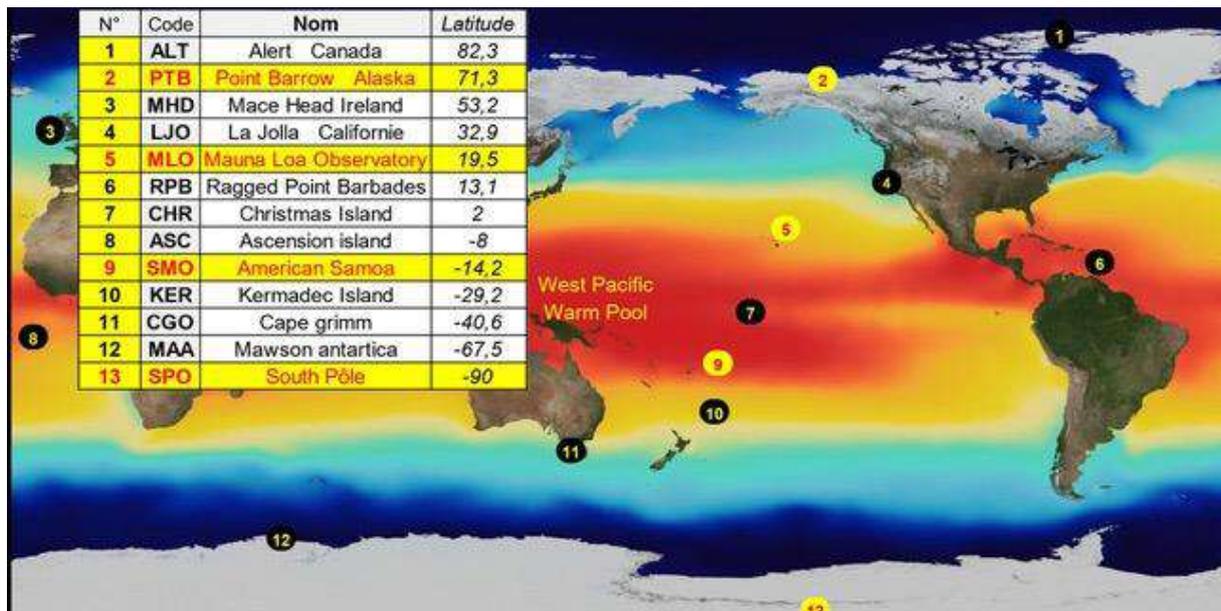


Figure 3a : Le groupe initial de 13 observatoires, comprenant les 4 observatoires de référence de la NOAA (fond jaune). On remarque que les cinq observatoires numérotés 5 à 9 sont **extérieurs** à la zone chaude océanique « West Pacific Warm Pool ».

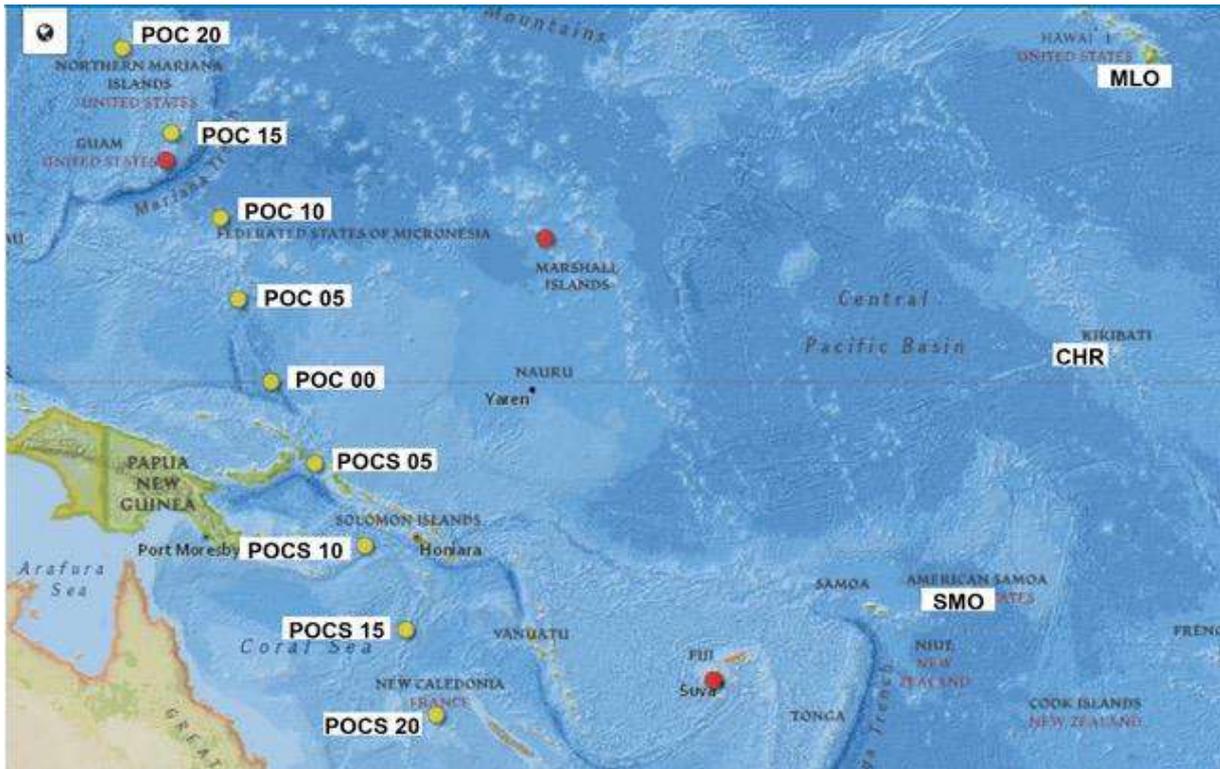


Figure 3b : On remplace 5 des observatoires de la figure 3a par 9 sites (points jaunes) POC = Pacific Observatory Cruise, afin de caractériser la zone chaude océanique « West Pacific Warm Pool ».

#### 17.4. Comparaison des profils concentration/latitude

Afin de faciliter la lecture, il est préférable d'avoir pris connaissance du paragraphe 2 du 1/3.

Pour le groupe de 17 observatoires, on rapporte la concentration moyenne sur 12 mois consécutifs lors de 3 années (froide/normale/chaude).

LE CO<sub>2</sub> ATMOSPHERIQUE

N°	Code	Nom	Latitude	[CO <sub>2</sub> ] moyenne 12 mois (ppm)			
				Mars 92/93	1995	Oct 97/98	
1	1	ALT	Alert Canada	82,3	357,7	361,7	366,5
2	2	PTB	Point Barrow Alaska	71,3	357,9	362,2	366,7
3	3	MHD	Mace Head Ireland	53,2	356,4	361,2	366,5
4	4	LJO	La Jolla Californie	32,9	356,8	361,1	365,8
5		POC20	Western Pacific Cruise	20	357,3	361,4	365,9
6		POC15	Western Pacific Cruise	15	357,3	361,1	366,7
7		POC10	Western Pacific Cruise	10	357,4	361,4	366,5
8		POC05	Western Pacific Cruise	5	357,2	361,3	366,3
9		POC00	Western Pacific Cruise	0	356,9	361,2	366,1
10		POCS05	Western Pacific Cruise	-5	356,8	360,8	365,6
11		POCS10	Western Pacific Cruise	-10	356,2	360,7	364,9
12		POCS15	Western Pacific Cruise	-15	355,9	360	364,3
13		POCS20	Western Pacific Cruise	-20	355,3	359,7	364,2
14	10	KER	Kermadec Island	-29,2	354,9	359,1	363,8
15	11	CGO	Cape Grimm	-40,6	354,1	358,4	363,2
16	12	MAA	Mawson antarctica	-67,5	354,2	358,2	363
17	13	SPO	South Pôle	-90	354,5	358,3	363
<b>Moyennes</b>					<b>356,3</b>	<b>360,5</b>	<b>365,2</b>

Figure 4a : Concentrations (moyenne 12 mois) du CO<sub>2</sub> atmosphérique (ici) lors d'une année froide (en bleu), normale (en vert), chaude (en rouge). Il manque parfois quelques mois de données (moyennes sous fond blanc, la marge d'erreur estimée est ± 0,2 ppm) [5].

On trace le profil concentration/latitude, c'est-à-dire l'écart de concentration de chacun des 17 observatoires avec la **moyenne** sur les 17 observatoires, lors de **chacune** des 3 années. Ce profil est comparé à celui du groupe initial de 13 observatoires.

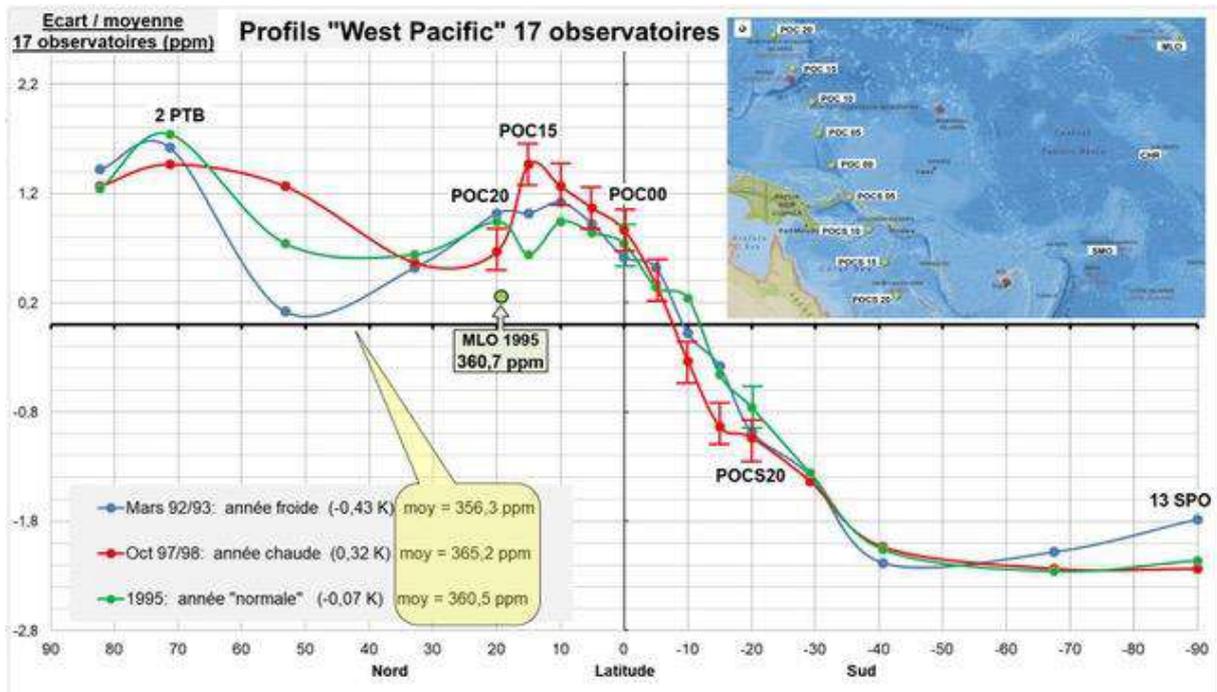


Figure 4b : Profil concentration/latitude des 17 observatoires dont 9 sites « West Pacific » [5]. Pour **comparaison**, on figure le point correspondant à la concentration (360,7 ppm) mesurée à MLO en 1995 = année normale.

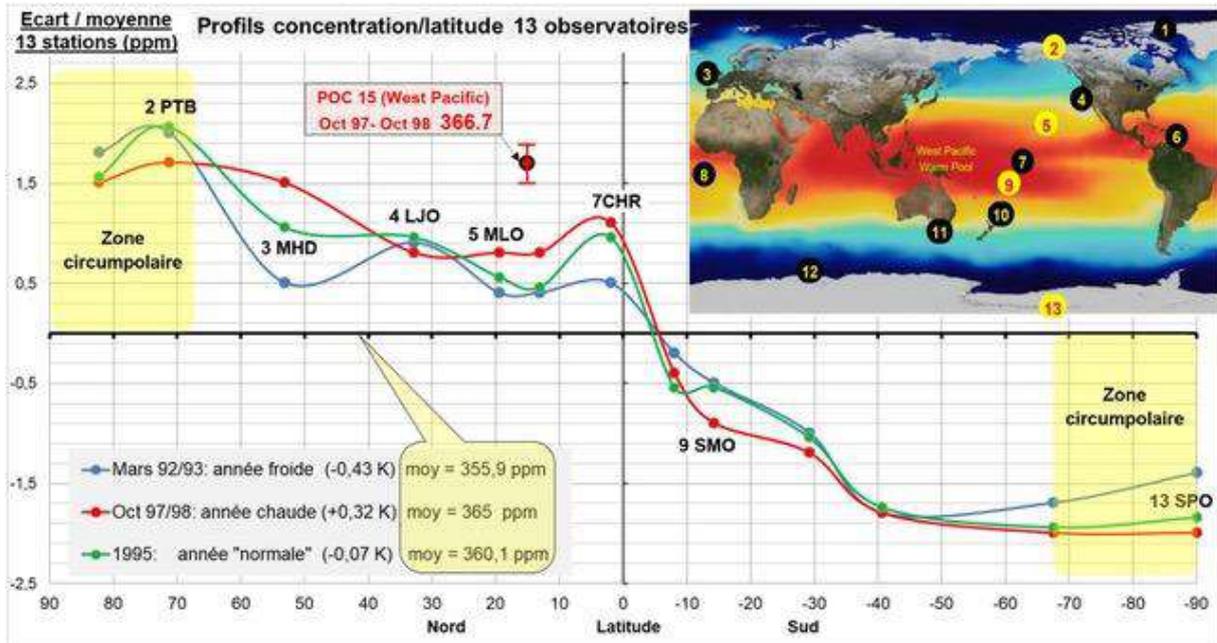


Figure 4c : Profil concentration/latitude du groupe des 13 observatoires *initiaux* (1/3 fig.4). Pour *comparaison*, on figure le point correspondant à POC15 (366,7 ppm) lors de l'année chaude 1997/1998.

### Remarques

- L'ordonnée 0 n'est pas la même pour les figures 4b et 4c car les moyennes sont différentes (13 observatoires versus 17 observatoires).
- La moyenne, pour **chacune** des 3 années est **plus élevée** pour le groupe des 17 observatoires que pour le groupe des 13 observatoires initiaux. Les 9 sites « West Pacific » remplaçant 5 des 13 observatoires initiaux caractérisent donc probablement une **forte émission** de CO<sub>2</sub> dans cette zone océanique.
- Pour l'hémisphère **Nord**, le profil « West Pacific » (Fig. 4b) suggère deux zones émissives nettes de CO<sub>2</sub> : autour de 60°N – 80°N et autour de 0°N – 30°N.

### 17.5. Comparaison des croissances annuelles

*Afin de faciliter la lecture, il est préférable d'avoir pris connaissance du paragraphe 3 du 2/3.*

Le tableau ci-dessous rapporte les croissances annuelles (**vitesse** de croissance) lors d'une année froide et lors d'une année chaude.

					Delta 12 mois (ppm/an)	
N°	Code	Nom	Latitude	Mars 92/93	Oct 97/98	
1	1	ALT	Alert Canada	82,3	-0,09	3,97
2	2	PTB	Point Barrow Alaska	71,3	0,52	3,71
3	3	MHD	Mace Head Ireland	53,2	0,62	3,30
4	4	LJO	La Jolla Californie	32,9	0,68	3,90
5		POC20	Western Pacific Cruise	20	-0,07	4,22
6		POC15	Western Pacific Cruise	15	0,35	4,56
7		POC10	Western Pacific Cruise	10	0,46	4,19
8		POC05	Western Pacific Cruise	5	0,21	4,32
9		POC00	Western Pacific Cruise	0	1,02	3,87
10		POCS05	Western Pacific Cruise	-5	0,71	2,69
11		POCS10	Western Pacific Cruise	-10	0,99	2,87
12		POCS15	Western Pacific Cruise	-15	0,77	2,90
13		POCS20	Western Pacific Cruise	-20	0,79	3,38
14	10	KER	Kermadec Island	-29,2	0,91	2,73
15	11	CGO	Cape Grimm	-40,6	1,07	2,90
16	12	MAA	Mawson antarctica	-67,5	1,52	2,42
17	13	SPO	South Pôle	-90	1,024	3,027
Moyenne 17 observatoires					0,68	3,47
Croissance moyenne decennie 1990					1,6	

Figure 5a : Croissances annuelles (Delta 12 mois) pour une année froide (fond bleu) et chaude (fond rouge) [5]. La vitesse de croissance globale (= moyenne 17 observatoires) est 0,68 ppm/an pour l'année froide contre 3,47 ppm/an pour l'année chaude.

Le tableau de la figure 5a permet de représenter la croissance annuelle en fonction de la latitude pour le groupe 17 observatoires et de comparer avec le groupe 13 observatoires.

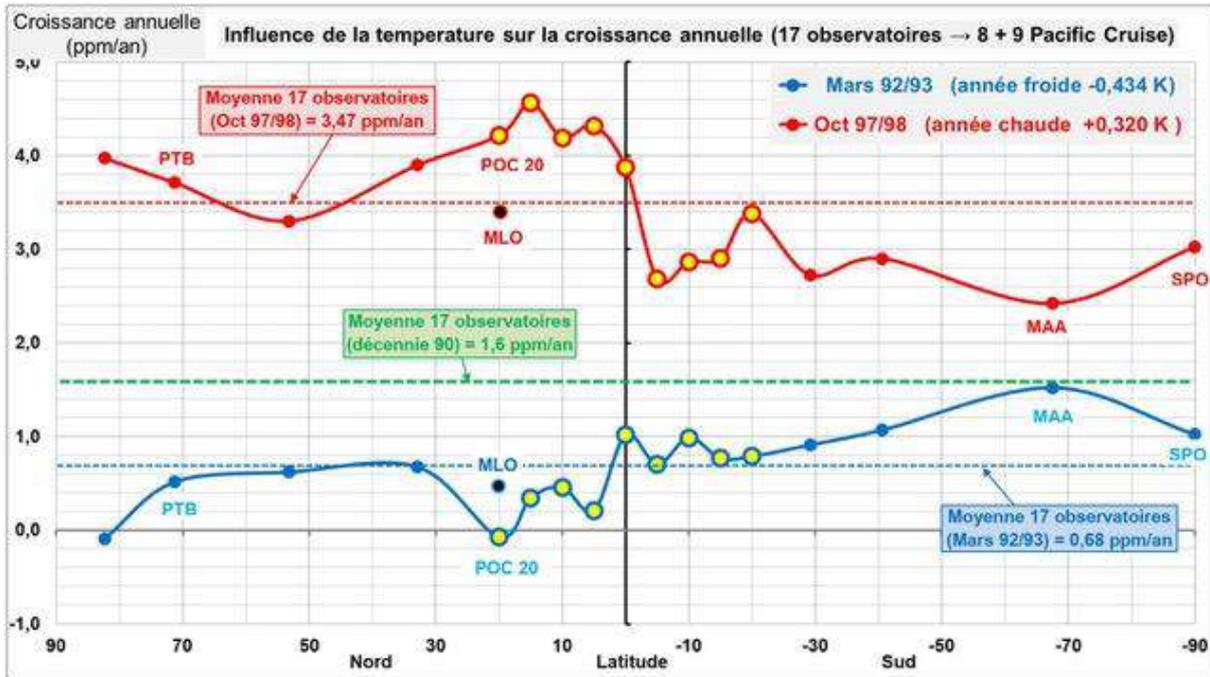


Figure 5b : Croissances selon la latitude lors d'une année froide (en bleu) et chaude (en rouge) pour 17 observatoires[5]. Pour **comparaison**, on figure les 2 points (année chaude / froide) correspondant à la croissance annuelle mesurée à MLO.

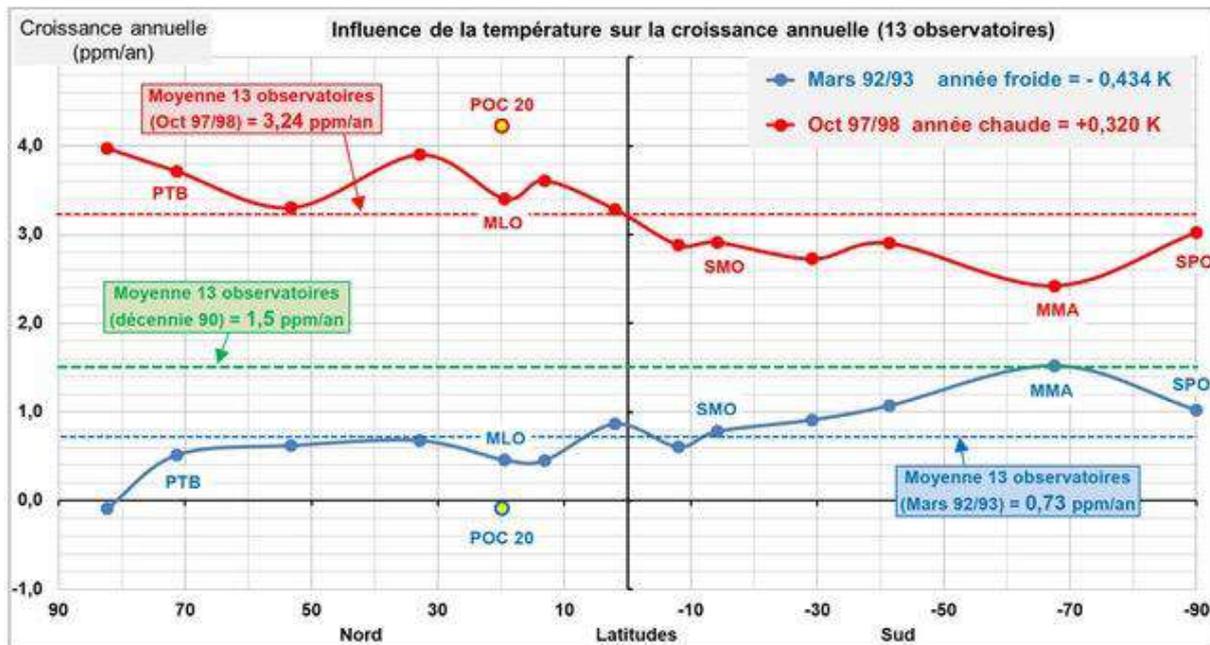


Figure 5c : Croissances selon la latitude lors d'une année froide (en bleu) et chaude (en rouge) pour les 13 observatoires initiaux (fig.3c 2/3). Pour **comparaison**, on figure les 2 points (année chaude / froide) correspondant à la croissance annuelle mesurée à POC 20.

**Remarques**

- La vitesse de croissance dans un observatoire est **peu influencée** par la 'température' si ses 2 points représentatifs (année chaude/froide) sont **proches de la ligne pointillée verte** (exemple MAA). Elle est très sensible à la température dans le cas contraire (exemple POC20).

- Dans la zone West Pacific (points jaunes fig.5b), les variations rapides avec la latitude sont peut-être un indice du caractère **très local** du dégazage.
- En comparant les croissances annuelles **moyennes** du groupe 13 observatoires versus le groupe 17 observatoires, on en déduit que les 9 sites « West Pacific » sont **plus sensibles** à une hausse de « température » (3,47 ppm/an vs 3,24 ppm/an) comme à une baisse de 'température' (0,68 ppm/an vs 0,73 ppm/an).
- La vaste zone océanique « **West Pacific Warm Pool** », lors d'un **transitoire** chaud ou d'un **transitoire** froid, doit donc être particulièrement réactive. On peut voir là un argument (basé sur l'**observation** et non sur la modélisation) en faveur d'une influence significative des zones chaudes océaniques dans la **corrélation** vitesse de croissance/température.

### 17.6. Conclusions communes 1/3, 2/3, 3/3.

Les conclusions ci-après sont **basées sur les mesures modernes** 1980/2020, à savoir :

- [CO<sub>2</sub>] → différence d'absorption IR (infra-rouge) avec un étalon (**précision**  $\approx \pm 0,05\%$ ) [1].
- 'température' = **indicateur UAH LT 6.0** → température de brillance déduite de la luminance via observations satellites (précision  $< 0,1\%$ ) [2].

1. Les mesures modernes montrent sur **plus de 40 ans** une **corrélation** entre 'température' et **d[CO<sub>2</sub>]/dt**. *A contrario*, les **archives glaciaires** avaient imposé l'idée d'une corrélation entre 'température' et [CO<sub>2</sub>] : une interprétation favorisée par la **faible résolution temporelle** des archives glaciaires.
2. Les changements **transitoires** des émissions anthropiques versus **vitesse de croissance** du CO<sub>2</sub> atmosphérique **ne sont pas** corrélés. En revanche, les changements **transitoires** de 'température' versus **vitesse** de croissance du CO<sub>2</sub> atmosphérique sont **corrélés**.
3. Il existe une **faible différence Nord/Sud** pour la concentration du CO<sub>2</sub> atmosphérique : en 2020, [CO<sub>2</sub>] à Point Barrow en Alaska est  $\approx 1,3\%$  plus élevée qu'au pôle Sud. Cette différence **augmente entre 1980 et 2020**, mais cette augmentation est **2,5 fois moindre** que celle des émissions anthropiques.
4. La 'température' influence fortement la **vitesse de croissance** du CO<sub>2</sub> atmosphérique par l'intermédiaire des flux **naturels**. Cette **influence** est **plus grande au Nord** qu'au Sud, ce qui constitue une explication partielle de la différence de concentration Nord/Sud.
5. Les **zones chaudes de l'océan** semblent émettrices nettes de CO<sub>2</sub> vers l'atmosphère. Dans ces zones chaudes, la vitesse de croissance de [CO<sub>2</sub>] est **très fortement** influencée par la 'température'. Pour ces 2 observations, la **physico-chimie** des carbonates marins et la **loi de Henry** [4] peuvent constituer une base d'explication.
6. Les flux naturels restent **très mal connus** : la prudence est donc de mise pour interpréter la **corrélation** vitesse de croissance vs 'température'. En effet, les flux Biosphère (végétation, microorganismes dans les sols) semblent aussi influencés par la 'température', ainsi que le suggèrent les fortes **variations saisonnières** de la concentration dans l'**hémisphère Nord**.
7. La relation empirique croissance annuelle globale =  $d[CO_2]/dt \approx 3,33 * [(UAH LT 6.0) + 0,65]$  est élaborée avec les données de **13 observatoires**, lors de **2 transitoires** pendant lesquels les émissions anthropiques sont **presque constantes**. Cette même relation permet **aussi** d'estimer (à 4 % près) l'**évolution 1980/2020** de la concentration **globale** du CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère. Un **résultat similaire** existe avec l'indicateur de température RSS TLT 4.0.
8. L'**évolution 1980/2020** de la concentration globale du CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère semble donc **principalement** causée par les flux **naturels**, sous l'influence de la 'température'. Ce résultat **contredit l'hypothèse** des organisations liées à l'ONU (**OMM/WMO, GIEC/IPCC**)

selon laquelle les émissions anthropiques seraient la cause des évolutions du CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère.

*Les conclusions concernent les 40 ans de mesures modernes 1980/2020.*

*L'utilisation de valeurs **globales** ('température' et croissance annuelle) n'est pas idéalement adaptée pour des phénomènes essentiellement **locaux**.*

## REFERENCES

### 1 Dioxyde de carbone

Concentrations selon NOAA/ESRL

Concentrations selon Scripps CO<sub>2</sub> program

Concentrations selon cdiac

Emissions anthropiques selon Global Carbon Budget

Données [CO<sub>2</sub>], issues de prélèvements (flask) pour 90 sites

### 2 Températures, ENSO

Anomalie de température UAH 6 : [https://www.nsstc.uah.edu/data/msu/v6.0/tlt/uahncdc\\_lt\\_6.0.txt](https://www.nsstc.uah.edu/data/msu/v6.0/tlt/uahncdc_lt_6.0.txt)

Température moyenne océan : <https://svs.gsfc.nasa.gov/3652>

Indice ENSO Multivarié : <https://psl.noaa.gov/enso/mei/>

### 3 Articles connexes

Jamal Munshi 2017 : Responsiveness of Atmospheric CO<sub>2</sub> to Fossil Fuel Emissions Updated Temps Cause CO<sub>2</sub> Changes, Not the Reverse.

Le cycle du carbone selon l'AR6 du GIEC : au diable les incertitudes!

La géologie, la température et le CO<sub>2</sub>

L'augmentation récente du taux de CO<sub>2</sub> atmosphérique est-elle exceptionnelle ?

Quelques contre-vérité géologiques et historiques concernant le CO<sub>2</sub> atmosphérique

Soleil, température et CO<sub>2</sub>

AR6 chapitre 5

### 4 Physico-chimie des carbonates marins

Follows, Ito, Dutkiewicz 2005 : On the solution of the carbonate chemistry system in ocean biogeochemistry models

Calculatrice pCO<sub>2</sub> : <https://biocycle.atmos.colostate.edu/shiny/carbonate/>

Loi de Henry : [https://fr.wikipedia.org/wiki/Loi\\_de\\_Henry](https://fr.wikipedia.org/wiki/Loi_de_Henry)

### 5 Annexes

Le fichier POC.zip fournit les 9 séries de données originales pour la zone West Pacific (consulter également [Readme surface flask](#)).

Les tableurs « Treize observatoires.xls » et « Neuf observatoires West Pacific.xls » traitent les données d'observations;

Le tableur « UAH\_Profils\_Croissances .xls » met en forme les observations des 13 observatoires.

## [18. Pourquoi l'effet du CO<sub>2</sub> sur le climat est exclu par la physique](#)

Mis en ligne SCE : 17.02.2013

## INTRODUCTION

**Cette présentation (pdf)** est une version complètement revue et élargie « v2 » d'un article au titre identique qui avait été publié [sur SCE en décembre 2020](#). Cet article, ainsi [qu'un article](#) concomitant

du Professeur Georges Geuskens, avait suscité un nombre très important de commentaires et de questions, montrant combien la question du lien encore hypothétique entre teneur de l'atmosphère en CO<sub>2</sub> et climat reste une question ouverte, quoiqu'en disent les plus éminents représentants de l'ONU quand ils affirment « détenir la Science » (sic) et avoir ainsi le monopole de la Vérité.

Cette nouvelle version est organisée en 4 parties:

1. la description succincte de quelques concepts élémentaires, dont celui de l'effet de serre ;
2. une présentation nécessairement simplifiée, mais aussi objective que possible de la théorie (contenue dans les milliers de pages des rapports AR5 et AR6 du WG1 du GIEC) sur laquelle ce dernier prétend l'existence d'un « consensus » ;
3. une analyse très synthétique de 3 phénomènes naturels influençant les températures de la troposphère, à savoir le transfert de chaleur vertical dans l'atmosphère, l'énergie corpusculaire en provenance du Soleil et l'inertie thermique des océans et des glaces permanentes.
4. une discussion du contenu et enfin des conclusions relatives aussi bien à notre environnement qu'à notre mode de vie.

Une des questions qui restent sans réponse est celle de la raison pour laquelle un débat ouvert sur le rôle du CO<sub>2</sub> sur le climat n'est apparemment pas possible au sein de la communauté scientifique belge. Un tel débat est pourtant absolument indispensable au moment où les gouvernements mettent en place des politiques coercitives au nom d'une transition énergétique à marche forcée socialement et économiquement irresponsable : les objectifs de l'UE en 2030 et 2050 reviennent en effet à ramener les émissions de la Belgique aux niveaux respectifs de 1900 et 1850, pour une population qui aura triplé depuis.

## [19. Dérivée du CO<sub>2</sub> et anomalie de température](#)

Mis en ligne SCE : 24.03.2023

Plusieurs auteurs ont trouvé une corrélation entre la dérivée du CO<sub>2</sub> par rapport au temps et l'anomalie de température. Par exemple [Wang 2019](#), [Hocker 2020](#), [Shiers 2014](#). Cette dernière analyse a été récemment mise à jour: [Clutz 2023](#). Sur le site de [science-climat-energie](#), en décembre 2022, JC Maurin a décrit des résultats analogues dans son analyse de l'influence de la «température» sur la vitesse de croissance du CO<sub>2</sub> atmosphérique. Voir [Maurin 2022](#). L'analyse de Hocker a été réfutée sur [skepticalscience](#), mais avec une argumentation peu convaincante.

Cette modélisation produit des résultats incohérents. A température constante, le CO<sub>2</sub> peut augmenter ou diminuer indéfiniment.

Si l'on effectue ce genre d'analyse avec une longue série de température dont la droite de tendance a une pente constante dans le temps, on obtient une évolution quasi-parabolique du CO<sub>2</sub> en fonction du temps qui ne dépend pas de la pente de la droite de tendance de la série de température. **On peut par exemple reconstituer la même évolution du CO<sub>2</sub> avec deux relevés de température ayant des tendances linéaires complètement différentes.** Si l'on remonte dans le passé, le CO<sub>2</sub> diminue avant de remonter indéfiniment, quelle que soit la pente de la droite de température, qu'elle soit positive ou négative.

En réalité, cette modélisation est une corrélation fallacieuse dans laquelle la dérivée du CO<sub>2</sub> ne dépend pas de la température mais du temps. Il n'y a donc aucun modèle physique sous-jacent, il ne s'agit que d'une corrélation temporelle.

La suite de l'article est consultable ici <https://qblog-rcli.netlify.app/posts/derivee-co2-temp/>

## [20. Soleil, température et CO<sub>2</sub> \(version complète\)](#)

Mis en ligne SCE : 14.04.2023

SCE a publié il y a un an (mars 2022) l'article de MM. Van den Broek et Masson, intitulé [Soleil, température et CO<sub>2</sub>](#). Comme annoncé dans cette publication, une étude complète était programmée en vue d'approfondir le sujet. C'est cette étude ('version complète' de l'article de mars 2022) que SCE publie aujourd'hui. Elle est accessible à partir du lien suivant : [Soleil, température et CO<sub>2</sub>, version complète](#)).

### Résumé

Ce document montre qu'un modèle très simple permet d'expliquer avec une excellente corrélation les anomalies des températures océaniques depuis 1850 jusqu'à nos jours, en se basant uniquement sur le rayonnement solaire et un terme harmonique éventuel. Ce modèle optimise l'approche de ([Stockwell 2011](#)) et utilise un concept d'inertie thermique décrit par ([Abdussamatov 2013](#)). Il produit une reconstruction vraisemblable de la sortie du petit âge glaciaire, et une simulation de projection sur base des données disponibles en l'an 2000 fournit de bons résultats.

Il montre également que la température océanique annuelle moyennée par latitude est le reflet du rayonnement solaire annuel incident par latitude. Il en résulte que bien qu'étant une grandeur intensive qui n'a en principe qu'une signification thermodynamique locale, la température locale peut être moyennée spatialement pour en dériver une température ou une anomalie de température globale.

Il décrit également un autre modèle, basé sur la loi de Henry et la relation de van 't Hoff, qui révèle que la concentration naturelle en CO<sub>2</sub> atmosphérique, estimée selon trois approches différentes, dépend de la température. La relation trouvée entre la température et la concentration naturelle en CO<sub>2</sub> atmosphérique est analogue à la formule de ([Myhre et al. 1998](#)) utilisée en sens contraire par le GIEC. L'accord entre la théorie et les observations est excellent lorsqu'on utilise une constante de temps de résidence du CO<sub>2</sub> d'environ 15 ans, qui correspond précisément à celle qui a été observée après l'arrêt des essais thermonucléaires atmosphériques au début des années 1960.

Ces deux modèles ont été validés par des tests de causalité statistique.

De plus, l'examen de la corrélation croisée entre la concentration de CO<sub>2</sub> atmosphérique et l'anomalie de température montre que les variations de température précèdent celles du CO<sub>2</sub> d'environ 8 mois. Dans ces conditions, le CO<sub>2</sub> ne peut-être la cause de la température. Nous obtenons des résultats analogues à ceux mentionnés dans ([Humlum, Stordahl, et Solheim 2013](#)).

Ces analyses sont tout à fait à l'opposé des thèses du GIEC. Elles permettent de considérer que le climat évolue de manière entièrement naturelle sous la seule influence de l'activité solaire combinée à un effet intégrateur des océans, qui peut amplifier, avec un certain retard l'effet de faibles variations d'irradiance solaire, pour peu qu'elles perdurent assez longtemps.

Pour la suite

[Soleil, température et CO<sub>2</sub>, version complète](#)

