

## 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> et les rapports isotopiques**' reprend des articles sélectionnés couvrant la période 2018-2022.

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

## Le CO<sub>2</sub> et les rapports isotopiques

1. Introduction (P. Berth)
2. Évolutions récentes du CO<sub>2</sub> atmosphérique (1/4) (JC Maurin)
3. Évolutions récentes du CO<sub>2</sub> atmosphérique (2/4) (JC Maurin)
4. Évolutions récentes du CO<sub>2</sub> atmosphérique (3/4) (JC Maurin)
5. Évolutions récentes du CO<sub>2</sub> atmosphérique (4/4) (JC Maurin)
6. La croissance du CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère est-elle exclusivement anthropique? (1/3) (JC Maurin)
7. La croissance du CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère est-elle exclusivement anthropique? (2/3) (JC Maurin)
8. La croissance du CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère est-elle exclusivement anthropique? (3/3) (JC Maurin)
9. Le CO<sub>2</sub> belge : que représente-t'il vraiment ? (SCE-info)
10. Croissance du CO<sub>2</sub> atmosphérique, deux nouvelles publications (Jean N.)
11. Covid-19 et émissions de CO<sub>2</sub> (Jean N.)
12. Selon le physicien W. Happer il y aura peu d'effets pour un doublement du taux de CO<sub>2</sub> (Jean N.)

## 1. Introduction

Par Paul Berth [1]. Le CO<sub>2</sub>, article du FAQ sur SCE, le 17 mars 2018.

Le CO<sub>2</sub> est un gaz atmosphérique qui peut être considéré comme rare. En effet, sa concentration est de 408 ppm dans l'air sec (mars 2018). Ceci veut dire qu'il n'y a que 408 molécules de CO<sub>2</sub> pour un million de molécules de gaz dans l'atmosphère.

Le CO<sub>2</sub> est composé de deux atomes d'oxygène couplés à un atome central de carbone. Sa structure de Lewis et les types de liaisons entre les trois atomes sont indiqués dans la Figure 1.1.

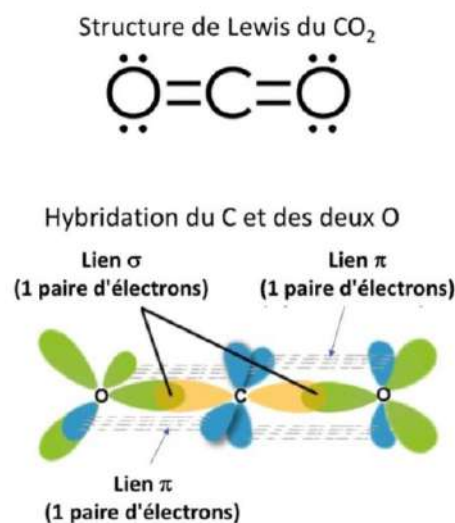


Figure 1.1. Structure moléculaire du CO<sub>2</sub>

Selon la théorie de l'hybridation des orbitales atomiques, les oxygènes ont une configuration  $sp^2$  et le carbone central possède une configuration  $sp$ .

### 1.1. Le CO<sub>2</sub> est-il un polluant?

Non, le CO<sub>2</sub> n'est pas un polluant, il s'agit d'une contrevérité. Le CO<sub>2</sub> est la base de la vie sur Terre! Il n'y aurait pas de vie telle que nous la connaissons sans le CO<sub>2</sub>. En effet, sur notre planète, toutes les chaînes alimentaires fonctionnent grâce aux organismes autotrophes, c'est-à-dire des organismes capables d'utiliser le CO<sub>2</sub> atmosphérique (ou celui dissous dans l'eau des rivières et océans) comme source principale de carbone. Cette assimilation du CO<sub>2</sub> est possible grâce à l'énergie reçue du soleil et se fait par la photosynthèse. La lecture de n'importe quel livre de biologie vous le confirmera. Les organismes autotrophes sont essentiellement des Plantes (Chlorophycées, Bryophytes, plantes vasculaires), des Chromistes (Diatomées) et des Bactéries (Cyanobactéries). Le CO<sub>2</sub> fixé par photosynthèse s'appelle la production primaire. L'ensemble de la production primaire sur les terres émergées s'élève à  $123 \pm 8$  Gt de C par an [2] (Gt = gigatonnes). Il s'agit de la GPP terrestre (de l'anglais « Gross Primary Production »). Les océans fixent quant à eux  $\pm 80$  Gt de C par an [3]. Sans le Soleil et

sans CO<sub>2</sub> atmosphérique, il n'y aurait aucune production primaire autotrophe sur Terre et la vie ne serait pas possible. A chaque instant, des milliards d'organismes à la surface des océans et sur les continents fixent du CO<sub>2</sub> pour fabriquer de la matière organique, matière organique qui sera ensuite ingérée par des animaux végétariens eux-mêmes consommés par des prédateurs dont l'homme. Au total, environ 203 Gt de carbone sont donc fixés chaque année par les végétaux, essentiellement sous forme de bois, d'algues et de diatomées, avec une marge d'erreur dépassant les 8 Gt de carbone. Il est très difficile de traduire tout cela en énergie (par exemple en tep [4]) car tous les végétaux sont différents (certains sont riches en lignine, d'autres en cellulose, certains sont riches en lipides, d'autres en protéines). Mais comme l'homme produit ± 9 Gt de carbone par an (i.e., un chiffre proche de la marge d'erreur de la GPP terrestre) nous pouvons conclure qu'il lui faut au moins 4.4% du carbone pouvant être fixé chaque année.

Le CO<sub>2</sub> n'est donc pas un polluant, c'est la brique élémentaire de tous les organismes vivants dont l'homme. A votre mort sachez, cher lecteur, que vous vous décomposerez en CO<sub>2</sub> et que les atomes de carbone de votre corps seront ingérés par des milliards de cellules végétales. Il est donc stupide de dire que le CO<sub>2</sub> est un polluant.

Certaines personnes penseront que le CO<sub>2</sub> est toxique aujourd'hui, parce que l'on excède une certaine concentration. Il est incontestable que la concentration en CO<sub>2</sub> de l'atmosphère est en train d'augmenter : depuis le début des mesures directes par spectrométrie infrarouge en 1959, les valeurs sont passées de 320 ppmv à ± 408 ppmv de CO<sub>2</sub> en 2018 (donc, 0.04% aujourd'hui) (Figure 1.2).

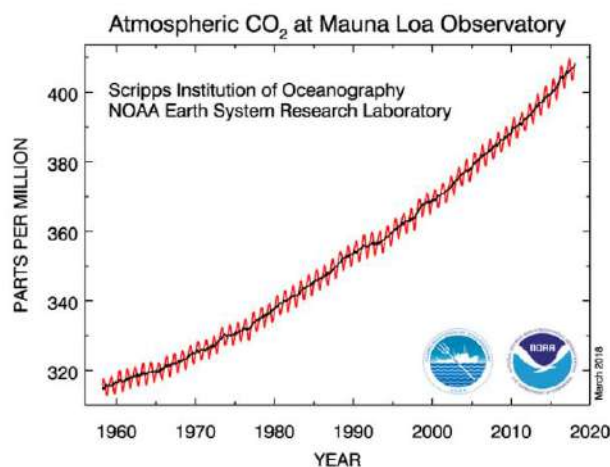


Figure 1.2. Source : NOAA.

Que l'homme soit en partie responsable de cette augmentation de la concentration en CO<sub>2</sub>, ou qu'il ne le soit pas, la valeur de 408 ppmv n'est pas très élevée par rapport aux valeurs observées dans le passé. Par exemple, au Paléozoïque inférieur, entre 541 et 419 millions d'années, des modèles suggèrent que la teneur en CO<sub>2</sub> de l'atmosphère était de 20 fois la teneur actuelle [5]. Rappelons qu'au Paléozoïque la vie a explosé et que tous les groupes d'animaux connus actuellement sont apparus (éponges, cnidaires, échinodermes, vertébrés, etc.). Si le CO<sub>2</sub> était toxique l'explosion cambrienne n'aurait peut-être pas eu lieu. Pour ceux qui voudraient des exemples plus récents et indépendants de modèles notons que des mesures directes de CO<sub>2</sub> atmosphérique effectuées en 1822 par titrimétrie ont relevé des valeurs atteignant 450 ppmv [6]. Ces valeurs élevées ont-elles provoqué des catastrophes humaines ou écologiques? Non, bien évidemment. En 1822 Champollion déchiffrait les hiéroglyphes...

Malheureusement les rapports du GIEC ne considèrent pas ces anciennes mesures effectuées par titrimétrie. Elles ont pourtant une précision de 3%, ont été effectuées par des scientifiques expérimentés dont deux prix Nobel, et la méthode a été confirmée par comparaison avec la méthode de spectrométrie infrarouge à la fin des années cinquante (Beck 2007, Jaworowski 2007) [7].

Pour terminer ce point concernant la toxicité du CO<sub>2</sub>, rappelons que le CO<sub>2</sub> n'a aucun effet détectable sur l'homme jusqu'à une concentration atmosphérique de 5% ou le phénomène d'hypercapnie (essoufflement) apparaît [8]. Nous en sommes encore bien loin avec l'atmosphère actuelle à 0.04%.

## Références

- [1] Prof. Dr. Paul Berth est professeur d'université, dans le domaine de la biologie.
- [2] Beer et al. (2010) Terrestrial gross carbon dioxide uptake: global distribution and covariation with climate. *Science* 329:834–838.
- [3] Climate Change 2013: The Physical Science Basis. IPCC Working Group I Contribution to AR5.
- [4] tep, tonne équivalent pétrole.
- [5] Berner RA, Kothavala Z (2001) GEOCARB III: a revised model of atmospheric CO<sub>2</sub> over Phanerozoic time. *American Journal of Science* 301:182–204.
- [6] Beck (2007) 180 years of atmospheric CO<sub>2</sub> gas analysis by chemical methods. *Energy & Environment* 18:259–282.
- [7] Jaworowski, Z. (2007) 21st CENTURY Science & Technology, Spring/Summer, 14–28.
- [8] Permentier K, Vercammen S, Soetaert S, Schellemans C (2017) Carbon dioxide poisoning: a literature review of an often forgotten cause of intoxication in the emergency department. *International Journal of Emergency Medicine* 10:14.

## 2. Évolutions récentes du CO<sub>2</sub> atmosphérique (1/4)

par J.C. Maurin, Professeur agrégé de physique, le 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> permit 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: l'UNEP (United Nations Environment Programme) et le WMO (World Meteorological Organization). 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.

### A. Mesures et ordres de grandeur

La composition de l'atmosphère terrestre est donnée dans la Table 1. 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.

#### 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 « proxys » 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 de certains observatoires (<https://gml.noaa.gov/obop/>)
- Depuis 1850 à partir de titrage chimique (Beck 2007) [6].
- Divers proxies (archives glaciaires si < 1 million d'années et archives fossiles = stomates si >1 million années).

## A2. Évolution 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).

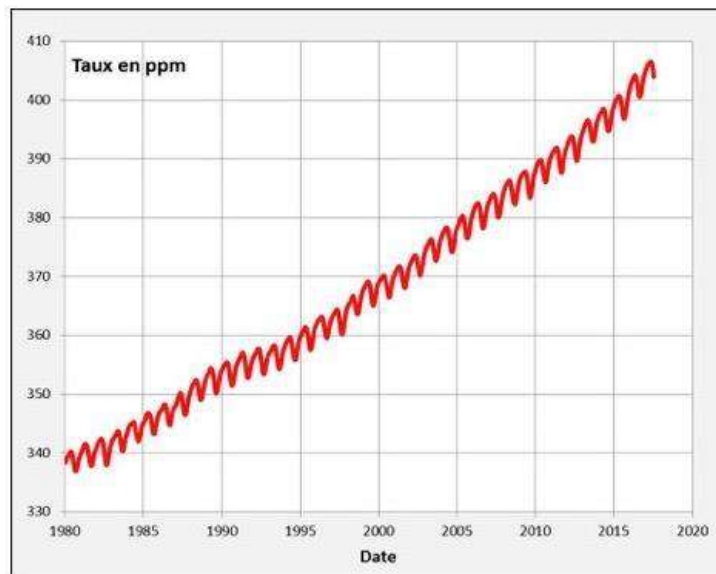


Figure 1. Représentation fréquemment utilisée pour l'évolution du taux de CO<sub>2</sub> depuis 1980. 1 ppm = 7.8 Gigatonnes de CO<sub>2</sub> = 2.12 Gt de Carbone. D'après ESRL NOAA (1) et (5).

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).

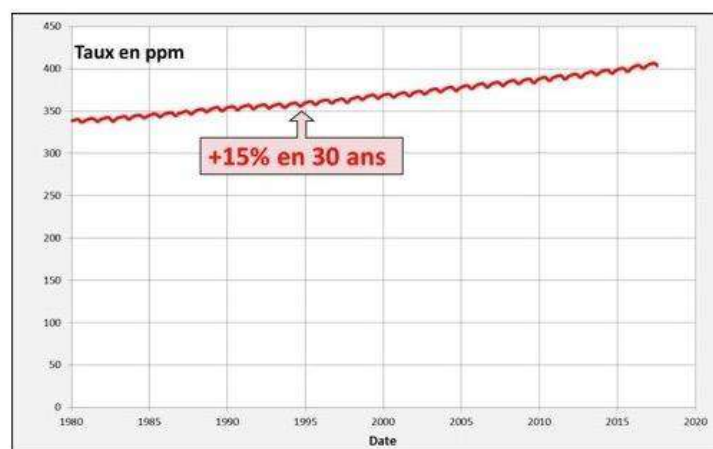


Figure 2. Représentation correcte de l'évolution du taux de CO<sub>2</sub> depuis 1980. D'après ESRL NOAA [1] et [5].

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).

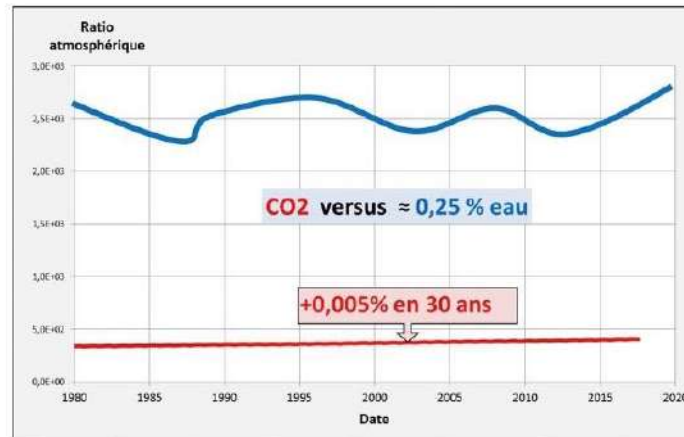


Figure 3. La courbe rouge donne le taux de CO<sub>2</sub>. La courbe bleue illustre le taux approximatif pour l'eau (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), un absorbant majeur d'infra-rouges.

### 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).

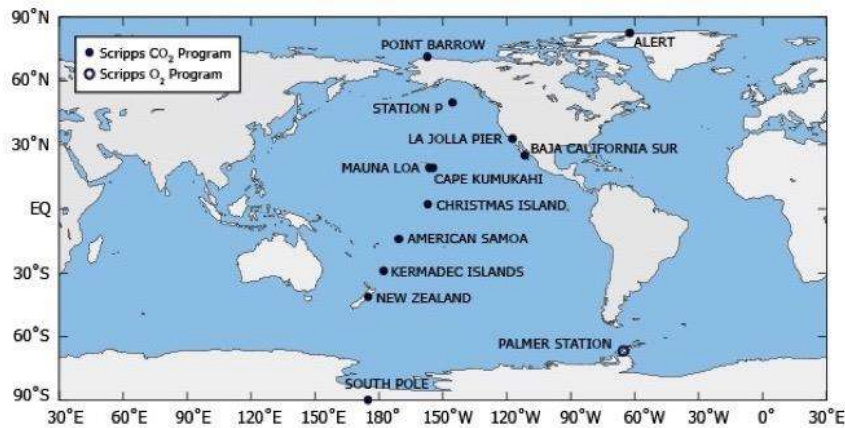


Figure 4. Les observatoires pour le CO<sub>2</sub>. Source : [https://scrippsco2.ucsd.edu/data/atmospheric\\_co2/sampling\\_stations.html](https://scrippsco2.ucsd.edu/data/atmospheric_co2/sampling_stations.html)

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.

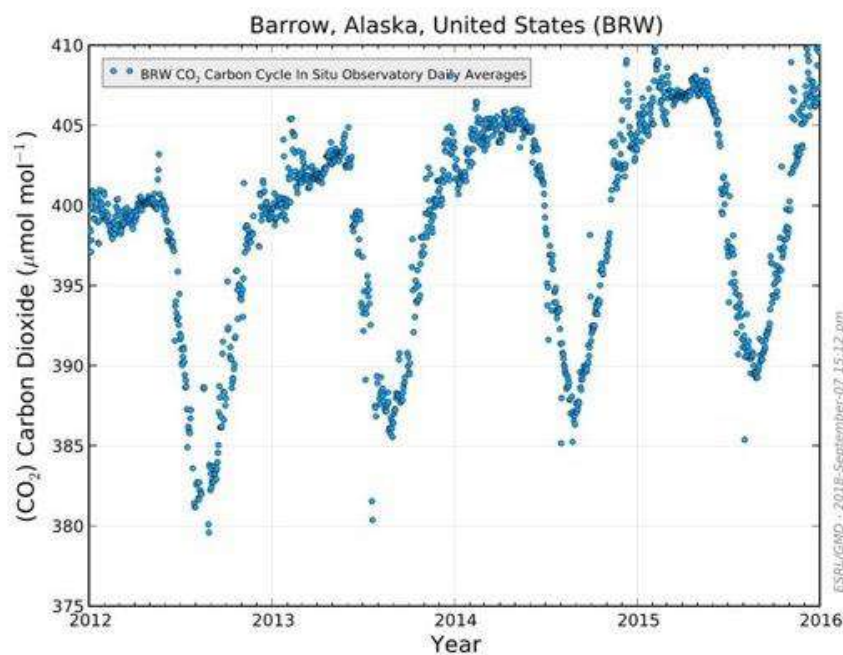


Figure 5a. Concentrations en CO<sub>2</sub> entre 2012 et 2016 à Point Barrow (PTB), Alaska. ESRL-NOAA.

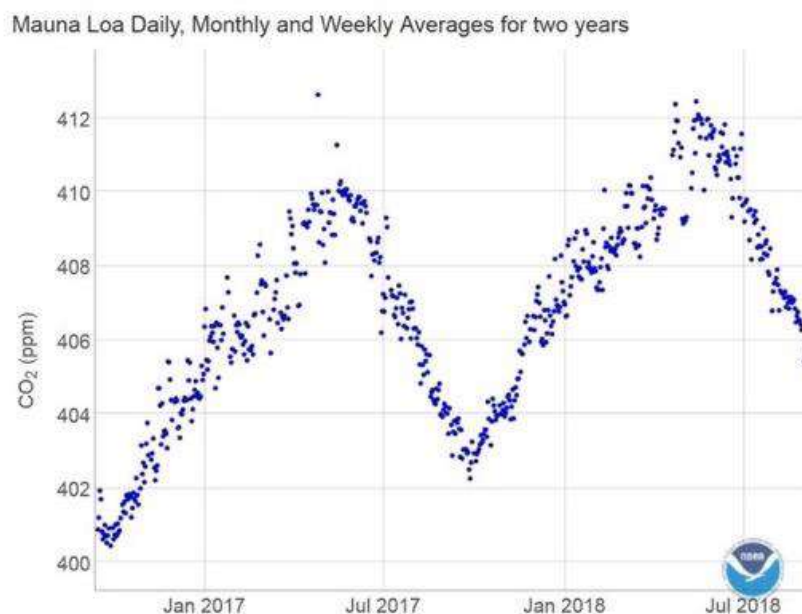


Figure 5b. Concentrations en CO<sub>2</sub> entre 2016 et 2018 à Mauna Loa (MLO), Hawaï, ESRL-NOAA.

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.

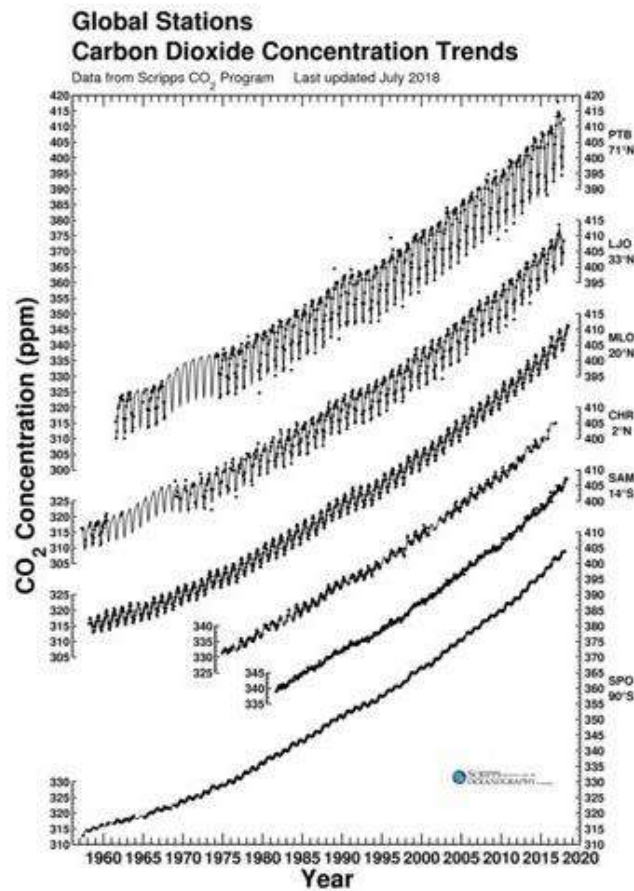


Figure 6. Mesures de CO<sub>2</sub> atmosphérique suivant divers observatoires. Courbes décalées pour une bonne lisibilité (Nord en haut, Sud en bas).

#### 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 :

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

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

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



Figure 7. Moyenne du delta  $^{13}\text{C}$  pour 11 observatoires [5].

L'atmosphère s'est donc enrichie en isotope  $^{12}\text{C}$  [2] (Figure 7).

#### A5. Entrées et sorties du $\text{CO}_2$ dans l'atmosphère.

- La végétation en croissance absorbe le  $\text{CO}_2$  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.

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

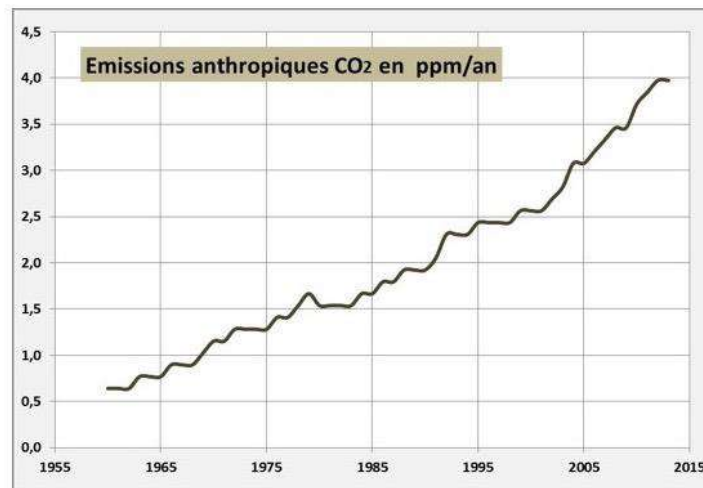


Figure 8. Émissions anthropiques du CO<sub>2</sub>. D'après CDIAC [4].

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 deux 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 ppm / 3  $\approx 130$  ppm. Une représentation ultra schématique pour l'atmosphère en 2015 est donnée à la Figure 10.

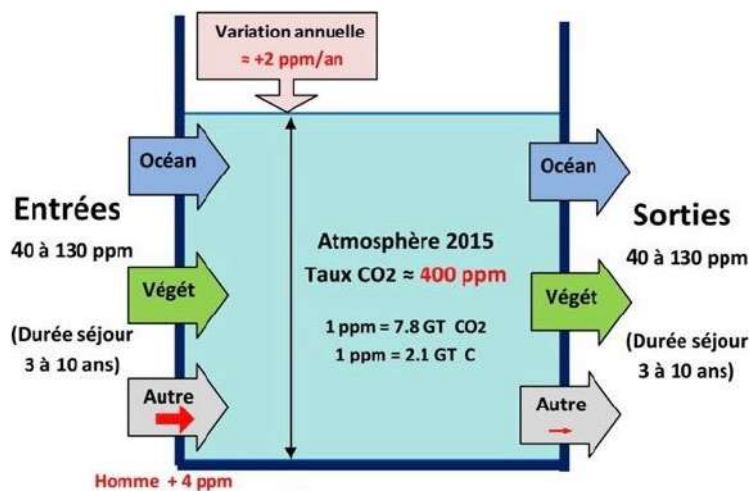


Figure 10. Schéma des entrées et sorties annuelles de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère (année 2015).

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.

## A6. Conclusions

- Le taux de CO<sub>2</sub> atmosphérique est passé de 338 ppm (1980) à 388 ppm (2010) soit  $\approx$  **+15% en 30 ans** (+30% pour 1965-2015). Le taux au Nord est supérieur ( $\approx$  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  $\delta^{13}C$  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 : <https://www.esrl.noaa.gov/>
- [2] Rapport isotopique Carbon Dioxide Information Analysis Center iso-sio : <https://cdiac.ess-dive.lbl.gov/ftp/trends/co2/iso-sio/>
- [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 : [https://cdiac.ess-dive.lbl.gov/trends/emis/meth\\_reg.html](https://cdiac.ess-dive.lbl.gov/trends/emis/meth_reg.html)
- [5] La feuille de calcul « CO<sub>2</sub> Mesures » met en forme ces données d'observations (<https://www.science-climat-energie.be/wp-content/uploads/2018/09/CO2-Mesures.xls>)
- [6] Beck EG (2007) 180 years of atmospheric CO<sub>2</sub> gas analysis by chemical methods. Energy & Environment 18:259–282.

## Quelques commentaires de lecteurs

Guillermo GM, 3 septembre 2022 à 18 h 25 min.

Bonjour, une question : Je n'ai pas compris la figure 3 de votre article, en particulier l'échelle à gauche et la démonstration de ce « +0,005% en 30 ans ». Vous dites « 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% », mais quelle est l'unité des chiffres '0,00034' « 0,00039 » et « 0,00005 » ? De quoi parlez-vous précisément ? Enfin, quelle est la source que vous avez utilisé pour retracer l'évolution du taux de la vapeur d'eau pour cette figure ?

JC Maurin, 4 septembre 2022 à 13 h 19 min .

La figure 3 montre les ratios (relativement à l'ensemble de l'atmosphère) pour H<sub>2</sub>O et CO<sub>2</sub>.

La table 1 peut vous éclairer.

Il n'y a PAS d'unité pour un ratio.

Pour CO<sub>2</sub> , la concentration était de l'ordre de 340 ppm soit 0,034 % , elle passe à 390 ppm soit 0,039%. La croissance est donc de +50 ppm soit + 0,005%

Pas de référence pour H<sub>2</sub>O, il s'agit seulement de l'ordre de grandeur afin de comparer avec CO<sub>2</sub>.

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

par J.C. Maurin, Professeur agrégé de physique, le 04-10-2018

#### 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.

#### B1. 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.

#### B1.1 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.

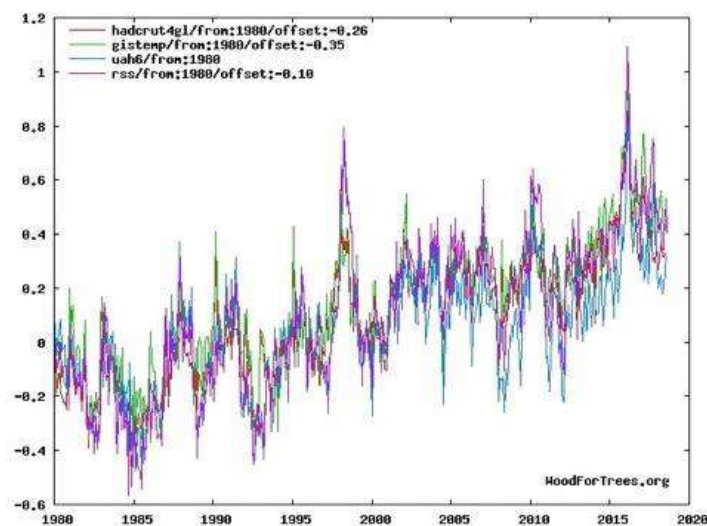


Figure 1a. "Température" terrestre suivant diverses institutions [1].

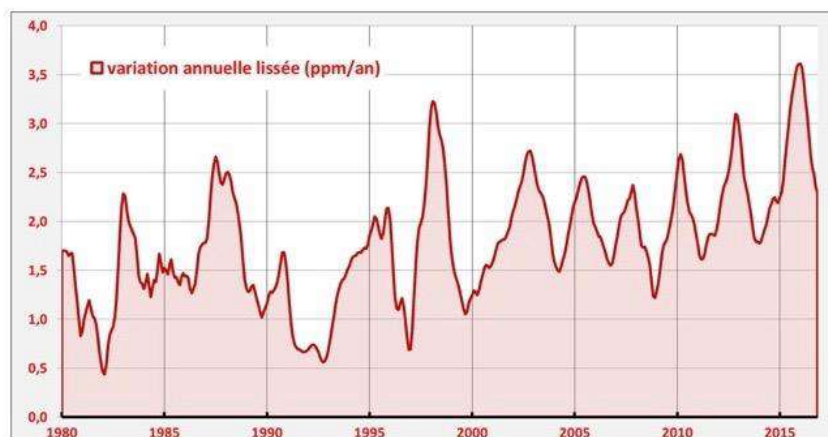


Figure 1b. Variation annuelle du taux de CO<sub>2</sub> d'après ESRL NOAA. Cette variation annuelle (ppm/an) est la différence du taux de CO<sub>2</sub> mesuré l'année N avec celui de l'année N-1. C'est aussi la différence sur l'année entre entrées et sorties de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère. La surface 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.

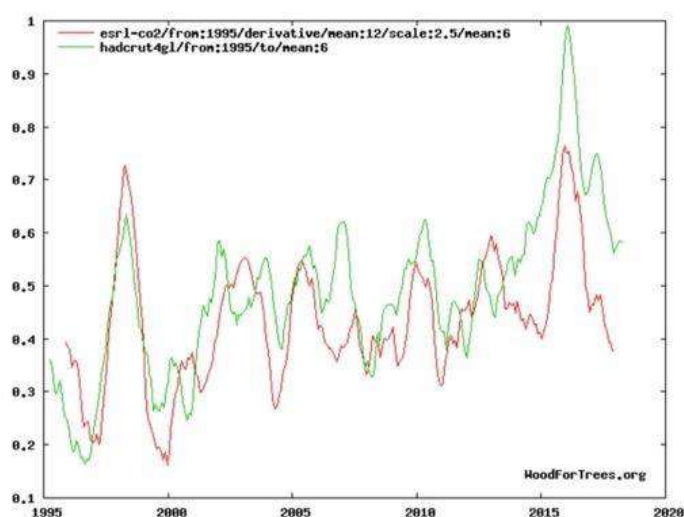


Figure 2a. Corrélation Variation du taux versus "température globale". Variation annuelle du CO<sub>2</sub> = esrl en rouge, ppm/an. Température globale = hadcrut4gl en vert = anomalie en °C. Ces deux grandeurs ont des unités différentes (ppm/an versus degrés). L'axe vertical est celui de la "température"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

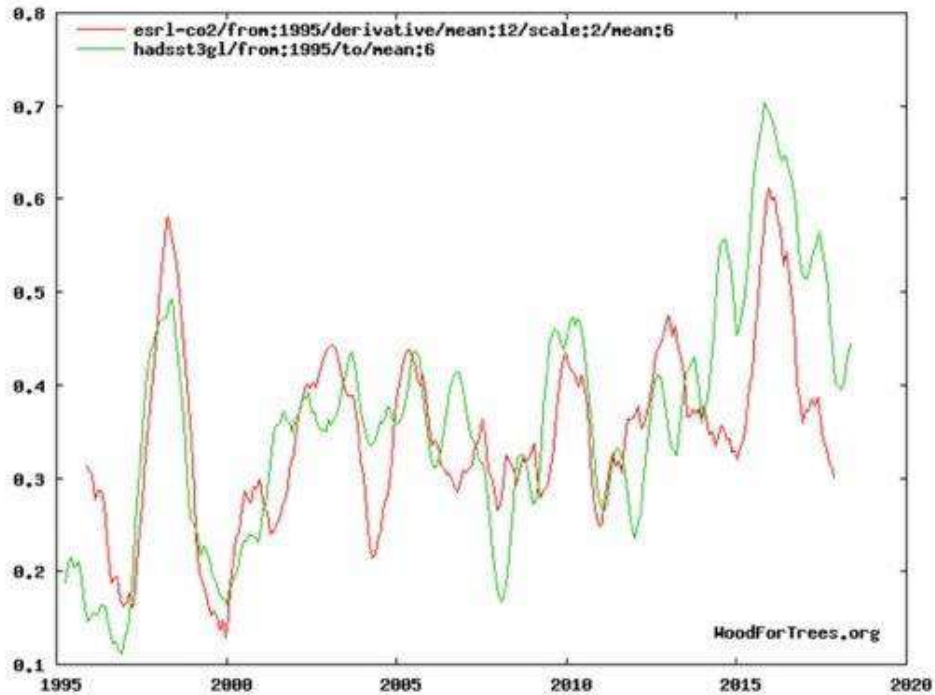


Figure 2b. Corrélation variation du taux versus "température océans". Variation annuelle du CO<sub>2</sub> = esrl en rouge, ppm/an. Température océans (hadsst3gl en vert = anomalie de température en °C). Les océans couvrent 70% de la Terre : la température SST sera proche de la température globale de la Figure 2a. Source : <https://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 Niño 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].

### B1.2 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  $\text{CO}_2$  (Figure 3).

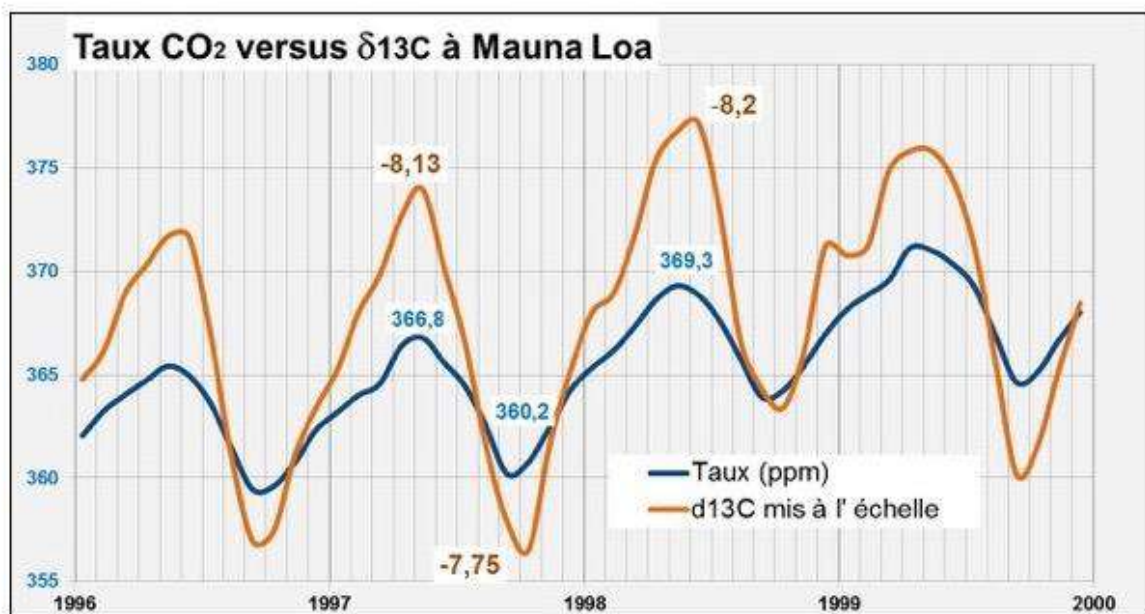


Figure 3. Le taux de  $\text{CO}_2$  varie en phase avec  $\delta^{13}\text{C}$ . Au printemps/été, le taux baisse (absorption par la végétation) et simultanément  $\delta^{13}\text{C}$  montre un appauvrissement en  $^{12}\text{C}$  (la photosynthèse des végétaux utilise préférentiellement le  $\text{CO}_2$  comportant du  $^{12}\text{C}$  plutôt que du  $^{13}\text{C}$ ) [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  $\delta^{13}\text{C}$  (Figure 4).

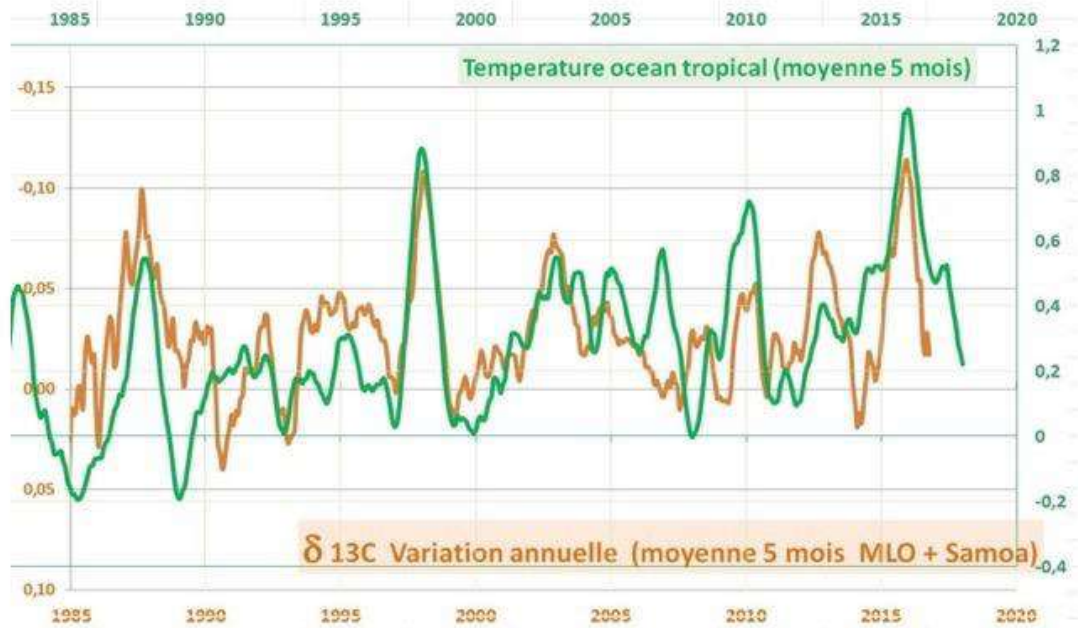


Figure 4. On compare la température des océans tropicaux avec les variations annuelles de  $\delta^{13}\text{C}$  pour 2 stations tropicales. La corrélation est bonne lors des épisodes El Niño de 1998 et 2016 [2, 5, 8].

Les phénomènes responsables des variations récentes du taux de  $\text{CO}_2$  gouvernent aussi la variation du rapport isotopique. Les 2 variations, taux et  $\delta^{13}\text{C}$  sont corrélées avec la "température".

## B2. 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  $\text{CO}_2$  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  $\text{CO}_2$  atmosphérique et « température » (Fig 5).

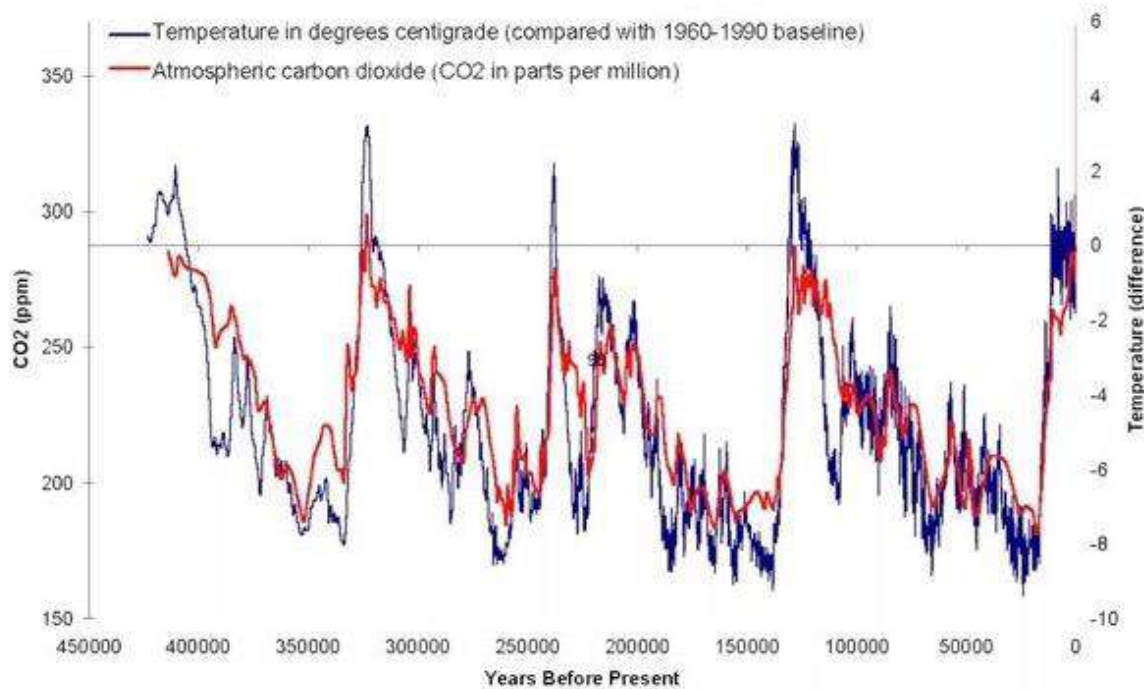


Figure 5. Corrélation taux de CO<sub>2</sub> et "température" selon les archives glaciaires. Une variation de  $\pm 100$  ppm correspondrait à une variation de  $\pm 8^{\circ}\text{C}$  soit  $\pm 12$  ppm/ $^{\circ}\text{C}$ . Le taux ne dépasserait pas 300 ppm pendant 400 000 ans. La découverte de cette corrélation dans les années 1980 a donné un argument en faveur d'une influence anthropique sur le climat.

### B2.1 Obtention de la courbe « température » (courbe bleue de la Figure 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 (Figure 6).

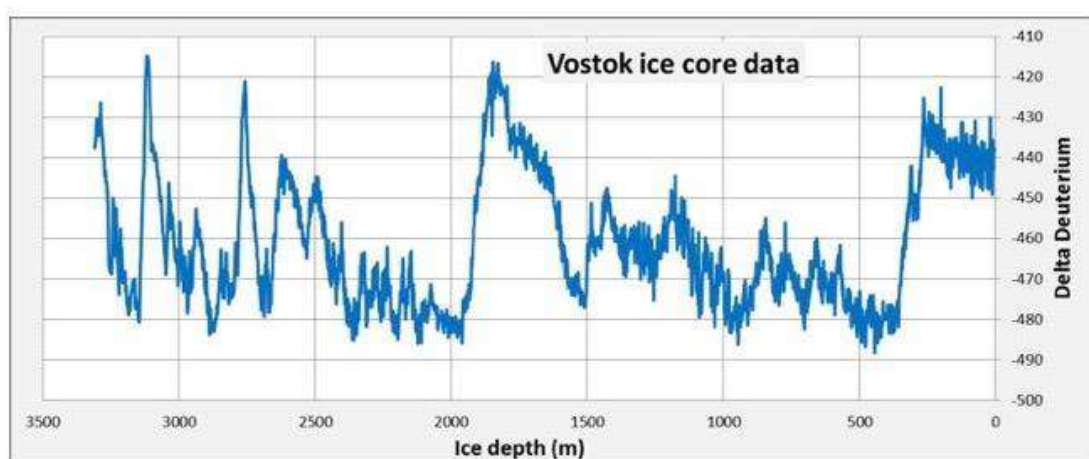


Figure 6. Données brutes : une première traduction est nécessaire pour les échelles verticales (pour passer des rapports isotopiques vers une température), une seconde traduction est généralement nécessaire pour l'échelle horizontale (profondeur vers un âge). C'est ainsi qu'est obtenue la courbe bleue 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 ».

### B2.2 Obtention de la courbe CO<sub>2</sub> (courbe rouge de la Figure 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 (Figures 7-8).

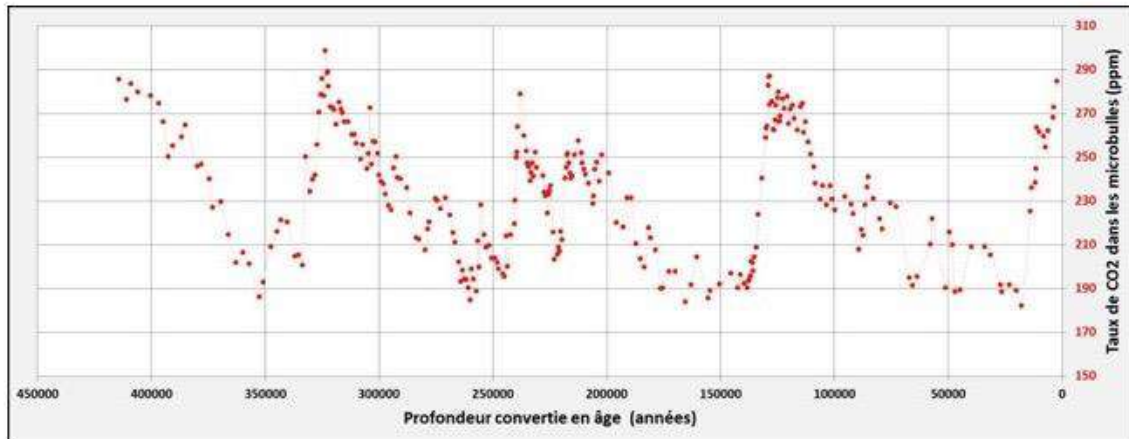


Figure 7. Les mesures réelles : la courbe rouge de la Figure 5 est obtenue en joignant les points de mesure. Mais il faut noter que, suivant la profondeur, l'intervalle entre 2 échantillons passe du siècle au millénaire : pour Vostok, 283 échantillons en 400 000 ans. Entre 2 échantillons la durée moyenne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

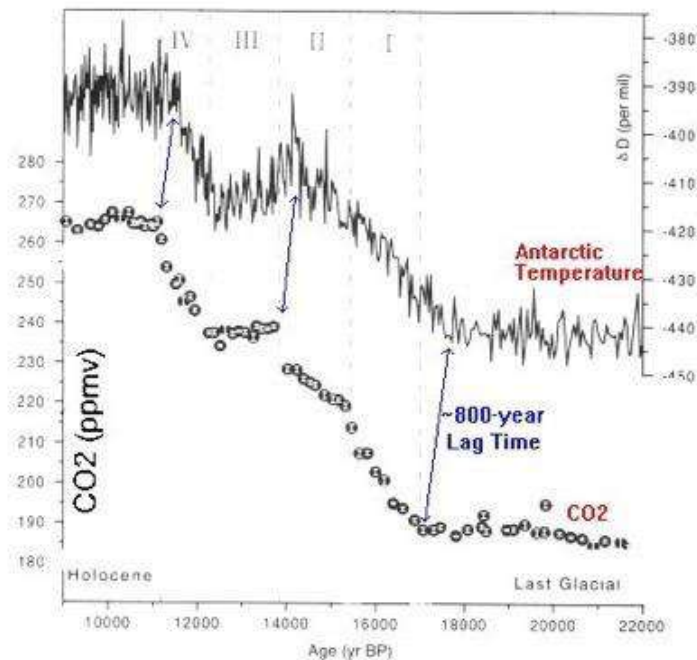


Figure 8. Courbe supérieure = rapport isotopique deutérium, courbe inférieure = taux de CO<sub>2</sub> subsistant dans les microbulles. Entre 10 000 et 22 000 ans, l'intervalle moyen entre 2

échantillons est de  $\pm 200$  ans. On constate qu'il existe un décalage de profondeur (converti en durée de  $\pm 800$  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>.

### B2.3 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 deux échantillons. Il s'agit d'un effet de "passe bas" illustré à la Figure 9.

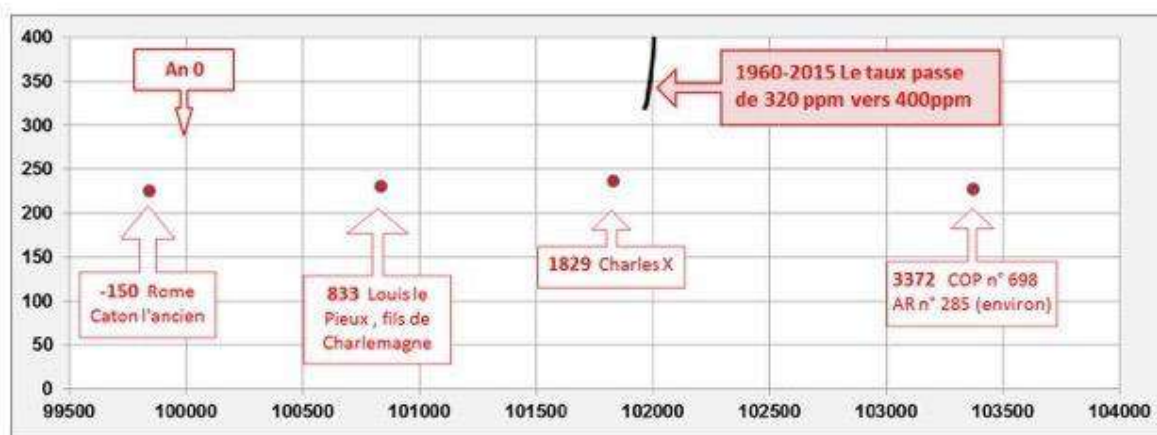


Figure 9. On positionne fictivement 4 des échantillons de Vostok à l'époque contemporaine en décalant de 100 000 ans. Ne seront enregistrés que le taux autour de 1829 puis le taux autour de 3372 : on rate la variation observée entre 1960 et 2015 [3, 8].

- 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.

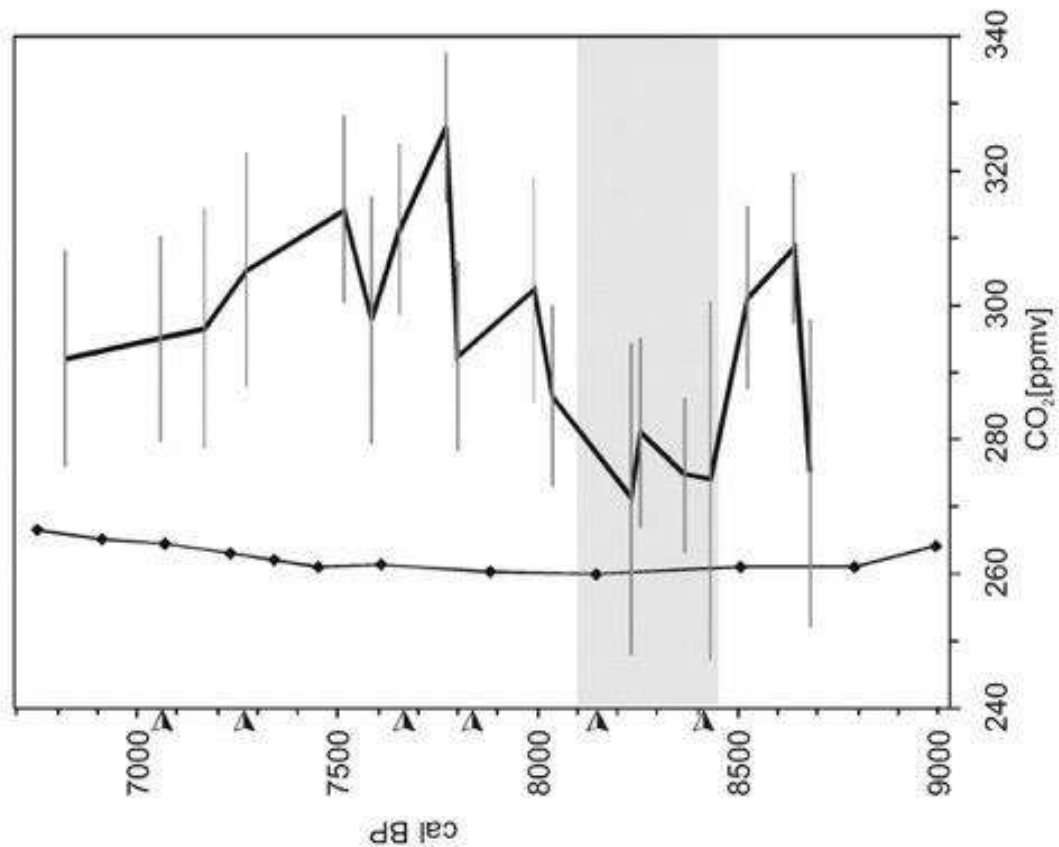


Figure 10. Taux de CO<sub>2</sub> vers –8000 suivant deux proxies. Courbe inférieure = archives glaciaires, courbe supérieure = stomates. Les stomates sont de petits orifices qui permettent les échanges gazeux pour les plantes. Leur nombre et leur taille sont un indicateur du taux de CO<sub>2</sub>.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

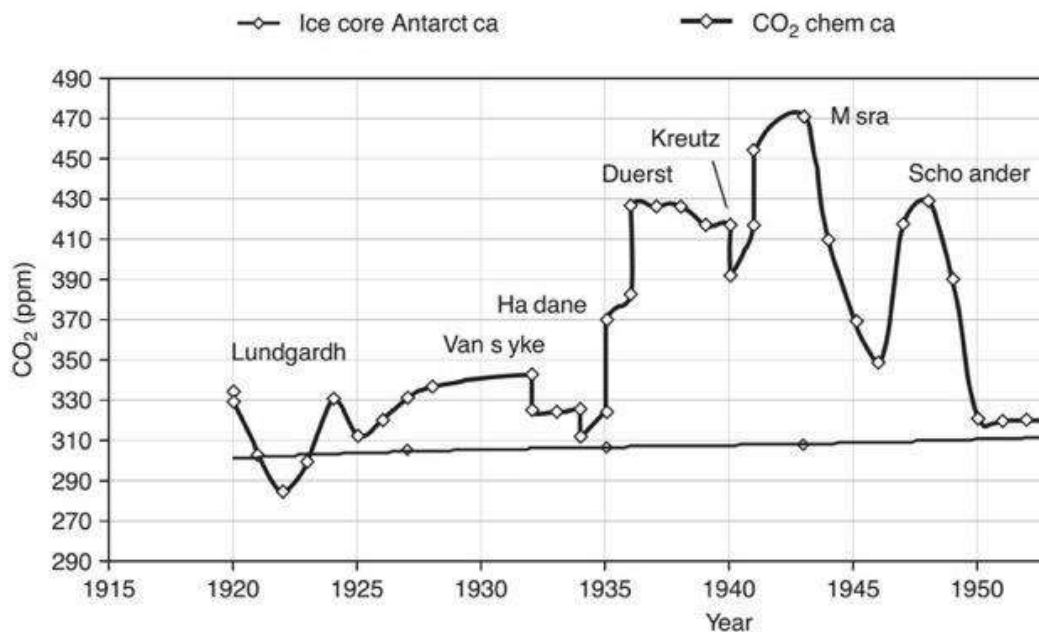


Figure 11. Taux de CO<sub>2</sub> vers 1940. Courbe inférieure = archives glaciaires, courbe supérieure = mesures par titrage chimique suivant plusieurs auteurs. Les valeurs d'après les archives glaciaires sont lissées (passe bas) et sont inférieures aux valeurs mesurées [7].

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

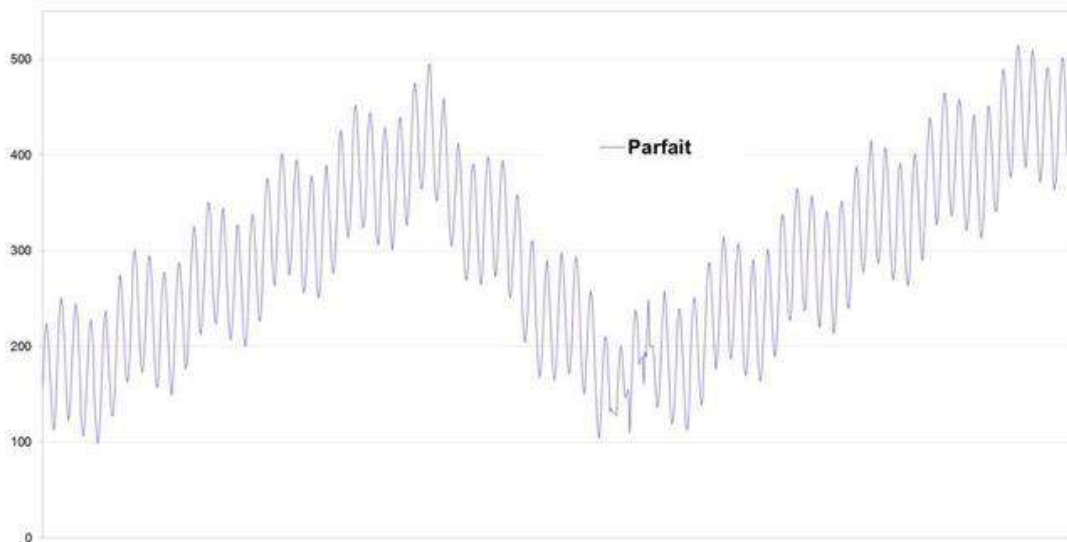


Figure 12a. Courbe de démonstration : l'échelle verticale donne le taux en ppm, l'échelle temporelle correspond à plusieurs millénaires. Enregistrement idéal ou parfait des variations du CO<sub>2</sub>. Les microbulles de l'année N contiennent le taux moyen en CO<sub>2</sub> pour l'ensemble de l'atmosphère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

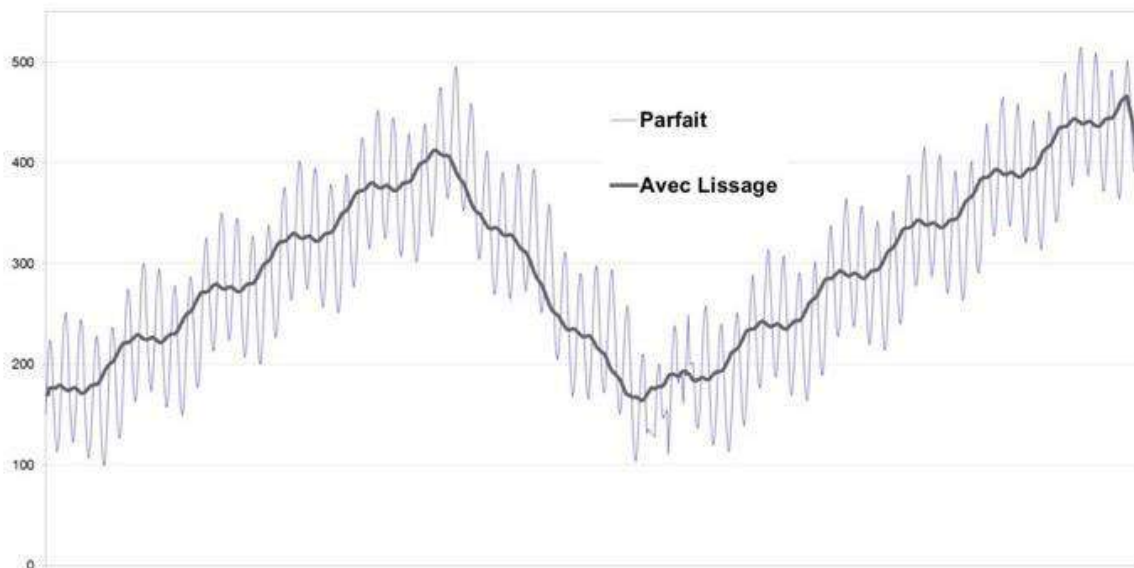


Figure 12b. Enregistrement effectif des variations du CO<sub>2</sub>. Les microbulles de l'année N contiennent le taux moyen de l'air polaire en CO<sub>2</sub> pour plusieurs années (50 ans?). La lente fermeture des microbulles lisse sur plusieurs années (50?) le taux de CO<sub>2</sub>. Il ne subsiste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

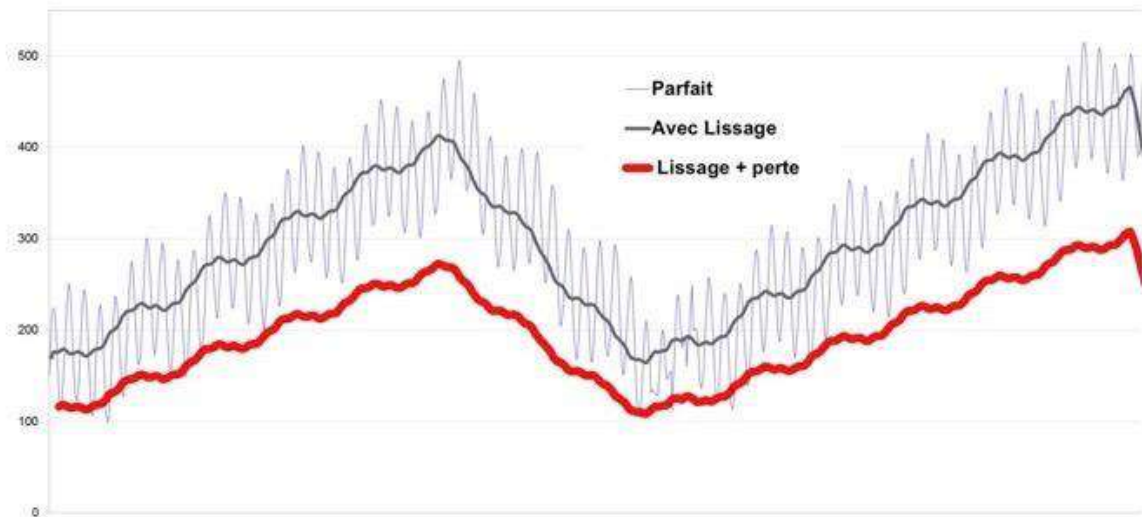


Figure 12c. Enregistrement probable des variations du CO<sub>2</sub>. Les microbulles de l'année N contiennent initialement le taux moyen de l'air polaire en CO<sub>2</sub> pour plusieurs années (50 ans?). La lente fermeture des microbulles lisse sur plusieurs années (50?) le taux de CO<sub>2</sub>. 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%?).

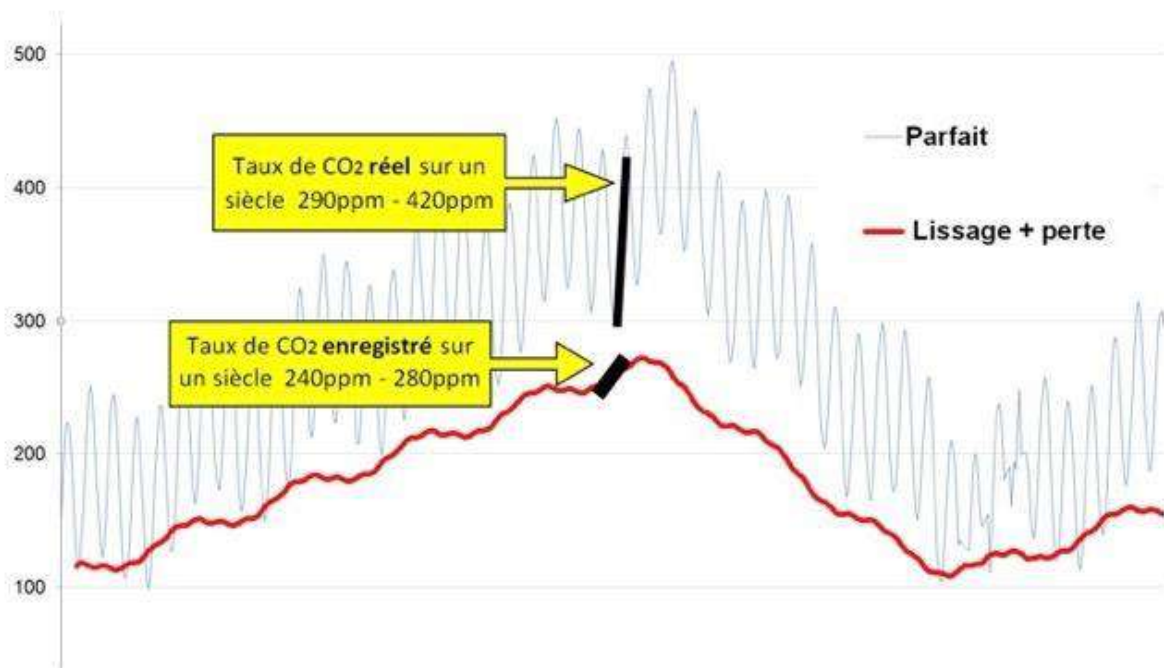
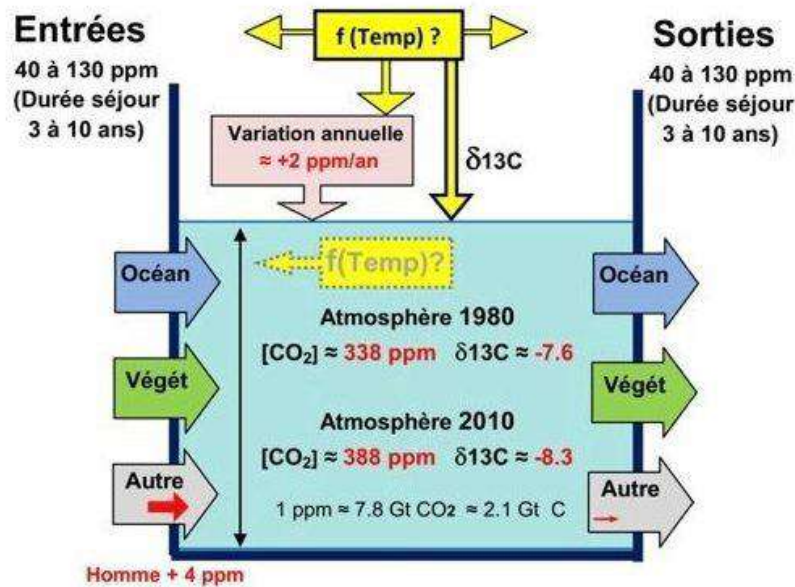


Figure 12d. Une variation réelle entre 290 ppm et 420 ppm en 100 ans se retrouverait enregistrée entre 240 et 280 ppm dans les microbulles.





**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  $\delta^{13}C$ . 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 (Figure 13) sont sensibles à la température : la décomposition végétale [9] et le dégazage océanique du CO<sub>2</sub> qui dépend (loi de Henry, [10]) 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)  $\rightarrow d[CO_2]/dt = a(SST) + b$ . A l'aide de la Fig 3.2c nous avons trouvé  $d[CO_2]/dt = 2.5(SST) + 1$   $\rightarrow$  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.

### B3. 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

[5] Rapport isotopique Scripps CO<sub>2</sub> 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://citeseerx.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.

[9] <https://www.science-climat-energie.be/2018/08/04/araignees-sols-et-co2/>

[10] <https://biocycle.atmos.colostate.edu/shiny/carbonate/>

## Quelques commentaires de lecteurs

### • Eric Ducharme, 17 octobre 2018 à 13 h 10 min

Je m'intéresse depuis plusieurs mois à décortiquer ces corrélations. Je vois invite aussi à lire ce petit texte. [https://www.facebook.com/notes/critique-climatique-qu%C3%A9bec/le-processus-daccumulation-du-co2/1781924875267764/?qid=745342172&mf\\_story\\_key=1781924868601098&\\_\\_xts\\_\\_%5B0%5D=68.ARCYaXXIAytQB6HI9c7O5dt2dddyzXMuj3mVzoRyaGemgyPvnmEDFor1tvHK1YH2dzoRvbC3UB4bABkW86Ha-va0MsPyVH3xDrbQWYGkTq-UP1g-bS5s5LrA2Qh7O\\_fvg28XOvmgussflbgKQ4ztUuk-aiAV7sErvBnnz8cPGIwkHCOQ\\_Mp7IaFnW9D3Bhc51sMIBxt2wYHM0\\_zlYT7sqJA&\\_\\_tn\\_\\_=HH-R](https://www.facebook.com/notes/critique-climatique-qu%C3%A9bec/le-processus-daccumulation-du-co2/1781924875267764/?qid=745342172&mf_story_key=1781924868601098&__xts__%5B0%5D=68.ARCYaXXIAytQB6HI9c7O5dt2dddyzXMuj3mVzoRyaGemgyPvnmEDFor1tvHK1YH2dzoRvbC3UB4bABkW86Ha-va0MsPyVH3xDrbQWYGkTq-UP1g-bS5s5LrA2Qh7O_fvg28XOvmgussflbgKQ4ztUuk-aiAV7sErvBnnz8cPGIwkHCOQ_Mp7IaFnW9D3Bhc51sMIBxt2wYHM0_zlYT7sqJA&__tn__=HH-R)

### • Ferdinand Engelbeen, 19 novembre 2018 à 10 h 48 min

Bonjour Eric, La corrélation entre la température et  $dCO_2 / dt$  est entièrement faux, car ces deux éléments sont parfaitement synchronisés. C'est le résultat du fait que chaque sinusoïde recule de 90 degrés lorsque la dérivée est prise. La corrélation réelle est entre la variabilité T et la variabilité  $CO_2$  et entre  $dT/dt$  et  $dCO_2/dt$ . Voir:

[http://www.ferdinand-engelbeen.be/klimaat/klim\\_img/temp\\_co2\\_1990-2002.jpg](http://www.ferdinand-engelbeen.be/klimaat/klim_img/temp_co2_1990-2002.jpg)

+/- 1,5 ppmv, ce qui correspond aux grandes perturbations du Pinatubo en 1991 et du El Niño en 1998. Mon site Web contient de nombreuses informations théoriques et réelles sur ces corrélations:

[http://www.ferdinand-engelbeen.be/klimaat/co2\\_variability.html](http://www.ferdinand-engelbeen.be/klimaat/co2_variability.html)

et une discussion complète (environ 600 commentaires!) à WUWT:

<https://wattsupwiththat.com/2015/11/25/about-spurious-correlations-and-causation-of-the-co2-increase-2/>

### • Robert, 18 octobre 2018 à 11 h 19 min

Bonjour, Si je puis me permettre, cette assertion est, sinon fausse, très imprécise : « Le  $CO_2$  ne précède jamais l'augmentation de la température, ». Le  $CO_2$  peut agir de deux manières soit comme rétroaction ce qui fut le cas pour le déclenchement de déglaciation grâce à un largage de  $CO_2$  dissous à la suite du réchauffement de l'océan antarctique, soit comme forçage, comme nous le constatons aujourd'hui avec les émissions liées à la consommation des fossiles.

Je crois que relire attentivement Caillon et al 2003 cité dans ce billet serait très instructif j'en ai extrait le passage final : « Finally, the situation at Termination III differs from the recent anthropogenic  $CO_2$  increase. As recently noted by Kump (38), we should distinguish between internal influences (such as the deglacial  $CO_2$  increase) and external influences (such as the anthropogenic  $CO_2$  increase) on the climate system. Although the recent  $CO_2$  increase has clearly been imposed first, as a result of anthropogenic activities, it naturally takes, at Termination III, some time for  $CO_2$  to outgas from the ocean once it starts to react to a

climate change that is first felt in the atmosphere. The sequence of events during this Termination is fully consistent with CO<sub>2</sub> participating in the latter 4200 years of the warming. The radiative forcing due to CO<sub>2</sub> may serve as an amplifier of initial orbital forcing, which is then further amplified by fast atmospheric feedbacks (39) that are also at work for the present day and future climate.

• **Ferdinand Engelbeen, 19 novembre 2018 à 11 h 58 min**

Cher professeur Maurin,

1. Alors que la température de surface de l'océan (ENSO) est le principal facteur de variabilité, la réponse au CO<sub>2</sub> provient principalement de la végétation (tropicale), comme le montrent les modifications opposées du CO<sub>2</sub> et de  $\delta^{13}\text{C}$ :

[http://www.ferdinand-engelbeen.be/klimaat/klim\\_img/temp\\_dco2\\_d13C\\_mlo.jpg](http://www.ferdinand-engelbeen.be/klimaat/klim_img/temp_dco2_d13C_mlo.jpg)

Puisque  $dT/dt$  a une pente nulle, la pente de la dérivée de T sur la dérivée du CO<sub>2</sub> n'a aucune influence. La pente provient entièrement de l'augmentation légèrement quadratique des émissions de CO<sub>2</sub> par les humains, soit le double de la pente de l'augmentation de CO<sub>2</sub>.

La corrélation entre T et CO<sub>2</sub> ne concerne que la variabilité autour de la pente, soit +/- 1,5 ppmv autour d'une tendance de plus de 90 ppmv au cours des 60 dernières années. La tendance elle-même provient des émissions humaines, pas de la température. Pour une discussion approfondie, voir:

[http://www.ferdinand-engelbeen.be/klimaat/co2\\_variability.html](http://www.ferdinand-engelbeen.be/klimaat/co2_variability.html)

2. La résolution des carottes de glace dépend des chutes de neige locales et varie de 10 ans au cours des 150 dernières années (Law Dome), de 20 ans aux 1.000 dernières années, de 40 ans à 44.000 ans et de 560 ans aux 800 000 dernières années (Dôme C). Les carottes de glace Law Dome se chevauchent (1960-1980) avec des mesures directes au pôle Sud, il n'y a pas de perte mesurable de CO<sub>2</sub> sur de courtes ou très longues périodes: le rapport relativement bon (8 ppmv/K) entre les niveaux de CO<sub>2</sub> et le changement de température ne diminuerait pas avec le temps, chaque fois 100 000 ans dans le passé.

Même l'augmentation actuelle de 110 ppmv serait mesurable dans toutes les carottes de glace, avec une amplitude inférieure à la pire résolution: la répétabilité des mesures de carottes de glace est de 1,2 ppmv (1 sigma).

3. Les données sur les stomates sont une approximation des plantes vivant à terre, qui sont biaisées par rapport aux niveaux de CO<sub>2</sub> « de fond » et influencées par les niveaux de CO<sub>2</sub> dans la direction du vent principale, qui peuvent avoir changé au cours de différentes périodes. Les données sur les stomates sont calibrées sur des ... carottes de glace et des mesures directes au cours du siècle dernier, mais cela ne dit rien sur les conditions changeantes des autres périodes. Si la moyenne des résultats des stomates diffère de celle des carottes de glace, il est nécessaire de recalibrer les données sur les stomates et non l'inverse...

4. Les données historiques chimiques étaient relativement précises (+/- 10 ppmv), mais le principal problème était que l'échantillonnage avait eu lieu à de nombreux endroits où il y avait de nombreuses sources locales: au milieu des villes, des forêts, ... Totalement sans lien

au niveau de CO<sub>2</sub> dans 95% de l'atmosphère. Là où le CO<sub>2</sub> était mesuré sur les navires de mer et côtiers avec le vent de la mer, les niveaux de CO<sub>2</sub> étaient proches du niveau des carottes de glace. Voir:

[http://www.ferdinand-engelbeen.be/klimaat/beck\\_data.html](http://www.ferdinand-engelbeen.be/klimaat/beck_data.html)

• **JC Maurin, 19 novembre 2018 à 17 h 11 min**

Merci pour votre intérêt concernant cet article 2/4. Je vous réponds point par point

1) Il y en effet une variation au cours de l'année en lien avec la végétation. Ma figure 3 du présent article l'indique explicitement. Mais il a aussi et surtout un lien pluriannuel avec la température de l'océan intertropical (voir la figure 4.) Il est nécessaire d'enlever cette variation annuelle dû à la végétation afin de faire apparaître la corrélation pluriannuelle. Le procédé est exactement le même que celui utilisé à la figure 1b.

Vous pensez que la tendance pluriannuelle provient des seules émissions humaines. Je traite ce point dans l'article 3/4 et je trouve que la tendance à long terme est un mélange de 2 causes : humaine et naturelle. Enfin je remarque que, dans votre figure [http://www.ferdinand-engelbeen.be/klimaat/klim\\_img/temp\\_dco2\\_d13C\\_mlo.jpg](http://www.ferdinand-engelbeen.be/klimaat/klim_img/temp_dco2_d13C_mlo.jpg) vous utilisez les mesures du Mauna Loa pour le taux de CO<sub>2</sub> et le  $\delta^{13}\text{C}$  mais, pour la température, vous utilisez Hadcrut4-SH-12mth-avg-deriv SH pour hémisphère Sud alors que Mauna Loa est dans l'hémisphère Nord (19° 28' 30'')

2) Je me borne à constater que 2 proxies contredisent le proxy archives glaciaires. Je ne prétends pas que tel ou tel proxy soit correct. On ne peut pas mesurer les éventuelles pertes de CO<sub>2</sub> sur de très longues périodes. Il faudrait pour cela disposer de mesures précises par absorption IR: elles n'existent qu'à partir de 1958. Avant cette date nous n'avons que des proxies, et c'est bien le problème.

3 et 4 ) Les données historiques sont en effet locales, mais c'est aussi le cas des archives glaciaires. Tout proxy présente des biais, même le proxy archives glaciaires. Quelques-uns de ces biais sont développés dans les Figs 12a 12b 12c 12d . C'est la raison pour laquelle j'indique toutes valeurs, même celle que vous indiquez (8 ppmv/K) n'est pas démontrée.

Vous avez fait une autre remarque pour l'article 3/4. Pour que je puisse vous répondre il est nécessaire d'avoir publié la dernière partie 4/4. Je vous suggère donc de patienter.

• **Ferdinand Engelbeen, 20 novembre 2018 à 11 h 18 min**

Cher professeur Maurin, Merci pour votre réponse...

1. La plupart des modifications intra-annuelles et interannuelles du CO<sub>2</sub> sont en effet causées par la végétation, comme le montrent les changes opposés du CO<sub>2</sub> et de  $\delta^{13}\text{C}$ . Il y a une différence: les changements saisonniers produisent moins de CO<sub>2</sub> lorsque les températures sont plus élevées au printemps et en été, tandis que les changements interannuels montrent que les niveaux de CO<sub>2</sub> sont plus élevés (moins d'absorption) lorsque les températures sont plus élevées. Le changement global pour les deux changes est d'environ 4-5 ppmv/K et à la fin de l'année (ou plusieurs années), le résultat net est proche de zéro par rapport à la tendance du CO<sub>2</sub>.

Comme la variabilité du CO<sub>2</sub> après de la température provient principalement de la végétation, quelle est alors l'influence de la température sur l'absorption de CO<sub>2</sub> par la végétation? Cela est positif: des températures plus élevées (et davantage de pression de CO<sub>2</sub>) entraînent une absorption accrue de CO<sub>2</sub> au fil du temps (au-delà de 1 à 3 ans). La végétation est un drain de CO<sub>2</sub> et donc pas la cause de la pente du dérivé du CO<sub>2</sub>.

Voir: <http://science.sciencemag.org/content/287/5462/2467>

et

[http://www.bowdoin.edu/~mbattle/papers\\_posters\\_and\\_talks/BenderGBC2005.pdf](http://www.bowdoin.edu/~mbattle/papers_posters_and_talks/BenderGBC2005.pdf)

Ainsi, alors que la végétation est la principale cause de la variabilité de la changement du CO<sub>2</sub>, elle n'est pas la cause de l'augmentation du CO<sub>2</sub>.

J'ai utilisé la température de surface de la mer SH, car cela donne une corrélation légèrement meilleure avec la variabilité du CO<sub>2</sub> que NH ou globale. La SST tropicale est probablement encore meilleure, mais n'est pas disponible chez WoodForTrees.

2/3/4. Les mesures du CO<sub>2</sub> dans les microbulles de glace ne sont pas des approximations au sens où elles sont normalement utilisées: il s'agit de mesures directes du CO<sub>2</sub> dans l'air ancien avec le même équipement que pour l'air actuel (GC, spectromètre de masse), avec une restriction: ce n'est pas l'air d'un an, mais une mélange d'air entre 10 à 600 ans. Bien qu'il s'agisse d'une moyenne mobile, la moyenne de tout proxy sur la même période de résolution doit être à peu près la même.

Les carottes de glace antarctiques montrent le CO<sub>2</sub> global, qui est le même en 95% de tout atmosphère jusqu'à proximité du pôle Nord, avec des marges étroites: +/- 2% de la pleine échelle (+/- 1% annuelle), malgré 20%/saison de tout le CO<sub>2</sub> atmosphérique échangé avec d'autres réservoirs et malgré un décalage de quelques années entre Nord et Sud. Voir:

[http://www.ferdinand-engelbeen.be/klimaat/klim\\_img/co2\\_trends\\_1995\\_2004.jpg](http://www.ferdinand-engelbeen.be/klimaat/klim_img/co2_trends_1995_2004.jpg)

Les résultats de la compilation historique de Beck doivent être nettoyés de toutes les mesures situées à proximité de sources et de drains énormes, avant que vous puissiez les utiliser comme mesures directes du passé. Après tout, il convient également de rejeter toutes les mesures de température à partir d'endroits inappropriés...

Il existe d'autres proxy qui supportent indirectement les carottes de glace: les éponges coralliennes disposent des carbonates qui suivent strictement les changements isotopiques dans les eaux environnantes avec une résolution de 2-4 ans. La surface de la mer suit rapidement la composition atmosphérique (un retard d'environ 4 ans). Cela ne montre aucune excursion forte (océans ou végétation) sur le niveau de  $\delta^{13}\text{C}$  à quelque période que ce soit au cours des 600 dernières années, seule l'influence humaine:

[http://www.ferdinand-engelbeen.be/klimaat/klim\\_img/sponges.jpg](http://www.ferdinand-engelbeen.be/klimaat/klim_img/sponges.jpg)

La diffusion des gaz dans la glace est si faible qu'elle est incommensurable. On a tenté de calculer une vitesse de diffusion théorique en mesurant l'augmentation de CO<sub>2</sub> au bord d'une couche de la glace en fusion dans la carotte de glace Siple Dome. Le résultat net: un

élargissement de la résolution de 20 à 22 ans en moyenne profondeur et à 40 ans en profondeur. Pas un gros problème. Voir:

<https://catalogue.nla.gov.au/Record/3773250>

La diffusion dans les glaces continentales intérieures beaucoup plus froides est alors de plusieurs ordres de grandeur moins vite, donc négligeable...

• **Ferdinand Engelbeen, 20 novembre 2018 à 13 h 47 min**

Quelques informations supplémentaires sur:

« Certains donnent une relation entre  $d[\text{CO}_2]/dt$  (variation du taux de  $\text{CO}_2$  en ppm/an) et SST (anomalie de température océanique en  $^\circ\text{C}$ ) »

Comme déjà répondu à Eric Ducharme, la corrélation est entre T et  $\text{CO}_2$  et entre  $dT/dt$  et  $d[\text{CO}_2]/dt$ , qui présentent tous deux un décalage. La corrélation entre T et  $d[\text{CO}_2]/dt$  n'a pas de retard et est totalement fautive.

Prenons par exemple dans ce dernier cas, il y a une augmentation fixe de la température. Pour une telle étape, la formule  $d[\text{CO}_2]/dt = 2,5 (\text{SST}) + 1$  donne un apport constant de  $\text{CO}_2$  jusqu'à l'éternité, sans influence de la pression de  $\text{CO}_2$  accrue sur  $d[\text{CO}_2]/dt$ . Cela viole la loi de Henry sur la solubilité du  $\text{CO}_2$  dans l'eau de mer, qui change avec environ 16 ppmv / K à l'équilibre entre l'atmosphère et la surface de l'océan...

Voici la réalité pour l'échange d'environ 40 Pg/an entre les océans profonds et l'atmosphère avec une augmentation de 1 K de la température de surface de l'océan:

[http://www.ferdinand-engelbeen.be/klimaat/klim\\_img/upwelling\\_temp.jpg](http://www.ferdinand-engelbeen.be/klimaat/klim_img/upwelling_temp.jpg)

• **JC Maurin, 20 novembre 2018 à 16 h 45 min**

@ F. Engelbeen

1 Nous sommes d'accord sur le point suivant : il y a globalement, ces dernières décennies, une augmentation de la végétation.

Une lecture attentive de la Figure 2b du présent article vous montre que la température SST globale est disponible chez Woodfor Tree. Pour la SST intertropicale, elle est quasiment identique à hadcrut4 tropics, que l'on trouve aussi chez WoodFor Tree.

Enfin la lecture de la feuille de calcul (référence 8) vous sera utile, elle comporte le lien et les données de la température de surface de l'océan intertropical.

Lorsqu'on utilise les données de MLO dans l'hémisphère Nord on doit de préférence utiliser l'hémisphère Nord, éventuellement l'ensemble du globe, peut-être même la température intertropicale, mais pas la température du seul hémisphère Sud.

2/3/4 Les mesures du CO<sub>2</sub> dans les microbulles de glace sont en effet réalisées avec les techniques contemporaines, et mon texte ne dit pas le contraire. En revanche l'air qui subsiste n'est pas nécessairement identique à celui existant lors de la formation de la bulle. C'est cela qui fausse non les mesures mais les données obtenues: elles sont biaisées.

Vous admettez que « ce n'est pas l'air d'un an, mais un mélange d'air entre 10 à 600 ans »

Ce simple biais entraîne un effet de passe bas qui supprime les valeurs min et max. Et ruine tout espoir de trouver une valeur de type « 1 kelvin correspond à 8 ppmv »

Mon texte ne parle pas de la diffusion du gaz dans la glace mais fait allusion à la présence fugace dans les bulles d'eau liquide, liquide et surtout froide. Le CO<sub>2</sub> passe facilement dans l'eau très froide. Ceci est à nouveau dans mon texte (entre la fig. 9 et la fig. 10).

@ F. Engelbeen Réponse à « Quelques informations supplémentaires »

Vous indiquez «La corrélation entre T et d[CO<sub>2</sub>]/dt n'a pas de retard et est totalement fautive». Une corrélation (Fig 2c) existe bien entre T et d[CO<sub>2</sub>]/dt, à condition d'utiliser SST intertropical et de s'abstraire de la variation annuelle dû à la végétation (voir la description de la Fig 1b)

En revanche cette corrélation n'implique pas nécessairement une relation de cause à effet.

La formule qu'on trouve dans la légende de la Fig 13, (à savoir  $[CO_2]/dt = 2,5 (SST) + 1$ ) est purement phénoménologique, elle se contente de relier les 2 courbes sans hypothèses particulières.

Je n'ignore pas que la quantité de CO<sub>2</sub> dans l'océan est finie, mais à l'échelle de quelque décennies, la perte de CO<sub>2</sub> de l'océan est inférieure à 2% de son contenu et peut donc continuer.

Mais elle ne peut pas, en effet, se poursuivre pour l'éternité. Je suggère que nous reprenions notre discussion seulement lorsque l'article 4/4 sera publié (sous quinzaine ?)

• **Ferdinand Engelbeen, 20 novembre 2018 à 20 h 57 min**

Cher professeur Maurin, Bien convenu de sauvegarder la discussion principale pour la partie 4. Deux remarques ici:

1. Il n'y a pratiquement pas d'eau dans la glace à -40 ° C (Vostok, Dome C) et la dernière technique (sublimation totale de la glace et distillation cryogénique et mesure sur spectromètre de masse) permet de récupérer tout le CO<sub>2</sub>, où qu'il se cache.

Les 8 ppmv/K (en Antarctique, environ 16 ppmv/K globale) ne posent aucun problème en ce qui concerne le filtrage passe-bas; ils présentent plus de problèmes en cas de retard important lors du retour à un état glaciaire:

[http://www.ferdinand-engelbeen.be/klimaat/klim\\_img/Vostok\\_trends.gif](http://www.ferdinand-engelbeen.be/klimaat/klim_img/Vostok_trends.gif)



2. La source de la tendance de la température a peu d'effet sur la corrélation, toutes présentent une variabilité similaire. Le point important est que la corrélation entre T et  $d[\text{CO}_2]/dt$  est une fausse corrélation: vous comparez la tendance du  $\text{CO}_2$  largement éliminé dans la dérivée avec la tendance linéaire de la température, qui sont toutes deux linéaires. De cette façon, vous avez attribué la tendance de  $d[\text{CO}_2]/dt$  (au moins en partie) à la tendance de T.

La corrélation réelle est entre T et  $\text{CO}_2$  (pas plus de +/- 1,5 ppmv autour de la tendance) et donc entre  $dT/dt$  et  $d[\text{CO}_2]/dt$ . Vous pouvez voir la différence si vous montrez T et  $dT/dt$  avec  $d[\text{CO}_2]/dt$ :

[http://www.ferdinand-engelbeen.be/klimaat/klim\\_img/wft\\_T\\_dT\\_dCO2\\_trends.jpg](http://www.ferdinand-engelbeen.be/klimaat/klim_img/wft_T_dT_dCO2_trends.jpg)

$d[\text{CO}_2]/dt$  a un décalage après  $dT/dt$ , mais pas après T et bien que T ait une pente,  $dT/dt$  n'en a pas, mais les deux ont exactement la même variabilité, donc la même corrélation avec  $d[\text{CO}_2]/dt$ , si vous compensez pour le décalage ...

• **JC Maurin, 21 novembre 2018 à 10 h 28 min**

1. De façon fugace, lors des premières décennies, suite à une chute de neige, il peut tout à fait il y avoir de l'eau liquide.

Vos 8 ppmv/K posent bien problème en ce qui concerne le filtrage passe bas: si vous examinez la Fig 12d du présent article, vous verrez un trait fort en noir légendé « Taux de  $\text{CO}_2$  enregistrée » ici se trouvent vos 8 ppm/K.

Mais le phénomène initial, donc la vraie pente, se trouve plutôt sur l'autre trait fort noir, qui est légendé « Taux de  $\text{CO}_2$  réel ».

Je sais bien qu'ici l'axe horizontal est le temps mais cela ne change rien à l'affaire, la partie verticale en ppm n'est pas établie.

2. La raison véritable pour laquelle l'ensemble des températures (globale, SST, SST tropicale) présentent une corrélation est la suivante : l'océan constitue au minimum 70% de la surface à chaque fois !

La Fig 2c présente bien une corrélation, qui existe donc. Et elle est bien entre la dérivée de la tendance pluriannuelle du taux de  $\text{CO}_2$  atmosphérique et la température SST intertropicale. Cette corrélation n'est pas forcément une relation de cause à effet.

Une discussion (avec l'ensemble des éléments ainsi que certains graphes) ne sera possible qu'après la publication de l'épisode 4/4. Je vous y donne rendez-vous.

• **Ferdinand Engelbeen, 21 novembre 2018 à 22 h 29 min**

1a. Il n'y a presque pas d'eau liquide (quelques molécules de type liquide épaisses) à la surface de la glace ou de la neige à des températures inférieures à  $-20^\circ\text{C}$ . Voir:

[http://www.geo.hunter.cuny.edu/~hsalmun/ice\\_phy2day.pdf](http://www.geo.hunter.cuny.edu/~hsalmun/ice_phy2day.pdf)

Même dans ce cas, les mesures sont effectuées sous vide, sur un piège froid, en grattant la glace ou en effectuant une sous-sublimation complète, de sorte que tout CO<sub>2</sub> se cachant dans la couche semblable à un liquide à l'intérieur des bulles soit capturé.

1b. Il n'y a pas de perte de CO<sub>2</sub> dans les carottes de glace, mais seulement un lissage de la variabilité. Etheridge e.a. montrent un chevauchement de 20 ans (1960-1980) entre le CO<sub>2</sub> de la glace et les mesures directes au pôle Sud avec les mêmes niveaux de CO<sub>2</sub>, plus récemment étendues à l'ensemble des 2000 années passées et présentes:

<https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2006GL026152>

Cela signifie que la moyenne de la variabilité réelle de l'atmosphère sur la même période que la résolution de la carotte de glace (10 à 600 ans) doit être similaire.

Même l'augmentation actuelle de 110 ppmv au cours des 165 dernières années serait visible comme un pic mesurable de 15 ppmv dans la carotte de glace de Vostok avec une résolution de 600 ans.

L'excursion extrême actuelle de  $\delta^{13}\text{C}$  serait même plus facilement détectable.

2. D'accord pour attendre la prochaine publication, mais si vous avez le temps, regardez:

[http://www.ferdinand-engelbeen.be/klimaat/co2\\_variability.html](http://www.ferdinand-engelbeen.be/klimaat/co2_variability.html)

À propos des corrélations parasites [? spurious correlations] entre le CO<sub>2</sub> et la température...

• **JC Maurin, 4 décembre 2018 à 16 h 06 min**

@ F Engelbeen. Merci à nouveau pour votre patience.

1a. Non loin du site du carottage Vostok, on a découvert un lac subglaciaire. Le volume estimé de ce lac Vostok serait  $\approx 5\,400\text{ km}^3$ .

Pour comparaison, le lac Léman ( $\approx 90\text{ km}^3$ ) représente seulement  $\approx 2\%$  du volume de ce lac subglaciaire. Il semble donc qu'il existe un peu d'eau liquide en Antarctique.

1b. Il n'existe pas de démonstration de l'absence de toute perte dans une microbulle sur une durée de plusieurs siècles, a fortiori sur plusieurs millénaires. Pour l'instant, il s'agit d'une hypothèse. Et ceci ne concerne que l'un des biais développés au paragraphe B2.3 du présent article.

Le biais principal c'est bien l'effet de passe bas qui supprime les variations en dessous de quelques siècles. A ce propos, je vous cite :« Même l'augmentation actuelle de 110 ppmv au cours des 165 dernières années serait visible comme un pic mesurable de 15 ppmv dans la carotte de glace de Vostok avec une résolution de 600 ans ».

Vous reconnaissez donc que la mesure dans l'air qui subsiste dans la microbulle donne 15 ppmv lorsque que la valeur réelle est 110 ppmv.

Avec le même ratio, vos 8 ppmv/K déduit de l'air subsistant dans les microbulles correspondrait alors à  $8 * 110/15 = 59$  ppmv/K.

Le GIEC allègue depuis le préindustriel une hausse de 110 ppm pour le CO<sub>2</sub> et environ 1K pour la température. Les propres valeurs que vous indiquez permettent donc d'expliquer plus de la moitié de la hausse depuis le « préindustriel » de façon naturelle.

• **Ferdinand Engelbeen, 7 décembre 2018 à 13 h 25 min**

1a. Le Lac Vostok est beaucoup plus « chaud » (-3°C) que la carotte de glace situé au-dessus (-40°C) et est liquéfié par l'énorme pression de la glace et réchauffée par la chaleur de la terre, tandis que la glace l'isole du froid extérieur. Les quelques centaines de mètres les plus bas de la carotte de glace Vostok sont également plus chauds mais ne peuvent en aucun cas être utilisés car les couches sont perturbées par une crête en amont.

1b. Il n'y a aucune preuve de perte de CO<sub>2</sub> non plus. Outre certains changements causés par la survie des inclusions bactériennes (avec un impact très faible), aucun CO<sub>2</sub> ne peut se cacher dans la glace avec les techniques modernes (sublimation totale). Tout ce qui peut se produire, c'est qu'il y a une migration dans le temps, donc un élargissement de la résolution et un abaissement de la différence par le temps. L'élargissement de la résolution est théoriquement faible dans les glaces côtières relatives « chaudes » (-20°C) et pratiquement absent dans les glaces continentales froides (-40°C) qui donnent les séries les plus longues. Rien n'indique que les 8 ppmv/K diminuent pour chaque changement interglaciaire/glaciaire supplémentaire de 100 000 ans dans le passé...

Concernant les valeurs de la carotte de glace: le rapport général est d'environ 8 ppmv/K, ce qui correspond à la résolution de 600 ans du noyau de glace de Vostok. Un « pic » unilatéral de 110 ppmv sur 165 ans n'influence pas ce rapport, il n'est visible que comme un pic supplémentaire en dehors des 8 ppmv/K, tout comme l'augmentation actuelle de 110 ppmv/K est bien supérieure à la équilibre dynamique actuel entre la température moyenne de la surface de l'océan et l'atmosphère.

Les 8 ppmv/K sont pour les températures antarctiques, pour les températures globales ça donne environ 16 ppmv/K et non par hasard le changement de la solubilité du CO<sub>2</sub> dans l'eau de mer avec la température.

Les 110 ppmv / K supplémentaires proviennent principalement des émissions humaines, car elles sont bien au-dessus de l'équilibre dynamique actuel, ou vous enfreignez la loi de Henry.

• **JC Maurin, 8 décembre 2018 à 13 h 38 min**

@ F Engelbeen du 7 décembre. Merci pour vos remarques, elles permettent d'éclairer le sujet des estimations du dégazage océanique.

1. La quantité de CO<sub>2</sub> que l'océan échange avec l'atmosphère ne dépend pas d'une seule variable. La température de la surface océanique intervient en effet, mais aussi le taux de CO<sub>2</sub> atmosphérique, l'alcalinité, la quantité de carbone inorganique dissous (DIC), la vitesse du vent et aussi ... l'activité des micro-organismes. Il faudrait donc que TOUTES les variables, autres que la température, soient stables pour espérer déduire de « mesures » (en réalité des proxies) une dépendance de type 8 ppmv/K ou 110 ppmv/k. Par exemple lors des dernières

décennies, un changement minime de DIC, en surface de l'océan intertropical, couplé avec les variations de température rend illusoire l'utilisation dans un calcul d'une valeur de type « 8 ppmv/K »

2. Par ailleurs, les valeurs que vous indiquez ne me semblent pas établies :

a) 8 ppmv/K (les derniers millénaires)

– Pour le numérateur : les 8 ppmv sont une moyenne lissée sur plusieurs siècles, une variation du taux de CO<sub>2</sub>, en dessous du siècle, n'est pas enregistrée dans le proxy archive glaciaire. Au mieux, (pour une conservation parfaite du CO<sub>2</sub> dans les microbulles) nous avons une estimation de la moyenne sur un millénaire mais nous ratons les évolutions sur quelques décennies (l'objet de mon article).

– Pour le dénominateur : la température n'est pas mesurée directement dans l'archive glaciaire, ici aussi on utilise un proxy (un rapport isotopique). Les auteurs ont certes baptisé leur proxy « thermomètre isotopique » mais contrairement à un vrai thermomètre (étalonné, et avec une plage d'utilisation) il ne s'agit pas d'une mesure mais bien d'une estimation.

b) 110 ppmv/K (les dernières décennies)

– Pour le numérateur, les mesures précises et calibrées par IR datent de 1958. Depuis cette date la hausse est 405-315 = 90 ppm. Les 110 ppm sont une hypothèse = l'archive glaciaire est fiable.

– Pour le dénominateur : Je ne pense pas que nous puissions connaître l'évolution (précision <1K) d'une « température moyenne globale » avant les mesures par satellites. La « température » que l'on doit utiliser n'est pas la température de l'atmosphère mais celle de la surface de l'océan. Pour la température de surface de l'océan, son évolution est encore moins bien connue. Ce n'est qu'à partir de 2003 que nous avons un système Argos opérationnel et il ne dispose que de ≈ 4000 balises soit une distance moyenne entre balises de plus de 300 km.

• **Ferdinand Engelbeen, 10 décembre 2018 à 15 h 02 min**

1a. La pCO<sub>2</sub> (aq) mesurée de la surface de l'océan se situe entre 150 μatm (aux pôles) et 750 μatm (à l'équateur). Une grande partie en raison de la température, une autre partie en raison du DIC et de la bio-vie. Pour chaque échantillon, il existe toujours un changement de pression individuel d'environ 16 μatm/K, confirmé par plus de 3 millions d'échantillons d'eau de mer. Ainsi, malgré toutes les influences au pCO<sub>2</sub> locale, la dépendance en température reste presque la même.

1b. Si vous regardez les figures 3 et 7 dans:

[https://tos.org/oceanography/assets/docs/27-1\\_bates.pdf](https://tos.org/oceanography/assets/docs/27-1_bates.pdf)

vous pouvez voir que le DIC a augmenté alors que le pH a diminué à tous les endroits mesurés de 68N à 46S. Cela n'est que possible grâce à une augmentation de la pCO<sub>2</sub> dans l'atmosphère au-dessus de l'équilibre dynamique.

2a. La résolution de 560 ou 600 ans concerne uniquement les carottes de glace continentale à long terme. La résolution des carottes de glace côtiers est bien meilleure, car il y a beaucoup plus d'accumulation de neige, mais le laps de temps jusqu'au fond est beaucoup plus courte.

La meilleure résolution provient de deux carottes de glace au sommet du Law Dome: moins d'une décennie. Celles-ci ont des précipitations de neige équivalentes à 1,2 mètre de glace par an, couvrant les 150 dernières années. Il existe un chevauchement de 20 ans (1960-1980) entre le CO<sub>2</sub> de la glace et les mesures directes au pôle Sud:

[http://www.ferdinand-engelbeen.be/klimaat/klim\\_img/law\\_dome\\_sp\\_co2.jpg](http://www.ferdinand-engelbeen.be/klimaat/klim_img/law_dome_sp_co2.jpg)

La troisième carotte de glace du Law Dome était plus en aval et avait une résolution d'environ 20 ans sur une période d'environ deux mille ans:

[http://www.ferdinand-engelbeen.be/klimaat/klim\\_img/law\\_dome\\_1000yr.jpg](http://www.ferdinand-engelbeen.be/klimaat/klim_img/law_dome_1000yr.jpg)

Comme vous pouvez le constater, il existe un léger creux d'environ 8 ppm vers 1600, c'est-à-dire au plus profond de la période plus froide. Selon la reconstruction de température globale que vous préférez (Mann et al.: baisse de 0,2°C, Moberg: baisse de 0,8°C), cela donne 10 à 40 ppmv/K, mais je ne pense pas que quiconque préfère la reconstruction de Mann ... Le réchauffement depuis 1600 n'est probablement pas supérieur au refroidissement de 1200-1600. on peut donc supposer que l'augmentation naturelle de CO<sub>2</sub> depuis 1600 n'est pas supérieure à 8 ppmv...

Quoi qu'il en soit, les carottes de glace à haute résolution (et d'autres approximations) rejettent la compilation historique du défunt Ernst Beck et un changement survenu au cours des 170 dernières années n'est pas vu au cours des 130 000 dernières années (avec une résolution de 40 ans sur les carottes de glace Taylor Dome), qui ne couvre que l'influence habituelle des températures de surface de l'océan.

2b.

– On peut utiliser le taux de chute linéaire des 60 ans passés pour calculer le taux de puits net zéro, qui est le niveau d'équilibre dynamique de CO<sub>2</sub> entre l'atmosphère et la température moyenne de la surface de l'océan au cours des 60 dernières années. Cela se termine à 290 ppmv ou un peu plus haut que les 285 ppmv des carottes de glace du Law Dome pour 1850, sans tenir compte de la différence en température...

– On peut discuter de la hauteur absolue de l'augmentation de la température de surface des océans, mais ce n'est certainement pas la cause de l'augmentation du CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère. Si tel était le cas, le DIC diminuerait avec le temps, tandis que nous constaterions une augmentation dans toutes les parties des océans où l'on mesure. Le flux net de CO<sub>2</sub> provient de l'atmosphère vers les océans et non de l'inverse ...

• **JC Maurin, 12 décembre 2018 à 11 h 09 min**

1a. « Une grande partie en raison de la température, une autre partie en raison du DIC et de la bio-vie ». Il y a d'autres facteurs pour la quantité de CO<sub>2</sub> dégazé: par exemple l'alcalinité et surtout la vitesse du vent.

« confirmé par plus de 3 millions d'échantillons d'eau de mer ». Prendre 3 millions d'échantillons reste très largement insuffisant pour espérer avoir une image fiable des échanges océan/atmosphère. En effet, si on prend seulement 4 échantillons journaliers, sur 100 km<sup>2</sup> de l'océan, avec une durée de 5 ans (assez grande pour avoir un El Nino), on arrive déjà à  $4 * 365 * 5 * 360\,000\,000 / 100 = 26$  milliards d'échantillons. Ce nombre d'échantillons ne permet toujours pas le calcul de la quantité de CO<sub>2</sub> dégazé : il faut aussi la vitesse du vent, et pas seulement toutes les 6 heures. On peut résumer en disant que l'océan nous est largement inconnu pour la plupart des paramètres.

« la dépendance en température reste presque la même ». La dépendance de la solubilité à la température n'est pas la même autour de 27°C et autour de 5°C (courbe orange figure 6 du 4/4)

1b. « le DIC a augmenté alors que le pH a diminué ». Nous ne sommes pas en état de connaître les évolutions du pH de l'océan dans son ensemble.

Voir par exemple ici <http://www.science-climat-energie.be/2018/06/05/reflexions-sur-lacidification-des-oceans/>

Je vous recommande la lecture de l'excellent paragraphe sur les Modèles informatiques hasardeux.

A propos de l'océan, Carl Wunsch, océanographe réputé du MIT déclarait: « I wanted to explain why observing the ocean was so difficult, and why it is so tricky to predict with any degree of confidence such important climate elements as its heat and carbon storage and transports in 10 or 100 years »

2a et 2b. Nous discutons depuis presque un mois à propos des valeurs du taux de CO<sub>2</sub> subsistant dans les archives glaciaires. Le paragraphe B.2.3 et la conclusion du 2/4 résume mon point de vue: je suis plus prudent que vous sur ce proxy archives glaciaires.

Je ne pense pas que nous arriverons à nous mettre d'accord sur ce sujet. Je vous propose donc que nous en restions à ce constat de désaccord. Je vous remercie pour le dialogue argumenté que nous avons mené durant ces quelques semaines.

#### • **Ferdinand Engelbeen, 17 décembre 2018 à 11 h 39 min**

1. Je conviens que le nombre d'échantillons est insuffisant pour donner une moyenne, mais ce qui est important, c'est qu'à chaque endroit où des séries plus longues ont été réalisées (stations fixes et relevés répétés des navires), on observe une augmentation de la DIC et une diminution de pH. Cela signifie qu'il existe partout que le CO<sub>2</sub> en net entre dans la surface de l'océan, pas la contraire.

Le pH comportait peu de mesures dans le passé et la méthode (membrane de bulbe de verre) n'avait pas une précision suffisante pour montrer le très petit changement de pH dans le passé. Heureusement, on peut calculer le pH qu'à partir de deux variables mesurées: la DIC et la TA (alcalinité totale), toutes deux mesurées avec une précision suffisante sur quelques siècles.

Cela peut être comparé aux mesures modernes en utilisant des méthodes colorimétriques comme c'est actuellement le cas, même en continu sur des navires commerciaux. Voir:

<https://debunkhouse.wordpress.com/2011/02/17/chicken-little-of-the-sea-visits-station-aloha/>

La Fig. 2 montre que le pH calculé et mesuré se situe sur la même ligne de tendance.

Ce n'est pas que l'acidification des océans soit un problème: pas pour les poissons, pas pour les organismes calcifiants. Ce qui est important, c'est que les océans soient un puits net de CO<sub>2</sub>, pas une source nette ...

2. C'était un bon échange d'arguments et je regrette de ne pas pouvoir vous convaincre que les émissions humaines sont (presque) la seule cause de l'augmentation des émissions de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère. C'est la seule partie de la thèse du GIEC « AGW » qui soit assez solide: toutes les observations pointent vers la même source.

À mon avis, contester qu'il s'agit là d'une perte de temps et Il diverge l'attention de ce qui est important, c'est de là que devrait être le véritable combat: l'impact réel d'un doublement du CO<sub>2</sub> (à la fin de ce siècle) sur la température, où les modèles climatiques sont déjà bien au-dessus de la réalité...

• **DULIEU, 3 mars 2020 à 17 h 40 min**

Bonjour M. Maurin, Je m'efforce de comprendre le décalage calculé par Humlum et al. entre les  $\Delta T$  et les  $\Delta CO_2$ , variant entre l'HN et les régions trop. J'ai refait vos calculs et je trouve, avec votre procédure, les mêmes résultats que vous : synchronisme presque parfait et corrélation très élevée. Cependant, je n'ai pas pu montrer si les décalages de Humlum sont des artefacts, éventuellement dus aux procédures de moyennes mobiles sur des fenêtres de douze mois (vous utilisez 5 mois). Évidemment, les anomalies de  $\Delta T$  sont des valeurs déduites d'une température de référence et ne sont pas les homologues des ppm de CO<sub>2</sub> qui augmentent toujours sauf dans la variation saisonnière (que l'on peut effacer en faisant les différences annuelles mois par mois). Humlum et al prétendent qu'il faut traiter les données exactement de la même façon, par exemple, ils font la moyenne mobile sur douze mois, l'inscrivent au douzième mois et ensuite, font les différences entre les mêmes mois de chaque année. Si on compare les deux séries avec les données traitées de la même façon, on a toujours un décalage, même pour les zones intertropicales.

Or, le premier argument de cette équipe est de dire que si le CO<sub>2</sub> suit dans ses variations celles de  $\Delta T$ , c'est qu'il ne peut en être la cause.

J'aimerais donc avoir votre raisonnement concernant le traitement de ces deux séries temporelles selon votre procédé de traitement des données qui aboutit à un synchronisme très bon mais ne permettant pas de tirer cette même conclusion très simple.

Je correspond déjà avec M. Veyres.

Il y a quelques temps, j'ai aussi étudié les  $^{13}C/^{12}C$  et j'arrive aux mêmes conclusions sur la durée du CO<sub>2</sub> dans l'air et sur les échanges avec l'océan, trouvées notamment par Segalstad.

• **JC Maurin, 4 mars 2020 à 17 h 59 min**

Merci beaucoup pour vos remarques sur l'article 2/4 et pour votre intérêt sur le sujet.

1) Le diable parfois se trouve dans les détails:

– Je compare le taux de CO<sub>2</sub> moyen sur plusieurs observatoires et non pas le taux mesuré à MLO seulement.

– J'utilise la température des océans sous les tropiques. 20S -20N. J'affecte la différence (13 mois) entre taux de CO<sub>2</sub> au mois central de l'intervalle, puis je procède à un lissage central sur 5 mois. Je procède aussi pour la température à un lissage centré sur 5 mois et j'affecte au mois central. Dans les conditions ci-dessus, je ne trouve pas de décalage, ou bien il est inférieur à 1 mois (voir article 2/4, référence 8, tableur/onglet Taux de CO<sub>2</sub>). Voici une publication récente de Humlum (figure 16 <https://www.thegwpf.org/content/uploads/2018/03/State-of-the-Climat2017.pdf>). Il utilise la température globale HadSST3 ou HadCRUT4.

L'article de Humlum donne bien un décalage de 6 mois, toutefois les données qu'il utilise sont différentes des miennes et sa procédure de traitement est également différente de la mienne. Il est possible qu'un filtrage non centré amène un décalage de 6 mois qui n'existe pas en réalité.

2) J'explique dans mon article que la corrélation s'améliore si on utilise la zone intertropicale plutôt que l'ensemble du Globe, ce qui est une indication des phénomènes naturels en jeu.

3) En me basant sur les mesures contemporaines CO<sub>2</sub> et température, je NE trouve PAS de décalage supérieur à 1 mois et je n'affirme donc pas que le CO<sub>2</sub> précède les températures à l'échelle de l'année. Camille Veyres trouve aussi une quasi-simultanéité (fig 10 <https://static.climato-realistes.fr/2017/08/Cycle-du-carbone-5-XII-2016-Camille-Veyres.pdf>)

Murry Salby en utilisant des « conditions de surface » trouve une quasi-simultanéité.

4) Toutefois, la fenêtre temporelle est faible (quelques décennies). Sur une fenêtre de quelques siècles ou quelques millénaires les glaciologues constatent bien un décalage et les variations de température précèdent toujours celles du CO<sub>2</sub> (Voir article 2/4 figure 8).

En conclusion, il semble surtout que le cycle du CO<sub>2</sub> n'est (peut-être) pas suffisamment connu pour pouvoir faire des prévisions de concentration dans l'atmosphère en 2100.

• **The Spountz, 21 septembre 2020 à 21 h 11 min**

Il n'y aurait pas une erreur d'échelle dans la relation 8 degrés = 12 ppmv?

• **JC Maurin, 22 septembre 2020 à 21 h 13 min**

L'interprétation des archives glaciaires a conduit certains scientifiques à postuler une relation du type : Pour X degrés d'augmentation de « température » (en réalité le proxy rapport isotopique Oxygène ou Deutérium) correspondrait une hausse de Y ppmv de [CO<sub>2</sub>], par exemple 1 degré → 12 ppmv . Le paragraphe B 2.3 tente de montrer que la valeur Y est sans doute illusoire : elle correspond à une moyenne sur plusieurs décennies. Cette moyenne elle-même est peut-être même surestimée (si un mécanisme d'appauvrissement du CO<sub>2</sub> existe dans la microbulle d'air fossile).



La Figure 12d résume mon interprétation de cette possible erreur d'échelle : les valeurs , mais aussi la pente déduite des enregistrements est plus faible que la pente réelle initiale.

• **Guillermo GM, 20 juin 2022 à 21 h 54 min**

Bonjour, j'ai parcouru vos articles et il semble que vous n'expliquez nulle part la raison pour laquelle les océans s'acidifient et la raison pour laquelle les océans absorbent de plus en plus de CO<sub>2</sub> (par ex voir <https://www.pmel.noaa.gov/co2/file/Hawaii+Carbon+Dioxide+Time-Series>). Avez-vous une explication à cela ? Cet argument dérange à l'hypothèse d'une origine majoritairement naturelle de l'accroissement du taux de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère au cours du siècle dernier.

• **JC Maurin, 23 juin 2022 à 19 h 58 min**

Merci pour votre intérêt sur le sujet,

1) « Bonjour, j'ai parcouru vos articles et il semble que vous n'expliquez nulle part la raison ... ». Ce n'est pas vraiment le cas : je vous suggère de lire Modélisation MPO § 5.2, document en annexe de mon article « Les incertitudes du cycle du carbone rendent sa modélisation hasardeuse ». C'est ici : <https://www.science-climat-energie.be/wp-content/uploads/2022/02/Modelisation-MPO.pdf>

En résumé:

a) Un apport de CO<sub>2</sub> depuis l'atmosphère vers l'océan doit en effet faire croître le carbone dissous (DIC), ce qui provoque une baisse du pH, A CONDITION que les autres facteurs agissant sur le pH restent constants. Le pH dépend de PLUSIEURS facteurs, parmi lesquels la température : un exemple est donné dans l'annexe « Modélisation MPO » § 5.1

b) Il me semble que l'échantillonnage des mesures ainsi que la précision sont insuffisant pour démontrer une acidification MOYENNE de l'ENSEMBLE de l'océan.

<https://www.science-climat-energie.be/2018/06/05/reflexions-sur-lacidification-des-oceans/>

c) Une baisse du pH océanique NE démontre PAS que l'océan ne peut émettre (en net) du CO<sub>2</sub> vers l'atmosphère : un apport de carbone par la lithosphère, via le fond océanique (apport SUPERIEUR au dégazage en surface), entraîne AUSSI à terme une baisse du pH de l'océan.

2) « Cet argument dérange à l'hypothèse d'une origine majoritairement naturelle de l'accroissement du taux de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère au cours du siècle dernier ». Sur ce point, je suis d'accord avec vous, à condition que les arguments a) b) c) soient TOUS inopérants.

• **Guillermo GM, 3 septembre 2022 à 18 h 51 min**

Bonjour, quelques questions :

1) La courbe du graphique 1b et la courbe rouge du graphique 2a, bien que très similaires, ne sont pas tout à fait identiques. Comment l'expliquez-vous ?

2) À propos du point B.2. : vous dites que le CO<sub>2</sub> suit de près de 800 ans la température, or des travaux plus récents indiquent un déphasage quasi nul entre le CO<sub>2</sub> et la température (ce qui pourrait par ailleurs soutenir la thèse anthropique du réchauffement climatique) : <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1226368>

3) À propos du point B.2.3. : vous dites « 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 » → Quelles sont vos références permettant d'affirmer cela ? De plus, votre article date de 4 ans : avez-vous trouvé entre-temps d'autres biais au sujet des proxys des carottes glaciaires ?

Merci d'avance !

• **JC Maurin, 4 septembre 2022 à 22 h 41 min**

Réponses à 2)

a) Le décalage temporel de 800 ans est repris de Caillon et al. dans ma figure 8. Ce décalage pour la CONCENTRATION de CO<sub>2</sub> est basé sur des archives glaciaires. Ma légende de la figure 8 exprime une certaine prudence à propos de ce décalage de 800 ans: il est déduit de proxys comportant nécessairement des biais.

b) Si on effectue une dérivée de la concentration avec  $dt = 12$  mois, on obtient la croissance annuelle du CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère =  $d[CO_2] / dt$

Sur mes figures 2a 2b 2c je ne trouve PAS de décalage (ou bien il est inférieur à 1 mois) pour la CROISSANCE ANNUELLE. A noter que ces figures sont basées sur des observations MODERNES.

En résumé : pour la CROISSANCE ANNUELLE je ne trouve pas de décalage SI on se base sur les mesures modernes ET SI le calcul de croissance annuelle est correctement affecté au CENTRE de l'intervalle de 12 mois.

• **JC Maurin, 4 septembre 2022 à 22 h 43 min**

Réponses à 3)

a) La neige fraîchement tombée en surface d'un glacier laisse circuler l'air. Ce sont les cycles annuels gel/dégel ainsi que la pression (dû à la masse de neige au-dessus) qui vont progressivement transformer la neige en glace, rendant alors les microbulles hermétiques. La durée, de l'ordre du siècle, n'est pas fixe car elle dépend des précipitations neigeuses annuelles, différentes en centre Antarctique et au Groenland.

– Quelques illustrations

How do glaciers form? <http://nsidc.org/learn/parts-cryosphere/glaciers>

une illustration plus explicite:

[http://www.iceandclimate.nbi.ku.dk/images/images\\_research\\_sep\\_09/Firn\\_popular.jpg](http://www.iceandclimate.nbi.ku.dk/images/images_research_sep_09/Firn_popular.jpg)

l'article original est ici

[http://www.iceandclimate.nbi.ku.dk/research/drill\\_analysing/cutting\\_and\\_analysing\\_ice\\_cores/analysing\\_gasses/firn\\_zone/](http://www.iceandclimate.nbi.ku.dk/research/drill_analysing/cutting_and_analysing_ice_cores/analysing_gasses/firn_zone/)

– Quelques références

<http://tc.copernicus.org/articles/16/967/2022/>

[http://www.researchgate.net/publication/307717214\\_Present\\_and\\_future\\_variations\\_in\\_Antarctic\\_firn\\_air\\_content](http://www.researchgate.net/publication/307717214_Present_and_future_variations_in_Antarctic_firn_air_content)

b) Les 2 biais principaux (pour le sujet) sont dans mon article de 2018 :

– filtrage passe bas au moins de l'ordre du siècle

– un seul échantillon par millénaire en moyenne.

Pour un biais supplémentaire, je vous suggère de lire cet article SCE

<http://www.science-climat-energie.be/2018/11/22/carottes-de-glace-co2-et-micro-organismes/>

• **JC Maurin, 5 septembre 2022 à 10 h 00 min**

Il semble que les liens ne fonctionnent pas.

Vous pouvez, sur un moteur de recherche, utiliser les mots clé :

firn ice bubble

Vous devriez retrouver ainsi l'article « The firn zone: Transforming snow to ice »

• **JC Maurin, 4 septembre 2022 à 13 h 38 min**

Réponse à 1)

a) Les échelles horizontales ne sont PAS identiques: 1980 à 2020 pour fig 1b, 1995 à 2020 pour fig 2a

b) Échelles verticales: en ppm/an pour la fig 1b, mais pour la fig 2a on a l'échelle de l'anomalie température (courbe verte), en degrés

c) La courbe de la figure 1b est élaboré avec un LISSAGE CENTRE de 5 mois. La fig 2a est issue directement de Woodfortree

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

par J.C. Maurin, Professeur agrégé de physique, 12 novembre 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).

### C. Modèle anthropique GIEC

#### C1. 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.

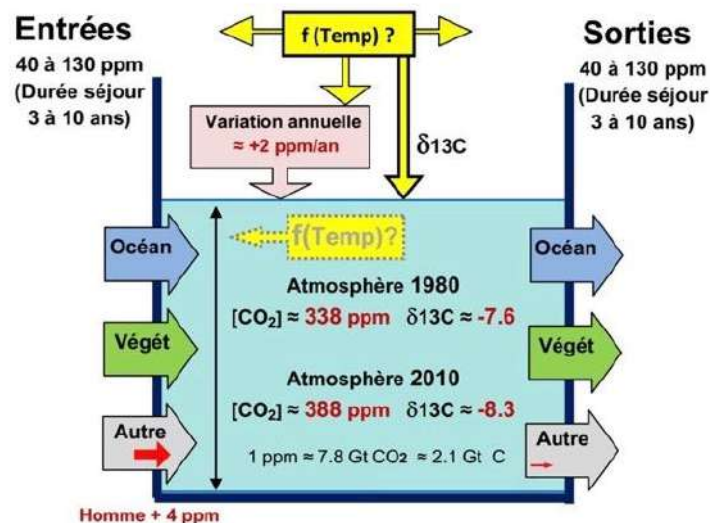


Figure 1. Le schéma résume la connaissance limitée des entrées et sorties du CO<sub>2</sub>. Seules les valeurs en rouge sont réellement connues (2) (3) (4).

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.

## C2. 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).

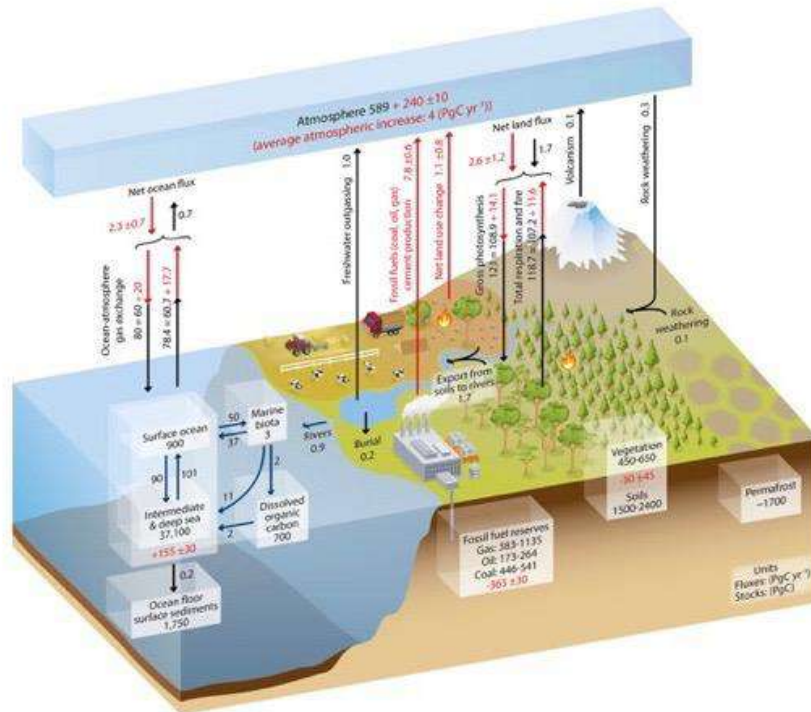


Figure 2a. Modèle GIEC (1) (AR5 fig 6.01). PgC = Pétagramme de carbone = 1 Gigatonne de Carbone.

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

Figure 2b. Tableau de conversion.

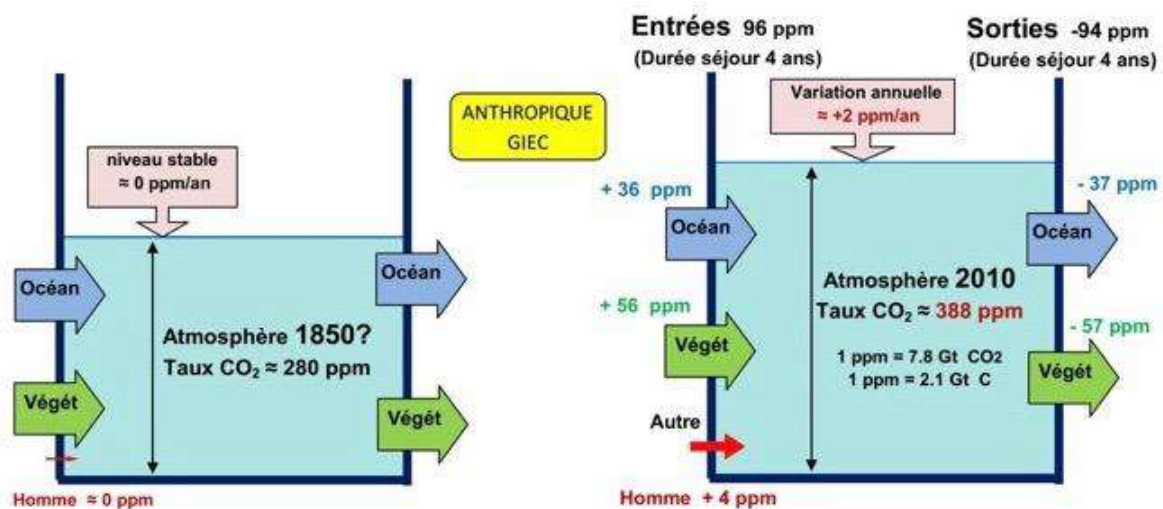
### C2.1 Remarques préliminaires

- 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).

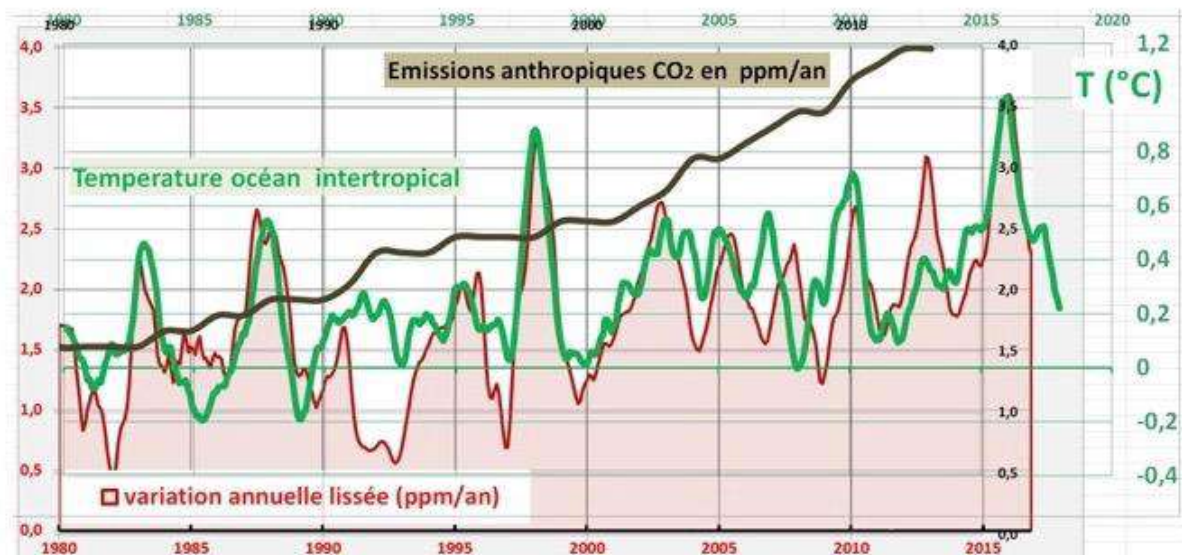
## C2.2 Remarques complémentaires

- 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 ( $\approx 36$  ppm) et la végétation ( $\approx 56$  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.

### C3. Validité du modèle anthropique du GIEC (Fig. 4)

### C3.1 Incompatibilité du modèle GIEC avec le $\delta^{13}\text{C}$

On cherche à déterminer, à partir de l'atmosphère de 1980 (338 ppm de  $\text{CO}_2$  et  $\delta^{13}\text{C} = -7.6$  ‰) comment passer vers celle de 2010 (388 ppm de  $\text{CO}_2$  et  $\delta^{13}\text{C} = -8.3$  ‰).

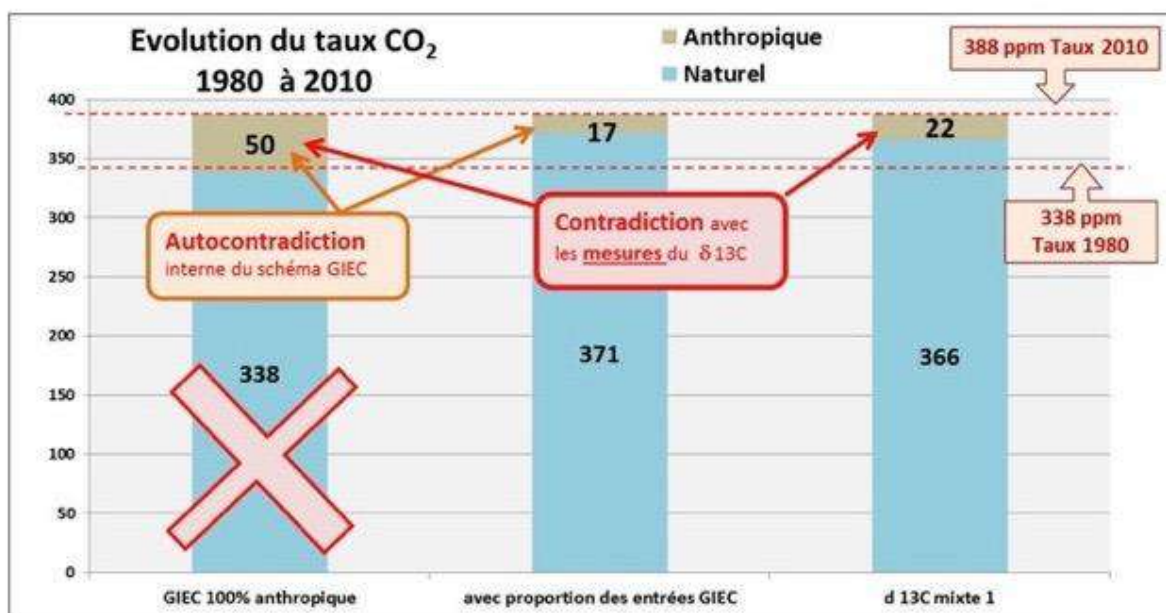
Nous allons voir qu'entre 1980 et 2010, la variation du  $\delta^{13}\text{C}$  des **observations** (établies à partir des mesures) ne peut pas être entièrement attribuée à l'homme (Fig. 4a).

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  $\text{CO}_2$ , avec un  $\delta^{13}\text{C}$  de  $-7.6$  ‰, et qu'en 2010 l'atmosphère contenait 388 ppm de  $\text{CO}_2$  avec un  $\delta^{13}\text{C}$  de  $-8.3$  ‰ (haut de la figure). L'apport net en  $\text{CO}_2$  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  $-10.4$  ‰  $[(-7.6 \cdot 338) + (-29 \cdot 50)] / 388 = -10.4$  ‰]. 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)  $[(-7.6 \cdot 338) + (-29 \cdot 22) + (-0.5 \cdot 28)] / 388 = -8.3$  ‰. 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  $\text{CO}_2$  anthropique dans l'atmosphère.

Il **n'est pas possible** de retrouver le  $\delta^{13}\text{C}$  des observations avec un apport net de  $\text{CO}_2$  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**.

### C3.2 Les modèles mixtes (Fig. 5)

On désignera par **modèle mixte** un modèle qui attribue les évolutions récentes du  $\text{CO}_2$  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  $\delta^{13}\text{C} = -8.3$  ‰ mesuré en 2010.

Notons que la combustion de matières fossiles (gaz naturel, charbon, pétrole) produit du  $\text{CO}_2$  qui présente une déviation isotopique de l'ordre de  $-27$  à  $-30$ ‰, valeurs caractéristiques du  $\text{CO}_2$  industriel (Fig. 5a).

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

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

Modèle mixte 1	Atmosphère 1980	Apport net anthropique 44%	Apport net naturel 56%	Atmosphère 2010
Taux (ppm)	338	22	28	388
$\delta^{13}\text{C}$	-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
$\delta^{13}\text{C}$	-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
$\delta^{13}\text{C}$	-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
$\delta^{13}\text{C}$	-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  $\delta^{13}\text{C}$ , fond rose Fig. 5b), il existera de très nombreuses possibilités pour retrouver une valeur du  $\delta^{13}\text{C} = -8.3$  ‰ 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  $\delta^{13}\text{C} = +11$  ‰ (modèle mixte 2  $\rightarrow [(338 \cdot -7.6) + (30 \cdot -29) + (20 \cdot 11)] / 388 = -8.3$  ‰). Cependant, existe-t-il un apport naturel avec un  $\delta^{13}\text{C}$  valant  $+11$  ‰ ? L'apport naturel avec  $\delta^{13}\text{C} = -7.6$  ‰ est **majoritaire** pour obtenir le  $\delta^{13}\text{C}$  mesuré (modèle mixte 4  $\rightarrow [(338 \cdot -7.6) + (13 \cdot -29) + (37 \cdot -7.6)] / 388 = -8.3$  ‰).

## C4. 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 « CO2 GIEC » met en forme les données d'observations, explore les modèles mixtes, estime quelques ordres de grandeurs.

### Quelques commentaires de lecteurs

#### • Robert, 13 novembre 2018 à 23 h 21 min

J'ai du mal à vous suivre, Où donc est passé le CO<sub>2</sub> émis par la combustion des fossiles ? Auriez vous oublié le premier principe ? Celui de la conservation de l'énergie ? On a quand même pris plus de 100 ppm depuis le début des mesures à Mauna Loa.

D'autre part la diminution du taux de O<sub>2</sub> est en accord avec l'augmentation du taux de CO<sub>2</sub> fournissant ainsi la preuve que c'est la combustion qui est à l'origine de cette augmentation.

#### • Jean N., 15 novembre 2018 à 13 h 21 min

Robert, vous dites que vous ne savez pas où est passé le CO<sub>2</sub> émis par la combustion des fossiles. Mais c'est le thème de l'article! Il est écrit que le GIEC considère que tout le CO<sub>2</sub> émis par la combustion des combustibles fossiles va dans l'atmosphère et est responsable de l'augmentation de 50 ppm observée. Il est ensuite démontré dans l'article que si c'était le cas, le  $\delta^{13}\text{C}$  ne serait pas celui que l'on observe. Vous devriez être plus attentif en lisant les articles.

Vous parlez ensuite du principe de la conservation de l'énergie. Mais votre commentaire est hors propos. L'article ne parle pas d'énergie ni de flux radiatifs mais de concentration de CO<sub>2</sub>.

Vous dites ensuite que la diminution du taux de O<sub>2</sub> est en accord avec l'augmentation du taux de CO<sub>2</sub> fournissant ainsi la preuve que c'est la combustion qui est à l'origine de cette augmentation. Commencez donc par fournir une référence (publication scientifique) traitant de ce problème. Sans références vos paroles s'envolent dans l'atmosphère!

#### • Ferdinand Engelbeen, 15 novembre 2018 à 18 h 45 min

Il y a des problèmes avec cet article. Premièrement, il faut tenir compte du fait que le bilan de masse doit être respecté. L'homme ajoute 4 ppmv / an et la nature en absorbe 2 ppmv / an. Le bilan de masse indique donc que la contribution de la nature à l'augmentation du CO<sub>2</sub> est pratiquement nulle.

D'autre part, le calcul de  $\delta^{13}\text{C}$  est basé sur l'hypothèse que tout le CO<sub>2</sub> humain original est resté dans l'atmosphère. Ce n'est bien sûr pas le cas: 20% / an de tout le CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère a été remplacé par du CO<sub>2</sub> provenant d'autres réservoirs, notamment des océans profonds, avec un  $\delta^{13}\text{C}$  supérieur à celui de l'atmosphère. Avec environ 40 Pg de CO<sub>2</sub> / an d'échanges entre les océans profonds et l'atmosphère, on peut expliquer à la fois l'augmentation de CO<sub>2</sub> et la diminution de  $\delta^{13}\text{C}$  par l'homme ...

Voir: [http://www.ferdinand-engelbeen.be/klimaat/klim\\_img/deep\\_ocean\\_air\\_zero.jpg](http://www.ferdinand-engelbeen.be/klimaat/klim_img/deep_ocean_air_zero.jpg)

(traduit par Google Translate, pas de problème pour lire le français, mais écrire est un peu plus difficile)

• **JC Maurin, 4 décembre 2018 à 16 h 02 min**

@ F engelbeen. Merci pour votre patience. La partie 4/4 est désormais publiée : comme convenu, voici donc ma réponse.

1) Un bilan équilibré d'un modèle MP est visible à la figure 8b du 4/4. Le bilan de masse est parfaitement respecté.

2) Mon calcul de  $\delta^{13}\text{C}$  n'est pas basé sur l'hypothèse que « tout le  $\text{CO}_2$  humain original est resté dans l'atmosphère » (la référence 1 du présent article 3/4 vous a échappé) Il est bien question de la totalité de la hausse du  $\text{CO}_2$  atmosphérique et non de la totalité des émissions anthropiques.

Selon le GIEC, cette hausse correspondrait à 50% de nos émissions anthropiques.

Vous lirez la référence 7 de l'article 4/4 : le GIEC y prétend que la moitié et non la totalité des émissions anthropiques restent dans l'atmosphère. Cette valeur de 50 % est une hypothèse. Cette hypothèse est réfutée en détail dans le présent article 3/4.

Dans l'article 4/4, le texte entre les Figs 7a et 7b invalide à nouveau l'hypothèse ad hoc des 50% , cette fois à partir des ratios de sortie.

3) Pouvez-vous donner les références pour « environ 40 Pg/an de  $\text{CO}_2$  pour les échanges entre océans profonds et atmosphère »

Par ailleurs, ne s'agit-il pas de 40 PgC/an ? (Carbone plutôt que  $\text{CO}_2$ )

• **Ferdinand Engelbeen, 8 décembre 2018 à 11 h 10 min**

@JC Maurin

1) Répondu en 4/4

2)-3) Convenu que vous n'avez pas supposé que tout le  $\text{CO}_2$  induit par l'homme restait dans l'atmosphère.

Le problème principal de tout le raisonnement est qu'il s'agit d'un mélange de changements isotopiques et de changements de masse: Les émissions humaines ajoutent à la masse totale de  $\text{CO}_2$  dans l'atmosphère et diminuent son niveau de  $\delta^{13}\text{C}$ . Les cycles du carbone naturel réduisent actuellement la masse totale de  $\text{CO}_2$  dans l'atmosphère et augmentent son niveau de  $\delta^{13}\text{C}$ .

Ainsi, alors que l'augmentation (presque) totale de la masse de  $\text{CO}_2$  dans l'atmosphère (environ 50% de l'apport humain) provient d'émissions humaines, la diminution de  $\delta^{13}\text{C}$  est un mélange d'apport humain et de la circulation naturel, principalement des profondeurs des océans.

La surface de l'océan et la végétation sont en équilibre rapide avec l'atmosphère pour les changements isotopiques (taux de change moyen inférieur à un an).

Pas si pour les profondeurs des océans. Ce qui est absorbé aux pôles est la composition isotopique d'aujourd'hui. Ce qui revient la même année, c'est la composition isotopique d'il ya environ 1 000 ans, bien avant les émissions humaines. Cela signifie que tout échange avec les océans profonds augmentera le niveau isotopique vers l'équilibre préindustriel qui était de  $-6,4 \pm 0,2$  par mille, mesuré dans les carottes de glace au cours de la majeure partie de l'holocène (y compris le fractionnement eau-air et inverse des isotopes). Voyez depuis 600 ans environ la composition isotopique de la surface de l'océan et l'atmosphère:

[http://www.ferdinand-engelbeen.be/klimaat/klim\\_img/sponges.jpg](http://www.ferdinand-engelbeen.be/klimaat/klim_img/sponges.jpg)

Ajoutons à cela le fait que la végétation est aussi un puits net de  $\text{CO}_2$ , préférentiellement  $^{12}\text{CO}_2$ , laissant ainsi relatif plus de  $^{13}\text{CO}_2$  dans l'atmosphère, augmentant également son niveau de  $\delta^{13}\text{C}$ .

En supposant que  $-6,4$  pour mille soit le changement net causé par toutes échanges de  $\text{CO}_2$  avec les océans profonds, on peut estimer le flux océan profond-atmosphère, car cela « dilue l'empreinte » humaine. Une circulation de  $\text{CO}_2$  d'environ 40 GtC/an entre les sources équatorial et les puits polaires fera l'affaire, sans compter le rôle de la végétation.

La circulation océanique profonde à 40 GtC/an n'est qu'une estimation fondée sur les variations du niveau de  $\delta^{13}\text{C}$ .

Le point n'est pas les flux d'échange exacts, le point est que le changement de la masse de  $\text{CO}_2$  dans l'atmosphère est (presque) entièrement causé par les émissions humaines, mais que le changement de  $\delta^{13}\text{C}$  est causé par les émissions humaines en grande partie (environ 2/3) modifié par les échanges océaniques profonds, qui sont eux-mêmes un puits net de  $\text{CO}_2$  en masse...

• **JC Maurin, 9 décembre 2018 à 22 h 51 min**

@ F Engelbeen du 8 decembre

a) « Les émissions humaines ajoutent à la masse totale de  $\text{CO}_2$  dans l'atmosphère et diminuent son niveau de  $\delta^{13}\text{C}$  ». Nous sommes d'accord sur ce point ci.

b) « le point est que le changement de la masse de  $\text{CO}_2$  dans l'atmosphère est (presque) entièrement causé par les émissions humaines » Nous ne sommes pas d'accord sur ce point-là.

L'article 3/4 montre précisément que le seul apport anthropique devrait entraîner  $d^{13}\text{C} = -10,4$  ‰, en désaccord avec les observations. Les apports nets ne sont donc pas seulement le fait de l'homme, une autre source fournit des apports nets, et ceux-ci doivent avoir  $\delta^{13}\text{C}$  compris entre  $-8$  ‰ et  $12$  ‰

c) « La surface de l'océan et la végétation sont en équilibre rapide avec l'atmosphère pour les changements isotopiques »

[http://www.ferdinand-engelbeen.be/klimaat/klim\\_img/sponges.jpg](http://www.ferdinand-engelbeen.be/klimaat/klim_img/sponges.jpg)

Il y a 600 ou 1000 ans, quels étaient les flux (océan / végétation) pour avoir une atmosphère (en équilibre ?) telle que  $\delta^{13}\text{C} \approx -6,5$  ?

Pour un unique flux = végétation avec  $\delta^{13}\text{C} \approx -26 \text{ ‰}$  l'atmosphère est alors telle que  $\delta^{13}\text{C} \approx -26 \text{ ‰}$ . Pour un unique flux = océan avec  $\delta^{13}\text{C} \approx 0 \text{ ‰}$  l'atmosphère est alors telle que  $\delta^{13}\text{C} \approx 0 \text{ ‰}$ . Mais pour un mélange de flux 25% végétation pour 75% océan nous avons une atmosphère avec  $\delta^{13}\text{C} = 0.25 \cdot -26 + 0.75 \cdot 0 = -6.5 \text{ ‰}$ . On peut donc se demander si la répartition 50% végétation et 50% océan (que le GIEC utilise) est bien correcte.

N'est-elle pas une simple hypothèse ? Enfin il reste possible que d'autres flux existent (flèche Autre dans figure 1 du 3/4). Vous comprenez pourquoi ma conclusion du 4/4 débute par « Le cycle du  $\text{CO}_2$  des dernières décennies est largement inconnu ... »

d) Je constate que vous utilisez désormais 40 GtC/an et non plus les 40 Pg de  $\text{CO}_2$  /an que vous aviez utilisé dans votre commentaire (15 novembre 18h45min) dans le 3/4. Il s'agit donc bien de carbone et non de  $\text{CO}_2$  ? Soit 147 Gt  $\text{CO}_2$  /an ?

Pouvez-vous m'indiquer une référence pour 40 GtC/an (ou 147 Gt  $\text{CO}_2$  /an) ?

• **Ferdinand Engelbeen, 14 décembre 2018 à 17 h 49 min**

@JC Maurin, Désolé pour la réponse tardive...

À propos de b): Pour réduire la chute de  $\delta^{13}\text{C}$  causée par les émissions humaines, vous n'avez pas besoin d'un intrant net supplémentaire de masse provenant d'autres sources. Il suffit d'avoir des échanges avec d'autres réservoirs qui ne reviennent pas avec la même composition isotopique que dans l'atmosphère à court terme. Ce sont les échanges avec les profondeurs des océans. Cela donne beaucoup de changement dans la composition isotopique, sans grand changement (même négatif) de masse. C'est ce que montre le graphique ci-dessous: avec 40 GtC/an (ou environ 20 ppmv/an, désolé, pas 40 Gt  $\text{CO}_2$ /an...), le changement isotopique à partir des observations est rencontré ...

Pour la végétation et la surface de l'océan, les niveaux de  $\delta^{13}\text{C}$  suivent simplement ceux de l'atmosphère et le  $\text{CO}_2$  humain à faible  $^{13}\text{C}$  est réparti sur ces trois réservoirs.

À propos de c) : « Pour un flux unique = végétation avec  $\delta^{13}\text{C} -26 \text{ ‰}$  atmosphère est alors telle que  $\delta^{13}\text{C} -26 \text{ ‰}$  ». C'est plus compliqué... Le  $\text{CO}_2$  absorbé par la végétation donne  $+26 \text{ ‰}$   $\delta^{13}\text{C}$ , tandis que le  $\text{CO}_2$  libéré par la décomposition de la végétation donne  $-26 \text{ ‰}$ . Ainsi, lorsque l'absorption et la décomposition sont en équilibre, il n'y a aucun changement de  $\delta^{13}\text{C}$  dans l'atmosphère.

Même chose pour la surface de l'océan: tant que les flux d'entrée / sortie sont en équilibre, il n'y a aucun effet sur le niveau de  $\delta^{13}\text{C}$  dans l'atmosphère.

La seule exception concerne les échanges avec les profondeurs des océans, qui absorbent la composition isotopique actuelle mais libèrent la composition isotopique il y a environ 1 000 ans. On ne peut pas regarder les influx naturels en solitude...

Pour compliquer encore les choses: la composition isotopique du  $\text{CO}_2$  à la frontière eau-air se modifie également:  $-10 \text{ ‰}$  et à la frontière air-eau  $+2 \text{ ‰}$ . Moyenne (si en équilibre):  $-8 \text{ ‰}$  dans l'atmosphère pour les eaux profondes de l'océan à  $0 \text{ ‰}$ . Ajoutez à cela que bio-life à la

surface – et en particulier dans les zones de source – augmente le niveau à 1-5 ‰  $\delta^{13}\text{C}$  dans les eaux de surface de l’océan...

Le résultat moyen sur les 10 000 années préindustrielles est alors de  $-6,4 \pm 0,2$  ‰  $\delta^{13}\text{C}$ . J’ai utilisé le -6,4 comme niveau réel de  $\delta^{13}\text{C}$  dans le calcul des échanges océan profond-atmosphère.

Cela fait suivre les flux entrants / sortants (tous en GtC/an ou par saison; en ppmv environ la moitié):

Émissions humaines: +9 GtC aller simple.

Saisonnier: surface de l’océan (\*): 50 GtC en entrée, 50,5 GtC en sortie.

végétation (\*\*): 60 GtC en entrée, 62 GtC en sortie, à contre-courant avec la surface de l’océan.

Cela donne l’amplitude saisonnière de +/- 5 ppmv.

Continu: océans profonds: 40 GtC en entrée, 42 GtC en sortie.

Atmosphère, effet net: +4,5 GtC.

(\*) En raison de la chimie du carbone océanique, l’augmentation du carbone inorganique total (DIC) ne représente qu’environ 10% de l’augmentation de l’atmosphère. Toujours selon la loi de Henry, une augmentation de 100% du  $\text{CO}_2$  dans l’atmosphère entraîne une augmentation de 100% du  $\text{CO}_2$  dissous, mais la dissociation en ions bicarbonate, carbonate et hydrogène est d’environ 10% à mesure que le pH baisse.

(\*\*) il existe d’énormes flux diurnes (~ 60 GtC in/out) dans la végétation. Comme ceux-ci n’atteignent pas la majeure partie de l’atmosphère, ils n’influencent pas la masse totale ni la composition isotopique.

point d) Ma faute: il est de 40 GtC/an, basé sur l’hypothèse que le  $\text{CO}_2$  océanique profond en interaction avec l’atmosphère a un niveau  $\delta^{13}\text{C}$  de -6,4 et que l’absorption et la décomposition de la végétation sont en équilibre:

[http://www.ferdinand-engelbeen.be/klimaat/klim\\_img/deep\\_ocean\\_air\\_zero.jpg](http://www.ferdinand-engelbeen.be/klimaat/klim_img/deep_ocean_air_zero.jpg)

• **Guillermo GM, 14 février 2022 à 10 h 54 min**

Bonjour, Vous concluez en disant que « L’atmosphère actuelle comporte environ 20 ppm de  $\text{CO}_2$  anthropique correspondant à 20/400 soit  $\approx 5\%$  du  $\text{CO}_2$  atmosphérique. »

Comment expliquez-vous alors que durant ce dernier siècle le  $\text{CO}_2$  n’a jamais augmenté si rapidement ? On peut clairement le constater en regardant simplement un graphique quelconque sur l’évolution du taux de  $\text{CO}_2$  ces derniers 400 000 ans, par exemple ici : [https://fr.m.wikipedia.org/wiki/Fichier:Evolution\\_du\\_CO2\\_depuis\\_400\\_000\\_ans.JPG](https://fr.m.wikipedia.org/wiki/Fichier:Evolution_du_CO2_depuis_400_000_ans.JPG). Cette augmentation fulgurante coïncide comme par hasard parfaitement avec l’ère industrielle...



Merci d'avance.

• **JC Maurin, 14 février 2022 à 16 h 55 min**

Merci pour votre remarque qui est tout à fait logique.

1) Il me semble qu'il ne faut pas accorder le même degré de confiance entre les mesures de CO<sub>2</sub> atmosphérique entre 1980 et 2020 (calibrées, comparables, sur plusieurs observatoires) et un simple proxy. Dans le graphique que vous présentez, il s'agit bien d'un « proxy » = le CO<sub>2</sub> qui subsiste dans les microbulles de glace. Il n'est pas certain que ce proxy reflète fidèlement le CO<sub>2</sub> présent dans l'atmosphère à cette époque : Il existe a minima un biais de filtrage passe bas (les évolutions en dessous du siècle sont invisibles).

2) Les différents biais possibles sont développés dans les paragraphes B22 et B23 de cet article (SCE 4 octobre 2018). A propos de l'augmentation « fulgurante » du taux de CO<sub>2</sub> vous devriez lire cet article (SCE 10 janvier 2019)

3) Si vous avez le temps, vous pourriez aussi consulter:

<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.650.6712&rep=rep1&type=pdf>

ou bien [https://21sci-tech.com/Articles%202007/20\\_1-2\\_CO2\\_Scandal.pdf](https://21sci-tech.com/Articles%202007/20_1-2_CO2_Scandal.pdf)

• **Guillermo GM, 4 septembre 2022 à 19 h 22 min**

Bonjour, quelques questions :

1) Au point C.2.1., vous dites : « 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) ». Or, la figure 4b montre (au milieu de l'image) une proportion 17 / 371 ppm (et non 374 ppm). N'y a-t-il pas une contradiction ?

2) Je reprends ce que vous dites : « 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). » Je ne pense pas qu'il y ait une autocontradiction dans le modèle du GIEC, car celui-ci suppose qu'il n'y a pas de mélange entre le CO<sub>2</sub> humain et le CO<sub>2</sub> naturel. Avec votre calcul menant à la proportion 374/17 ppm de CO<sub>2</sub>, vous supposez que le CO<sub>2</sub> humain est mélangé avec celui naturel, ce que le GIEC ne fait pas.

3) Figure 2c : Dans le modèle du GIEC, si l'on fait abstraction de la part anthropique, n'est-il pas étrange que la nature absorbe plus de CO<sub>2</sub> qu'elle en émet ? Cela voudrait dire que, en l'absence d'être humains, le taux de CO<sub>2</sub> atmosphérique devrait continuellement baisser, non ?

4) Figure 4a : Vous dites que le  $\delta^{13}\text{C}$  des combustibles fossiles est de -29 et celui de l'océan est de -0,5. Quelles sont vos sources ? Toujours sur la figure 4a, à gauche, pourquoi écrivez-

vous que le GIEC pense qu'il y a 50 ppm anthropiques et 338 ppm naturels ? Le GIEC pense qu'il y a 112 ppm anthropiques et 280 ppm naturels.

5) De manière générale, je pense qu'il est extrêmement difficile, voire impossible, de connaître la proportion de molécules d'origine humaine/naturelle subsistant dans l'atmosphère à partir uniquement d'un modèle (comme celui du GIEC) et ce, même en connaissant parfaitement les entrées et sorties du CO<sub>2</sub>. La figure 1 de votre article l'illustre : votre modèle prétend de manière schématisée que, en l'espace d'un an, la nature et l'homme émettent 40 à 130 ppm et que, PAR LA SUITE, après un mélange atmosphérique, la nature fixe 40 à 130 ppm à nouveau. En réalité, dans le monde physique qui nous entoure, la nature et l'homme émettent et fixent de manière synchrone le CO<sub>2</sub>. Ce n'est PAS d'abord « j'émet du CO<sub>2</sub> », puis après « je fixe du CO<sub>2</sub> »... Ma remarque s'adresse également à Jean N. qui avait fait l'analogie des billes blanches et rouges : selon lui, D'ABORD on met un certain nombre de billes dans un sac, PUIS ensuite on en retire un certain nombre (voir <https://www.science-climat-energie.be/2022/02/11/les-incertitudes-du-cycle-du-carbone-rendent-sa-modelisation-hasardeuse/#comment-12416>)... mais la Terre ne fonctionne pas comme ça.

6) Vous dites : « L'atmosphère actuelle comporte environ 20 ppm de CO<sub>2</sub> anthropique correspondant à 20/400 soit  $\approx 5\%$  du CO<sub>2</sub> atmosphérique ». J'ai donc essayé de calculer par moi-même la part humaine/naturelle de la concentration de CO<sub>2</sub> en 2010. Voici mon calcul :

Soit x la concentration en ppm de CO<sub>2</sub> d'origine naturelle,

Soit y la concentration en ppm de CO<sub>2</sub> d'origine humaine,

Puisque le  $\delta^{13}\text{C}$  en 1850 (tout début des émissions anthropiques de GES) était d'environ  $-6,3\text{‰}$  (voir <https://skepticalscience.com/co2-increase-is-natural-not-human-caused.htm>),

Puisque le  $\delta^{13}\text{C}$  des combustibles fossiles est de  $-29\text{‰}$ ,

Puisque le  $\delta^{13}\text{C}$  en 2010 était de  $-8,3\text{‰}$  (selon le CDIAC), alors :

$$[(x*-6.3) +(y*-29)] /388 = -8.3 \text{‰}$$

Puisque  $x + y = 388$  ppm, alors  $x = 388 - y$

En isolant y, on trouve :  $y = 34,185$  ppm.

Donc  $x = 353,815$  ppm.

Je dirai donc plutôt que l'atmosphère en 2010 comportait environ 34,2 ppm de CO<sub>2</sub> anthropique (environ 8,8% du total, on est donc relativement proche des 5% que vous mentionnez dans votre conclusion).

7) Pouvez-vous justifier votre phrase suivante ? : « 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. » Je suis d'accord pour dire que le modèle du GIEC est incompatible avec les mesures de  $\delta^{13}\text{C}$ , mais en quoi ces dernières mesures sont-elles une preuve que les évolutions récentes du CO<sub>2</sub> atmosphérique ne peuvent pas avoir une cause uniquement anthropique ?

Mes conclusions :

- Le modèle du GIEC, bien que insensé puisque en contradiction avec les mesures en  $\delta^{13}\text{C}$  (comme le démontre votre figure 4a), n'est pas autocontradictoire ;
- Le modèle du GIEC est donc effectivement à rejeter ;
- En admettant que les données du CDIAC et du site susmentionné sont correctes, il y avait en 2010 34 ppm de  $\text{CO}_2$  anthropique contre 353 ppm de  $\text{CO}_2$  naturel. Par contre, cela ne prouve rien quant à la responsabilité majoritaire de l'homme sur l'évolution du  $\text{CO}_2$  atmosphérique sur le siècle dernier. Cela prouve seulement que l'homme était responsable à au moins 8,8% du taux de  $\text{CO}_2$  en 2010 ;
- Rien dans cet article ne permet de conclure que l'évolution du  $\text{CO}_2$  atmosphérique sur le siècle dernier n'est pas majoritairement dû aux activités humaines.

Merci d'avance de votre réponse ☺

**• JC Maurin, 6 septembre 2022 à 12 h 44 min**

Merci pour votre intérêt marqué pour le sujet du  $\text{CO}_2$  atmosphérique, j'ai déjà répondu à vos questions précédentes pour les parties 1/4 et 2/4.

Je vais répondre à vos nombreuses questions sur la partie 3/4, mais de façon progressive, en plusieurs épisodes.

Réponse au 1) Pas de contradiction car les DATES sont différentes: le schéma de l'AR5 figure la situation vers 2011 (390 ppm), la figure 4b figure la situation vers 2010 (388 ppm)

Réponse au 2)

a) Ce n'est pas une supposition de ma part: il est impossible que le  $\text{CO}_2$  anthropique et le  $\text{CO}_2$  naturel ne se mélangent pas, au moins en partie, dans l'atmosphère.

b) Je n'ai pas lu dans l'AR5 cette supposition de non mélange dans l'atmosphère, de la part du GIEC.

**• JC Maurin, 6 septembre 2022 à 12 h 46 min**

Réponse au 3) Dans le modèle du GIEC, un arrêt total des émissions anthropiques entraîne bien une décroissance durable de la concentration du  $\text{CO}_2$  atmosphérique car le GIEC SUPPOSE des flux naturels CONSTANTS. Dans un modèle où les flux naturels croissent( tel le modèle MPO), suite à un arrêt total des émissions anthropiques, la baisse sera TEMPORAIRE, la hausse reprend au bout de quelques années mais avec une vitesse de croissance plus faible.

Réponse au 4)

a) Combustibles fossiles: le lien figure en rouge dans le texte au § C32

Océan en surface : <http://bg.copernicus.org/preprints/11/C9198/2015/bgd-11-C9198-2015-print.pdf>

« At equilibrium with the atmosphere, the  $\delta^{13}\text{C-DIC}$  in surface waters would be  $\sim 0.49 \text{ ‰}$  (estimated with the isotopic carbon fractionation factor measured in distilled water by Zhang et al. 1995) »

b) A nouveau c'est la conséquence de DATES différentes: 112 ppm versus 280 ppm (GIEC) c'est entre 1850 et 2010. A noter que les 280 ppm du GIEC sont tirés des archives glaciaires, une valeur que l'on doit prendre avec BEAUCOUP de prudence. C'est la raison pour laquelle, j'ai adapté le calcul entre 1980 et 2010: 50 ppm versus 338 ppm, avec 338 ppm = mesure moderne directe à MLO

• **JC Maurin, 7 septembre 2022 à 10 h 45 min**

@ Guillermo GM, Réponse au 5)

a) Je suis d'accord sur ces 2 points.

b) Je NE suppose PAS un mélange discontinu dans le temps; le mélange se fait bien au fur et à mesure et à chaque instant. Je prends seulement un pas de calcul de 1 an, mais le raisonnement serait similaire avec un pas de 1 jour.

Réponse au 6)  $\delta^{13}\text{C} = -6,3 \text{ ‰}$  est obtenu via proxies et non par des mesures modernes. Cette valeur doit donc être prise avec prudence. Je vous engage à refaire votre calcul avec  $\delta^{13}\text{C} = -7 \text{ ‰}$ , vous constaterez la dépendance à la valeur exacte pour  $\delta^{13}\text{C}$  en 1850.

Si on souhaite des valeurs précises, il faut des mesures DIRECTES avec spectromètre de masse, mais AUSSI des mesures sur l'ENSEMBLE du globe.

En pratique, on doit utiliser les mesures à partir de 1980.

• **JC Maurin, 7 septembre 2022 à 16 h 37 min**

@ Guillermo GM: dernière partie de mes réponses

Réponse 7) Si vous admettez que l'apport net ne peut être seulement anthropique, alors une (des) autre(s) source(s) fournissent l'autre partie de l'apport net : la hausse n'est pas uniquement anthropique.

Réponse à « Mes conclusions »)

a) En effet l'article démontre SEULEMENT que les évolutions du  $\text{CO}_2$  atmosphérique ne peuvent être uniquement anthropiques

b) On ne peut espérer une évaluation de la proportion naturelle/ anthropique QUE SI l'on dispose des valeurs précises des flux naturels: ce N'est PAS le cas. On NE peut donc PAS conclure, de façon CERTAINE, à la prédominance du naturel sur l'anthropique. Toutefois, il semble vraisemblable, (en l'absence de tri des molécules  $\text{CO}_2$  naturelles/anthropiques sortant

de l'atmosphère) que la composition du CO<sub>2</sub> atmosphérique reflète simplement les rapports des flux en ENTREES (naturels versus anthropique )

c) Dans ces conditions:

– SI on utilise les valeurs des flux naturels selon le GIEC, ALORS on obtient une composition du CO<sub>2</sub> atmosphérique de l'ordre de 95% naturel versus 5% anthropique.

– Si on utilise les diverses estimations de la durée de séjour, ALORS les flux naturels dominant le flux anthropique au minimum d'un facteur 8 ( 70 Gt-C versus 9 Gt-C).

Dans les 2 cas, les évolutions du CO<sub>2</sub> atmosphérique seraient alors majoritairement naturelles.

• **Guillermo GM, 8 septembre 2022 à 12 h 15 min**

Bonjour, merci de vos réponses ! Je réponds à certains points (les plus importants) :

2) « il est impossible que le CO<sub>2</sub> anthropique et le CO<sub>2</sub> naturel ne se mélangent pas, au moins en partie, dans l'atmosphère. » → Je suis d'accord.

« Je n'ai pas lu dans l'AR5 cette supposition de non mélange dans l'atmosphère, de la part du GIEC. » → Effectivement, le GIEC n'affirme pas explicitement qu'il n'y a aucun mélange dans l'atmosphère, mais on peut le déduire de la figure 2a et de la citation suivante du GIEC : « Parmi ces émissions anthropiques cumulées de CO<sub>2</sub>, 240 [230 à 250] GtC se sont accumulées dans l'atmosphère ». En d'autres termes, le GIEC affirme bel et bien que le surplus de CO<sub>2</sub> qui s'est accumulé depuis le début de l'ère industrielle est entièrement d'origine humaine (240 GtC ajoutés aux 589 GtC naturels). Or, on ne peut affirmer cela QUE si et seulement si il n'y a aucun mélange atmosphérique, car s'il y avait un mélange atmosphérique, nous aurions en 2010 environ 8,8% de CO<sub>2</sub> anthropique dans l'atmosphère comme calculé dans mon point 6.

7) « Si vous admettez que l'apport net ne peut être seulement anthropique, alors une (des) autre(s) source(s) fournissent l'autre partie de l'apport net : la hausse n'est pas uniquement anthropique. » → Oui, c'est assez évident (lapalissade)... Mais cet article n'argumente justement PAS que l'apport net ne peut être seulement anthropique. Il argumente que le modèle du GIEC est en désaccord avec les mesures de δ<sup>13</sup>C, mais cela ne contredit pas du tout le fait que les activités humaines soient la cause unique de la hausse du taux de CO<sub>2</sub>. Et le fait que la concentration actuelle en CO<sub>2</sub> anthropique soit de 5% (ou 8,8% en fonction des calculs), ça ne contredit non plus pas le fait que les activités humaines soient la cause unique de la hausse du taux de CO<sub>2</sub>.

« On ne peut espérer une évaluation de la proportion naturelle/ anthropique QUE SI l'on dispose des valeurs précises des flux naturels: ce N'est PAS le cas » → Je ne pense pas. On peut également espérer une évaluation de la proportion naturelle/anthropique si on connaît précisément le δ<sup>13</sup>C en 1850 (j'ai trouvé -6,3 ‰ grâce aux archives glaciaires, mais il est vrai que cette valeur n'est pas parfaitement fiable). Grâce à ce δ<sup>13</sup>C, on peut trouver les valeurs de x et y avec le calcul suivant :  $[(x \cdot -6.3) + (y \cdot -29)] / 388 = -8.3 \text{ ‰}$  avec  $x + y = 388 \text{ ppm}$ .

« Toutefois, il semble vraisemblable, (en l'absence de tri des molécules CO<sub>2</sub> naturelles/anthropiques sortant de l'atmosphère) que la composition du CO<sub>2</sub> atmosphérique reflète simplement les rapports des flux en ENTREES (naturels versus anthropique ) » → Je suis d'accord.

« Dans les 2 cas, les évolutions du CO<sub>2</sub> atmosphérique seraient alors majoritairement naturelles. » → Non... Je suis d'accord pour dire que, parmi les 415 ppm de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère, il y a environ 5% (ou 8,8%) de CO<sub>2</sub> anthropique, mais on ne peut PAS en conclure que les évolutions de CO<sub>2</sub> atmosphérique seraient alors majoritairement dues à des causes naturelles. Contre-exemple : imaginons une bassine remplie d'eau de 1 mètre de hauteur dont le flux du conduit d'eau d'entrée est égal au flux du conduit d'eau de sortie : le niveau de l'eau dans la bassine est stable. Ajoutons maintenant un nouveau petit flux d'eau colorée d'entrée dans cette bassine : le niveau d'eau de la bassine va augmenter (admettons qu'il augmente de 3 centimètres). L'eau de la bassine est constituée en faible partie d'eau colorée (5% environ). Pourtant, si le niveau de l'eau monte, c'est bel et bien à cause du nouveau petit flux d'eau colorée d'entrée dans cette bassine. C'est pour cela que tenter de connaître la composition de CO<sub>2</sub> anthropique dans l'atmosphère (càd la proportion d'eau colorée dans la bassine) ne permet pas d'affirmer que les activités humaines soient à l'origine de l'évolution récente du taux de CO<sub>2</sub>.

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

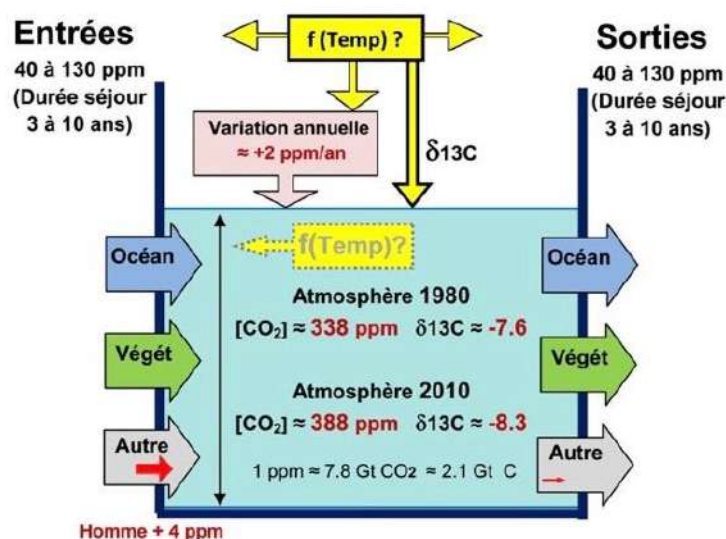
par J.C. Maurin, Professeur agrégé de physique, 2 décembre 2018

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 [1] : on lit dans la version de novembre 2018 du Résumé à l'intention des décideurs [2] dès la première page, 1<sup>er</sup> 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.

### 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  $\approx 2$  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>.

### 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 [3], du taux de CO<sub>2</sub> atmosphérique. Dans la Fig. 1, si la sortie « Autre » (largement inconnue [4]) est petite devant les 2 autres, alors **le total des sorties sera quasi proportionnel au taux de CO<sub>2</sub>** dans l'atmosphère.

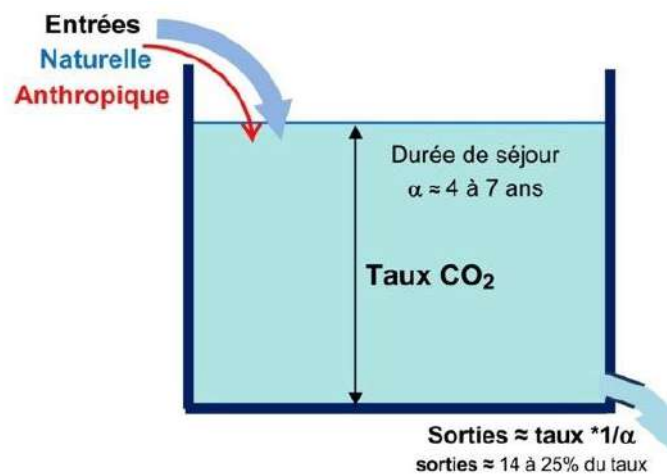


Figure 2a. Modèle MP dans lequel les sorties sont proportionnelles au taux de CO<sub>2</sub>. Sorties = taux \* 1/α avec α = durée de séjour. Les sorties sont passives : elles ne dépendent que du taux de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère.

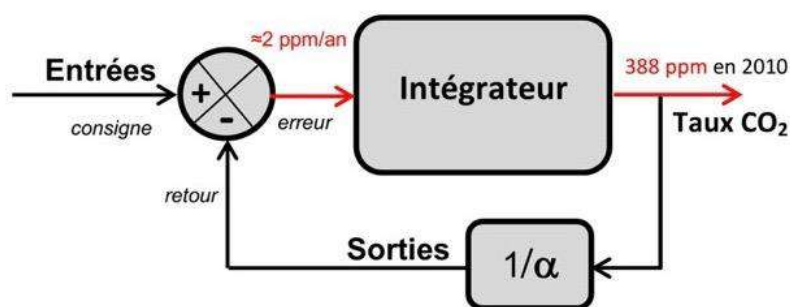


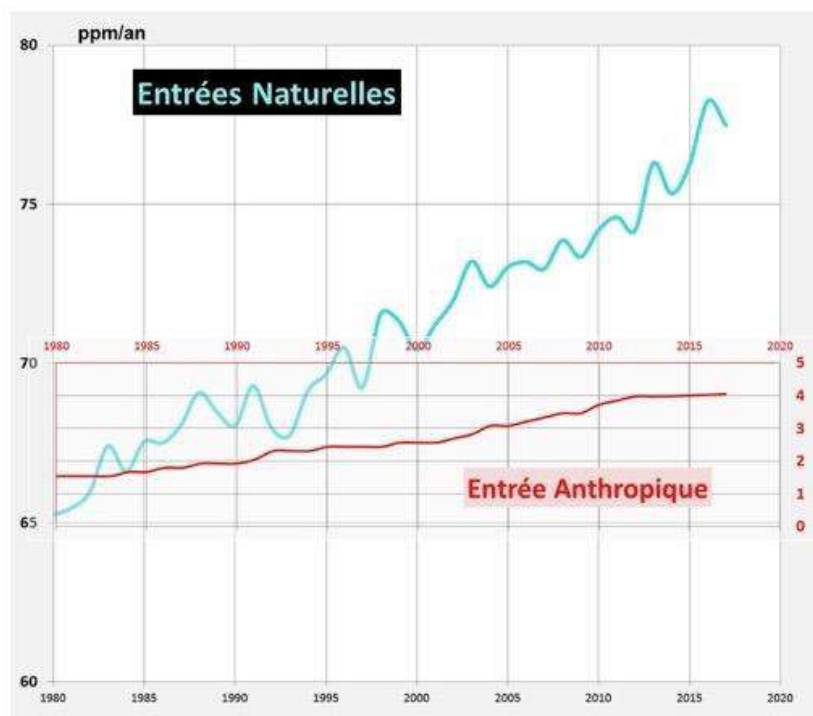
Figure 2b. Modèle MP du point de vue fonctionnel ou schéma bloc. Les valeurs en rouge sont les seules connues. La quantité consigne-retour se nomme usuellement « erreur » dans ce type de schéma bloc. L'erreur est ici = Entrées – Sorties. La consigne est la somme des entrées anthropique et naturelle.



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

La feuille de calcul (8) exploitée 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

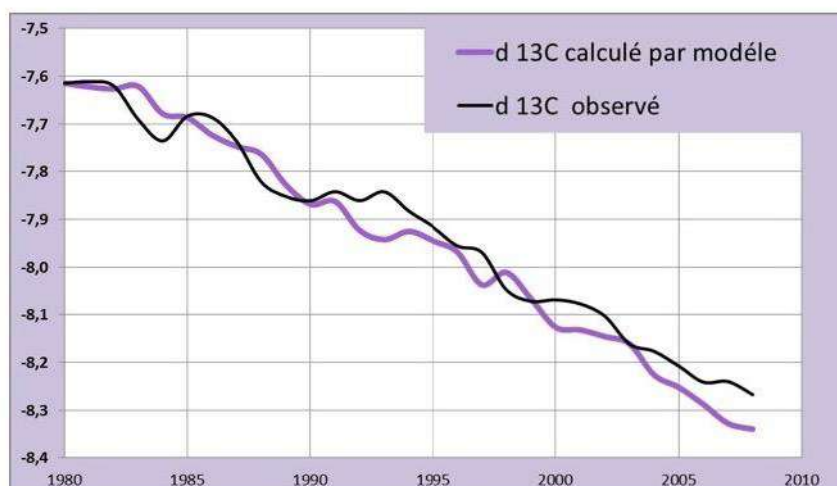


Figure 3b. Le modèle MP avec  $\delta^{13}\text{C} \approx -0,5 \text{ ‰}$  pour les apports naturels.

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.

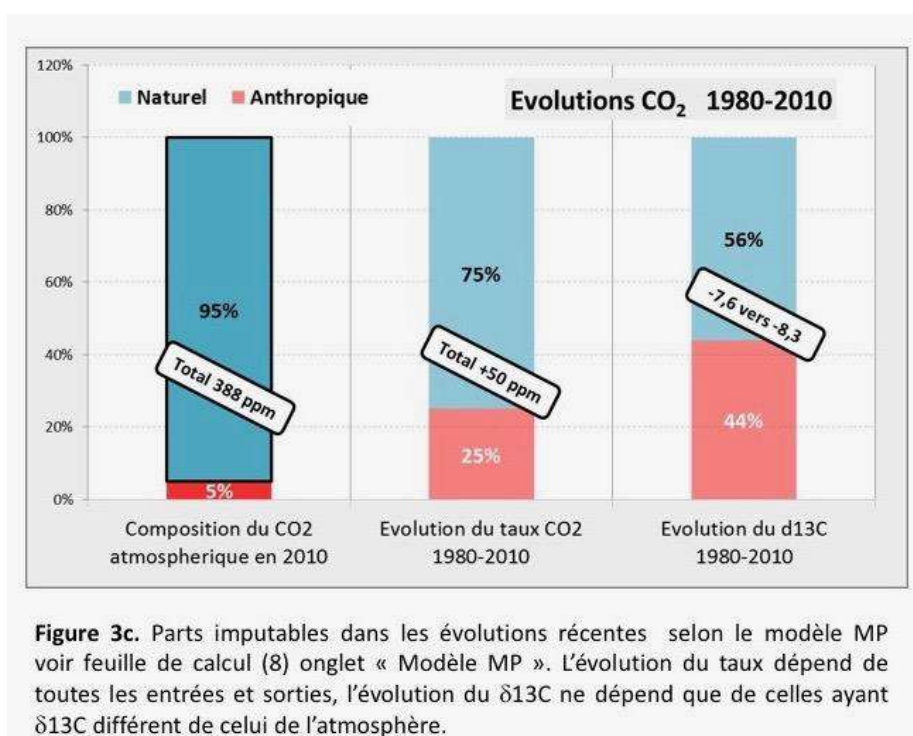


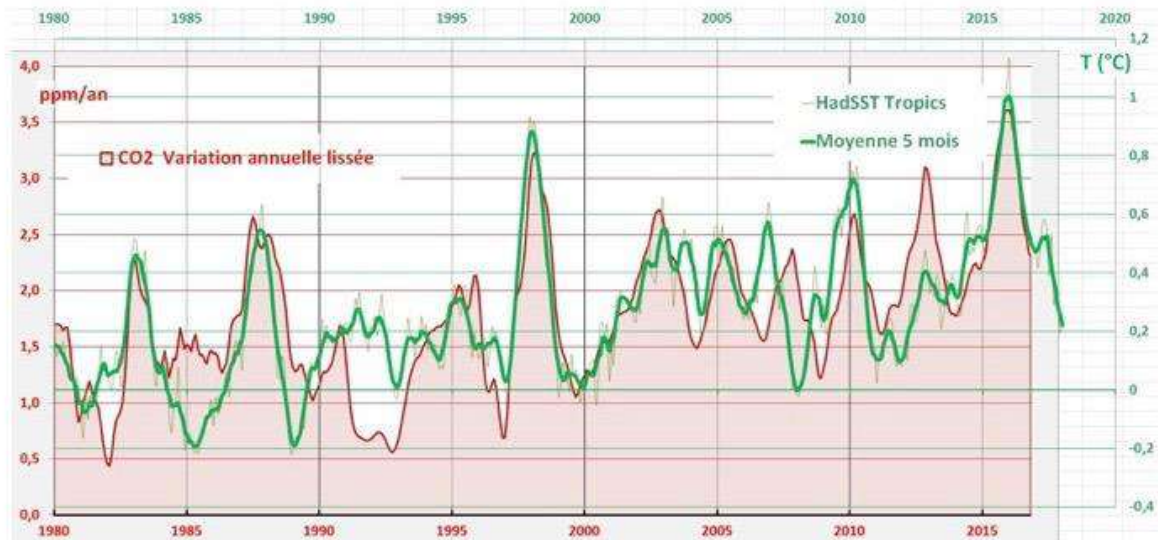
Figure 3c. Parts imputables dans les évolutions récentes selon le modèle MP voir feuille de calcul (8) onglet « Modèle MP ». L'évolution du taux dépend de toutes les entrées et sorties, l'évolution du  $\delta^{13}\text{C}$  ne dépend que de celles ayant  $\delta^{13}\text{C}$  différent de celui de l'atmosphère.

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**.

## D.2 Modèle MPO

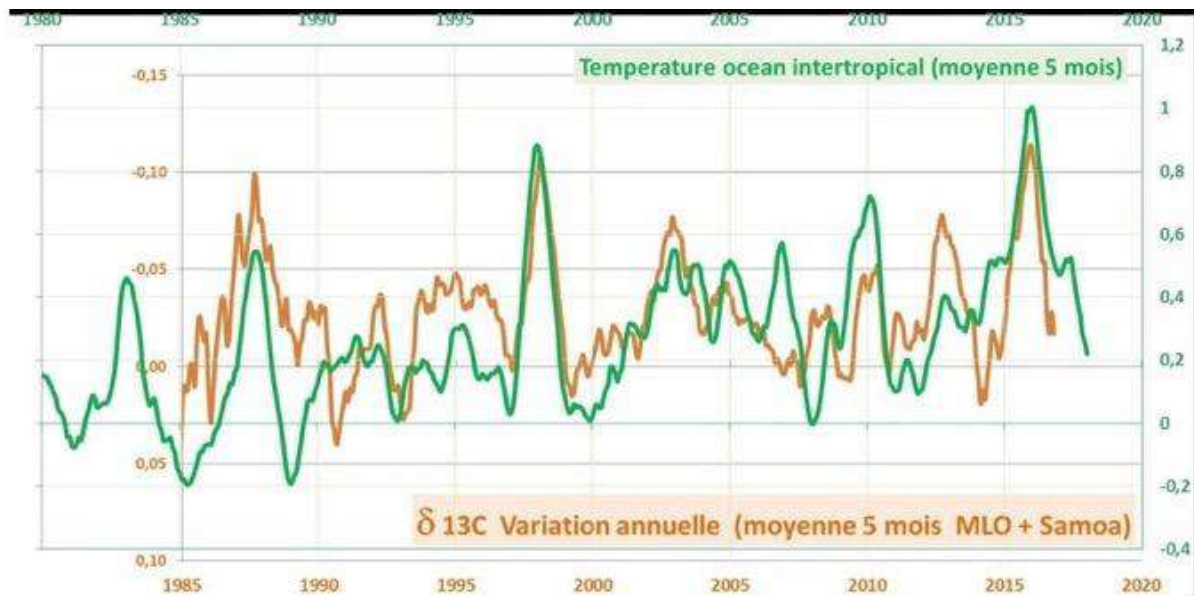
### D.2.1 Océan: ordres de grandeurs et corrélations

L'océan contient  $\approx 50$  fois plus de  $\text{CO}_2$  que l'atmosphère. La **surface d'échange** océan/atmosphère est énorme : 70 % de la surface de la Terre soit 360 millions de  $\text{km}^2$ . En 60 ans, si l'océan dégage 1% de son  $\text{CO}_2$ , cette quantité correspond à 50% du  $\text{CO}_2$  atmosphérique (entre 1958 et 2010 l'évolution mesurée du taux dans l'atmosphère est +30%, ce qui est comparable) (2).



**Figure 4a.** Corrélation « température » de l'**océan intertropical** *versus* variation annuelle du taux de  $\text{CO}_2$  (voir article 2/4 § B.1.1). On trouve une relation approchée  $d[\text{CO}_2] / dt \approx 2.5 (\text{SST}) + 1$  (voir article 2/4 légende de la Fig 13). La surface en rose sous la courbe rouge représente  $[\text{CO}_2]$  = le taux de  $\text{CO}_2$ . 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 événements El Niño de 1998 et 2016 nous avons les 2 plus fortes hausses du taux de  $\text{CO}_2$  (Fig.4a) ainsi que la plus grande variation du  $\delta^{13}\text{C}$  (Fig.4b): les événements El Niño concernent principalement **l'océan intertropical**.



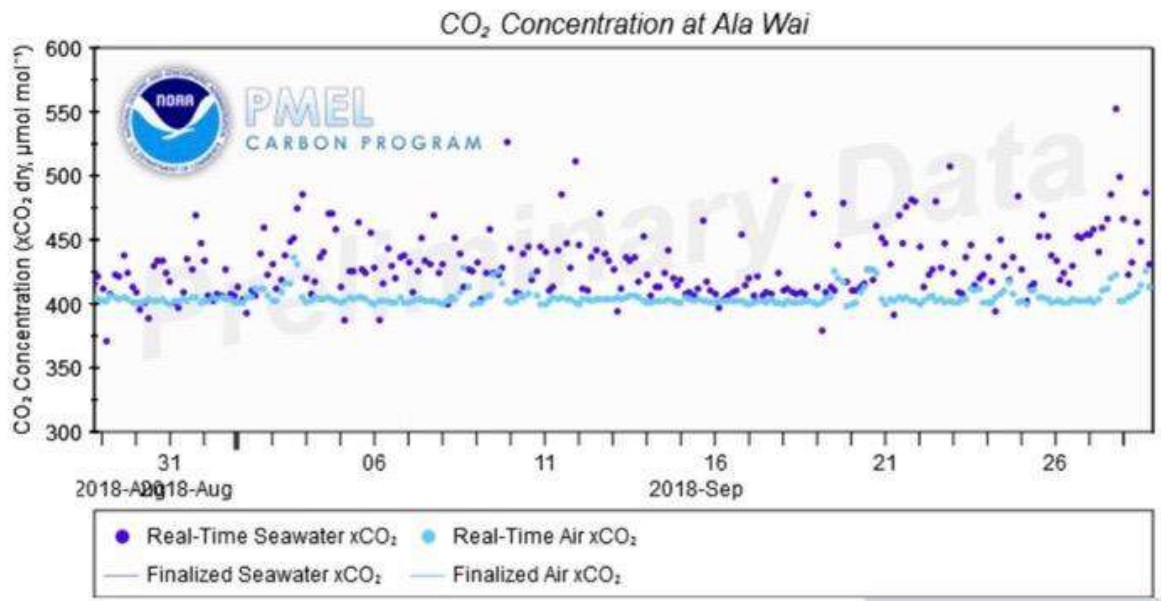
**Figure 4b.** Corrélation « température » de l’océan intertropical versus variation annuelle du  $\delta^{13}\text{C}$ . Ici aussi, les 2 plus fortes variations se produisent lors des El Niño 1998 et 2016, lesquels concernent principalement l’océan intertropical.

La solubilité dans l’océan du  $\text{CO}_2$  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  $\text{CO}_2$  océanique fournit une **base d’explication** pour la relation  $d[\text{CO}_2] / dt \approx 2.5 (\text{SST}) + 1$  (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  $\text{CO}_2$ . 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  $\text{CO}_2$  et  $\delta^{13}\text{C}$ ).

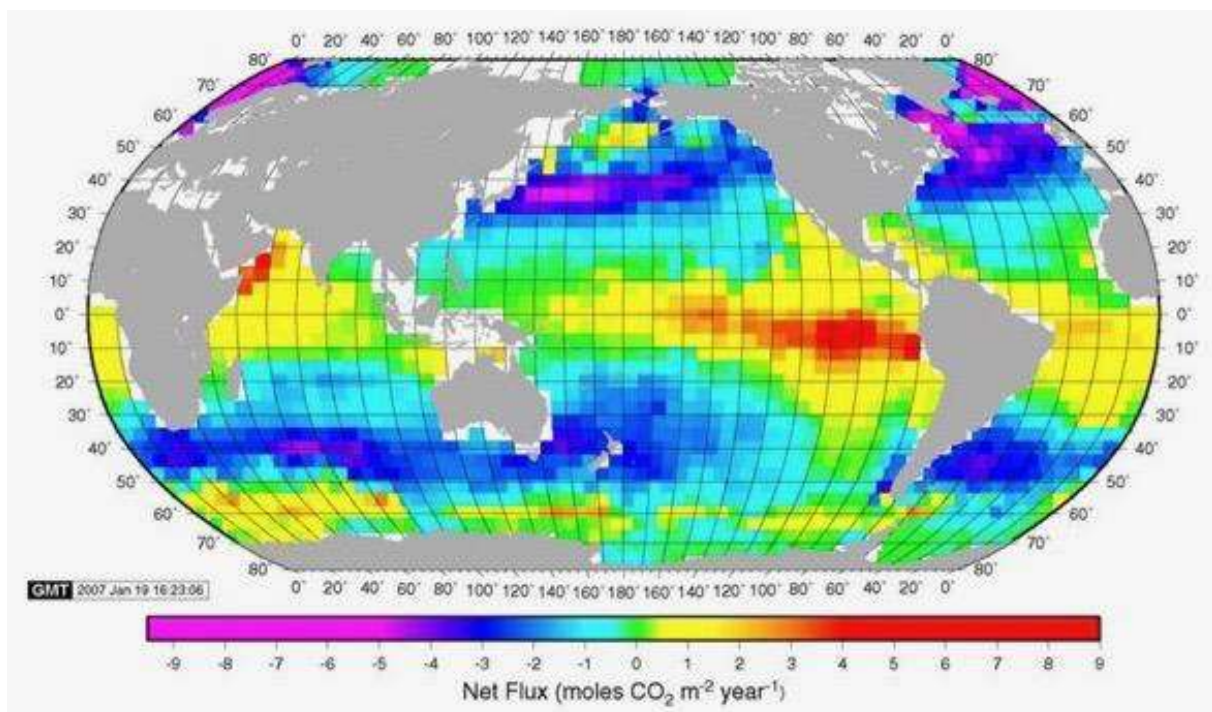
## D.2.2 Océan : mesures et calculs

Les échanges de  $\text{CO}_2$  océan/atmosphère dépendent de la différence entre les pressions partielles du  $\text{CO}_2$  dans l’océan et dans l’air. Suivant le sens, l’océan va dégazer ou bien absorber du  $\text{CO}_2$ . 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 (**D**issolved **I**norganic **C**arbon en  $\mu\text{moles} / \text{kg}$ ), activité biologique, etc. (5). **Le calcul est en général impossible par manque de mesures simultanées, a fortiori sur 360 millions de  $\text{km}^2$ .**



**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 dégage du CO<sub>2</sub>. Ces données **ne suffisent pas** pour un calcul de la quantité dégagée sur ce site particulier car il faut connaître simultanément et à chaque mesure la **vitesse du vent**.



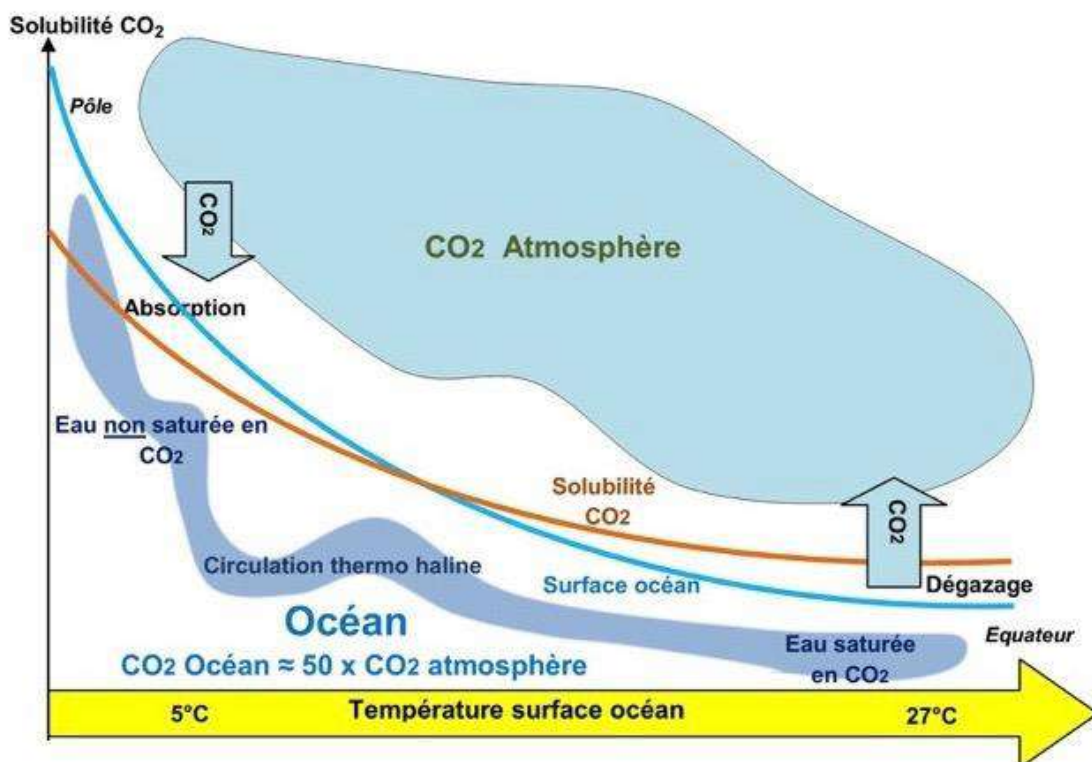
**Figure 5b.** Les flux de CO<sub>2</sub> air/océan selon Takahashi [5]. L'océan émettrait du CO<sub>2</sub> dans les zones intertropicales, absorberait dans les hautes latitudes (5).

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  $\text{CO}_2$  de l'océan avec prudence : nous ne sommes pas, actuellement, en mesure de connaître ces valeurs globales (voir [4]). 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 : [6].

### 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) l'emportant sur l'absorption du reste de l'océan (en moyenne sur plusieurs années). Ce mécanisme serait la principale cause de la hausse du  $\text{CO}_2$  atmosphérique, avec un complément provenant des émissions anthropiques.



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

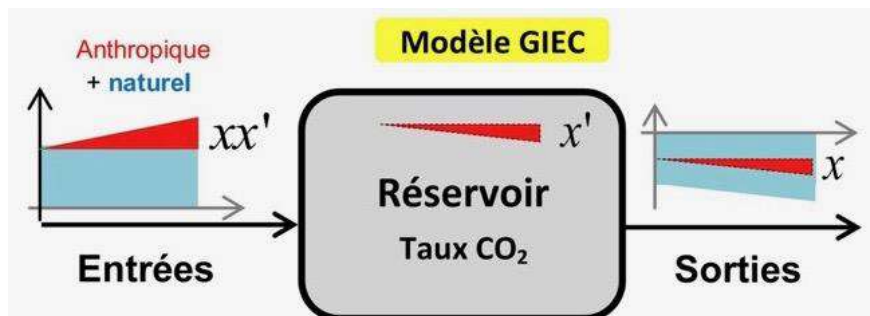
Dans la zone intertropicale, la surface océanique est chaude (température  $\approx 27^\circ\text{C}$ ), la solubilité est faible (courbe orange) l'océan est saturé en  $\text{CO}_2$  : →**Dégazage**.

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  $\text{CO}_2$  : →**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.**

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

#### 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.

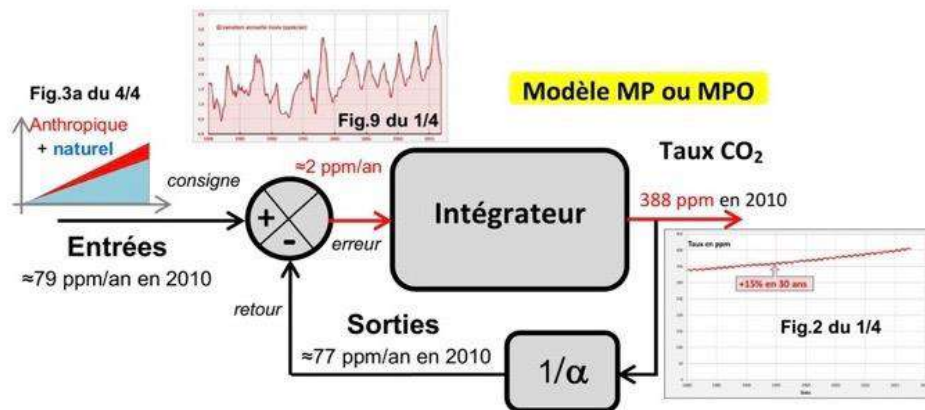
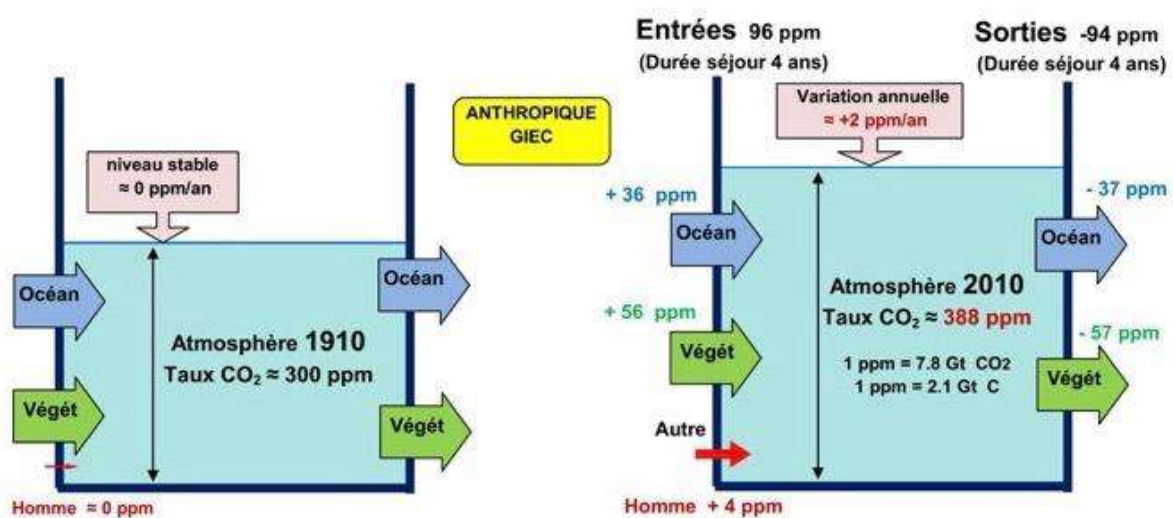


Figure 7b. Dans la vision MP, on retrouve le schéma fonctionnel présenté succinctement à la Fig.2b.

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  $d[CO_2]/dt$ , et la corrélation de la Fig 4a nous indique que l'erreur dépend de la température de l'océan intertropical. On a  $erreur = d[CO_2] / dt \approx 2.5 (SST) + 1$ .

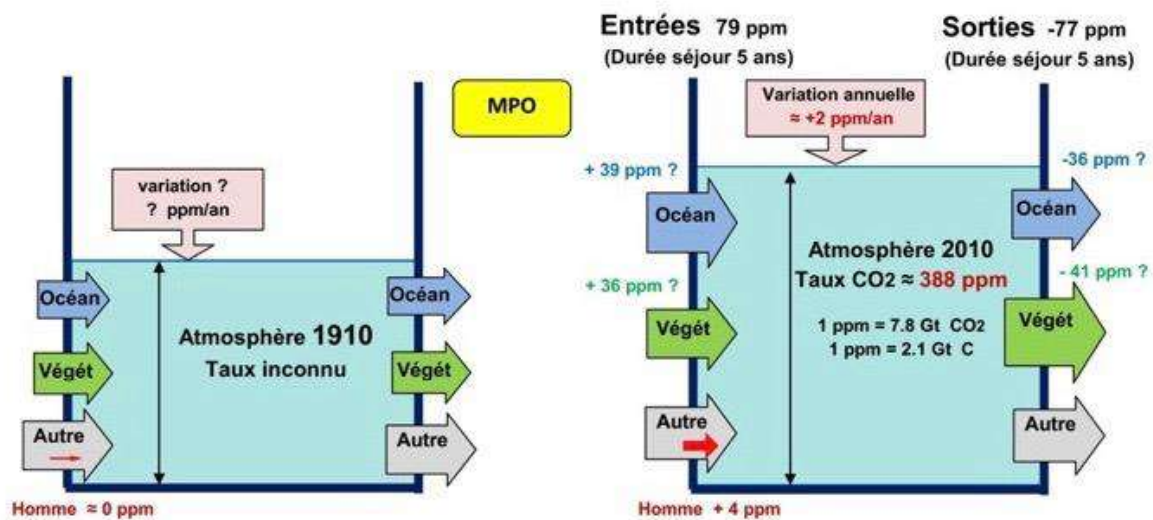
Les deux entrées, en forme de rampe, constituent la consigne : la rampe rouge (entrée anthropique) correspond à la courbe rouge de la Fig.3a (également la Fig.8 du 1/4). La rampe bleue (entrées naturelles) correspond à la courbe bleue de la Fig.3a. L'hypothèse de proportionnalité a pour conséquence une 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.

### 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 ≈ 20% du taux,  $\delta^{13}\text{C} \approx -0.5 \text{ ‰}$  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**

### 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  $\delta^{13}C$  serait le résultat des apports nets océan et anthropique (voir modèle mixte 1 de la Fig.5b du 3/4)

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

#### 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 (<https://www.esrl.noaa.gov/>).
2. Rapport isotopique Carbon Dioxide Information Analysis Center iso-sio CDIAC (<https://cdiac.ess-dive.lbl.gov/ftp/trends/co2/iso-sio/>).
3. Emissions anthropiques Fossil-Fuel CO<sub>2</sub> Emissions CDIAC ([https://cdiac.ess-dive.lbl.gov/trends/emis/meth\\_reg.html](https://cdiac.ess-dive.lbl.gov/trends/emis/meth_reg.html)).
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 (<https://www.pmel.noaa.gov/co2/story/CO2+Data+Discovery>), Calcul pression partielle (<https://biocycle.atmos.colostate.edu/shiny/carbonate/>), Takahashi (<https://www.pmel.noaa.gov/co2/story/LDEO+Surface+Ocean+CO2+Climatology>)
6. Cycle du carbone: Camille Veyres (<https://static.climato-realistes.fr/2017/08/Cycle-du-carbone-5-XII-2016-Camille-Veyres.pdf>), Herman Harde (<http://edberry.com/SiteDocs/PDF/Climate/HardeHermann17-March6-CarbonCycle->

ResidenceTime.pdf), Edwin Berry  
([https://www.portoconference2018.org/uploads/1/1/7/3/117342822/11\\_edwinberryportosep7final.pdf](https://www.portoconference2018.org/uploads/1/1/7/3/117342822/11_edwinberryportosep7final.pdf))

7. Dans le résumé pour les décideurs B.5 en page 12  
([https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5\\_SPM\\_FINAL.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5_SPM_FINAL.pdf)) 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.

### Références supplémentaires

- [1] <https://fr.wikipedia.org/wiki/Almageste>
- [2] <https://web.archive.org/web/20181103200625/https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4-wg1-spm-fr.pdf>
- [3] <https://biocycle.atmos.colostate.edu/shiny/carbonate/>
- [4] <https://www.science-climat-energie.be/2018/12/14/la-biomasse-globale-de-larges-incertitudes-egalement-sur-le-cycle-du-carbone/>
- [5] <https://www.pmel.noaa.gov/co2/story/LDEO+Surface+Ocean+CO2+Climatology>
- [6] <https://www.science-climat-energie.be/2018/08/04/araignees-sols-et-co2/>

### Quelques commentaires des lecteurs

#### • Robert, 4 décembre 2018 à 19 h 02 min

Monsieur Maurin, Vous dites : » L'absorption du CO<sub>2</sub> par l'océan dépend, via la loi de Henry, du taux de CO<sub>2</sub> atmosphérique. » C'est inexact, le taux de dissolution du CO<sub>2</sub> par l'océan dépend avant tout de la température de ce dernier. Plus l'océan est chaud moins il absorbe et ce quelque soit la PP.

#### • Nicolas Marty, 5 décembre 2018 à 18 h 32 min

Robert, avant de poster un commentaire, prenez la peine de lire correctement l'article! En effet, il est écrit plus loin dans le texte, sous la Fig 4b, que « La solubilité dans l'océan du CO<sub>2</sub> dépend notamment de la température suivant la loi de Henry ». Le lien fourni au point D.1.1. par l'auteur redirige d'ailleurs le lecteur vers une page permettant de calculer la pCO<sub>2</sub> dans l'eau en fonction de sa température. Un lecteur attentif aurait compris que JC Maurin connaît parfaitement la loi de Henry.

• **Ferdinand Engelbeen, 5 décembre 2018 à 21 h 45 min**

Monsieur Robert,

La solubilité du CO<sub>2</sub> dans l'eau de mer change avec environ 16 ppmv/°C [1]. Cela signifie que le niveau naturel de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère pour la température moyenne actuelle de la surface de la mer serait d'environ 290 ppmv. Toute différence de pression de CO<sub>2</sub> entre la pCO<sub>2</sub> océanique et la pCO<sub>2</sub> atmosphérique entraîne un flux entre ces deux réservoirs jusqu'à ce que l'équilibre soit atteint. En raison de la nature dynamique de la circulation profonde océan – atmosphère par l'absorption polaire et le dégazage équatorial (voie Figure 6), un nouvel équilibre sera atteint lorsque le dégazage et l'absorption de CO<sub>2</sub> sont égaux (= état stable). Pour une augmentation de 1°C de la température et de 40 GtC circulant entre les océans et l'atmosphère (sur la base de « l'amincissement » du δ<sup>13</sup>C humain et des essais à la bombe de <sup>14</sup>C, chiffre exact pas important), cela donne une augmentation de 16 ppmv/°C ou exactement la même augmentation que pour un seul échantillon statique:

[http://www.ferdinand-engelbeen.be/klimaat/klim\\_img/upwelling\\_temp.jpg](http://www.ferdinand-engelbeen.be/klimaat/klim_img/upwelling_temp.jpg)

Pour une augmentation de température de 0,6°C depuis 1958, les températures à la surface des océans sont bonnes pour une augmentation d'environ 10 ppmv. La reste de l'augmentation de 95 ppmv provient de la contribution humaine de plus de 180 ppmv dans la même période...

[1] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0967064502000036> formule utilisée: (pCO<sub>2</sub>) sw @ Tin situ = (pCO<sub>2</sub>) sw @ Teq x EXP [0,0423 x (Tin-situ – Teq)]

Où Tin situ est la température de l'eau de mer à l'entrée du navire et Teq à l'appareil de mesure du (pCO<sub>2</sub>) sw.

• **Ferdinand Engelbeen, 5 décembre 2018 à 23 h 05 min**

Cher professeur Maurin, Commençons par l'hypothèse de base:

« le total des sorties sera quasi proportionnel au taux de CO<sub>2</sub> »

Il ne s'agit pas de la pression absolue de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère, mais de la pression de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère, pCO<sub>2</sub>(atm), par rapport à la pression de CO<sub>2</sub> moyen à la surface de l'océan, pCO<sub>2</sub>(aq). S'il n'y a pas de différence entre le pCO<sub>2</sub>(aq) moyen et le pCO<sub>2</sub>(atm), il existe toujours d'énormes échanges de CO<sub>2</sub> au cours des saisons et entre l'équateur et les pôles, mais le résultat net est un changement nul du CO<sub>2</sub> total dans l'atmosphère après une année complète. .

De plus, à aucun moment dans le temps, 97 ppm de CO<sub>2</sub> supplémentaire ne sont présents dans l'atmosphère. En effet, le dégazage des océans et l'absorption de la végétation fonctionnent à la fois en sens inverse et en sens inverse aux autres saisons. L'amplitude maximale au Mauna Loa est comprise entre +3 et -2 ppmv, pour se terminer à +2 ppmv à la fin de l'année (moyenne 1994-2013):

[http://www.ferdinand-engelbeen.be/klimaat/klim\\_img/seasonal\\_CO2\\_MLO\\_trend.jpg](http://www.ferdinand-engelbeen.be/klimaat/klim_img/seasonal_CO2_MLO_trend.jpg)

Au cours de la même période, les émissions humaines sont passées de zéro au début de chaque année à +4 ppmv à la fin de l'année. Cela signifie qu'en moyenne, les émissions humaines augmentent deux fois plus vite que l'augmentation atmosphérique. Ainsi, si la pression de CO<sub>2</sub> joue un rôle dans les flux totaux, l'influence des émissions humaines est le double de celle des émissions naturelles + absorption:

[http://www.ferdinand-engelbeen.be/klimaat/klim\\_img/dco2\\_em2.jpg](http://www.ferdinand-engelbeen.be/klimaat/klim_img/dco2_em2.jpg)

De plus, en tenant compte de l'égalité du CO<sub>2</sub>, quelle que soit l'origine pour la capacité de l'absorption: Les émissions humaines ont été multipliées par quatre entre 1958 et 2013, de même que l'augmentation de l'atmosphère et donc l'absorption net du CO<sub>2</sub>. Si les émissions naturelles ont joué un rôle, les émissions naturelles auraient dû être multipliées par quatre au cours de la même période, ce qui réduirait le durée séjour par un facteur quatre, ce qui n'est pas prouvé du tout...

• **Ferdinand Engelbeen, 5 décembre 2018 à 23 h 28 min**

Cher professeur Maurin, Quelques ajouts à ce qui précède:  
Pour le durée de séjour, la direction des flux ne joue aucun rôle, mais pour déterminer le niveau dans un réservoir (ou la pression de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère), la direction simultanée des flux est très importante.

Dans ce cas, le point essentiel est que les principaux flux saisonniers (et équateur-polaires) dépendent principalement de la température, tandis que l'élimination de tout excès de CO<sub>2</sub> au-dessus de l'équilibre dynamique dépend de la pression, les résultats étant presque indépendants les uns des autres.

Le temps de résidence observé est d'environ 5 ans.  
Le taux de décroissance du CO<sub>2</sub> en excès observé est d'environ 51 ans.  
C'est une différence d'ordre de grandeur ...

• **JC Maurin, 6 décembre 2018 à 9 h 23 min**

@ F Engelbeen

La vision proposée dans cet article diffère de celle défendue par le GIEC sur les 2 points suivants :

- Ni les entrées naturelles ni les sorties naturelles ne sont restées fixes ces dernières décennies.
- Le niveau de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère a une influence sur les sorties et cela modifie considérablement le comportement du réservoir atmosphérique.

1. Mon texte dit seulement : L'absorption du CO<sub>2</sub> par l'océan dépend, via la loi de Henry, du taux de CO<sub>2</sub> atmosphérique. Pour les sorties de l'océan (surtout dans les hautes latitudes), c'est bien la différence des pressions partielles qui influe sur l'absorption. Dans la figure 7b l'erreur = (entrées – sorties) peut en effet être égale à zéro alors que les entrées et sorties ne sont pas égales à zéro. Mais le taux de CO<sub>2</sub> va bien dépendre de la valeur des entrées et sorties. Les estimations du solde dégazage/ absorption pour l'océan sont proches de zéro mais le calcul théorique est actuellement illusoire et nous ne sommes même pas en état savoir le signe du solde. Une simple marge d'erreur de 5 % sur les estimations du GIEC pour l'océan (dégazage=78.4 GtC/an absorption =80 GtC/an dans la figure 2b du 3/4) nous amène un solde entre -17.4 GtC/an et +14.2 GtC/an. Dans l'océan réel, à un endroit quelconque et à un instant quelconque, il n'y a pas équilibre entre pression partielle du CO<sub>2</sub> dans l'eau et dans l'air. La figure 5a vous montre quelques mesures : il n'y a presque jamais équilibre. On ne peut pas remplacer l'océan réel par un océan théorique homogène avec une valeur moyenne pour la pression partielle dans l'eau. Il faut avoir les conditions locales sur les 360 millions de km<sup>2</sup> de l'océan: nous ne les avons pas. En revanche, pour la pression partielle dans l'air, une moyenne est une approximation acceptable.

2. Pour le reste, je ne suis pas certain de vous avoir compris : « 97 ppm de CO<sub>2</sub> » ? Entre 1958 et 2010 une augmentation de 73 ppm ? (388 - 315 = 73 ppm)

« Les émissions humaines sont passées de zéro au début de chaque année à +4 ppmv à la fin de l'année »

Les entrées anthropiques sont bien passées de  $\approx 0$  ppm/an vers 4 ppm/an mais cela se produit entre 1910 et 2010 soit en un siècle et certainement pas dans l'année.

« Cela signifie qu'en moyenne, les émissions humaines augmentent deux fois plus vite que l'augmentation atmosphérique »

Entre 1910 et 2010, les entrées anthropiques augmentent de 4 ppm alors que le taux de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère, selon le GIEC, passe de 300 ppm vers 388 ppm soit une augmentation de 88 ppm. Peut-être vouliez-vous dire que la hausse annuelle moyenne du CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère est de 2 ppm/an alors que l'homme émet 4 ppm /an ?

« Le taux de décroissance du CO<sub>2</sub> en excès observé est d'environ 51 ans »

Pourriez-vous préciser la signification et la source (ou le calcul), pour ces 51 ans ?

• **Ferdinand Engelbeen, 6 décembre 2018 à 13 h 18 min**

Cher professeur Maurin,

1. « Ni les entrées naturelles ni les sorties naturelles ne sont restées fixes ces dernières décennies. »

Rien n'indique qu'ils aient beaucoup changé au fil du temps: ni dans l'amplitude saisonnière (qui représente les plus grands flux entrants/sortants):

[http://www.ferdinand-engelbeen.be/klimaat/klim\\_img/seasonal\\_CO2\\_MLO\\_BRW.jpg](http://www.ferdinand-engelbeen.be/klimaat/klim_img/seasonal_CO2_MLO_BRW.jpg)

Ni dans le taux d'élimination du <sup>14</sup>C des essais de bombe nucléaire, ni dans les estimations du temps de résidence.

2. « Le niveau de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère a une influence sur les sorties et cela modifie considérablement le comportement du réservoir atmosphérique.

D'accord, mais ce n'est pas par les changements saisonniers: ils ne montrent qu'une amplitude de +3/-2 ppmv dans l'atmosphère. Ce changement n'est pas responsable des énormes flux saisonniers d'entrée/sortie, ni d'absorption du CO<sub>2</sub> nette. Ce dernier est causé par la pression de CO<sub>2</sub> supplémentaire accumulée dans l'atmosphère.

3. « le calcul théorique est actuellement illusoire et nous ne sommes même pas en état de savoir le signe du solde. »

Vous avez oublié le bilan de masse:

augmentation de l'atmosphère = émissions humaines + émissions naturelles – absorptions naturels

2 ppmv/an = 4 ppmv/an + X – Y

X – Y = -2 ppmv/an

Quelle que soit la hauteur de X et de Y, les absorptions naturels étaient (presque) toujours plus grands que les sources naturelles, peu importe où chaque des absorptions sont, leur évolution dans le temps et leur distribution entre océans et végétation: la nature est un absorbant net du CO<sub>2</sub>, pas une source.

On en sait plus sur la distribution, ici pour la végétation:

[http://www.bowdoin.edu/~mbattle/papers\\_posters\\_and\\_talks/BenderGBC2005.pdf](http://www.bowdoin.edu/~mbattle/papers_posters_and_talks/BenderGBC2005.pdf)

Et ici pour les océans:

<https://www.pmel.noaa.gov/pubs/outstand/feel2331/mean.shtml>

Et mesurer la pCO<sub>2</sub>(aq) n'est pas toujours aussi mauvais:

[https://tos.org/oceanography/assets/docs/27-1\\_bates.pdf](https://tos.org/oceanography/assets/docs/27-1_bates.pdf)

4. « On ne peut pas remplacer l'océan réel par un océan théorique avec une valeur moyenne pour la pression dans l'eau. »

On peut utiliser la moyenne de température d'un océan dynamique, car cela montre le même rapport entre l'atmosphère et la surface de l'océan que pour un seul échantillon statique. La seule différence est qu'il y a un flux continu d'entrée et de sortie, mais le résultat net est exactement le même. Comme le prouve le rapport assez linéaire entre la température (Antarctique) et les niveaux globaux de CO<sub>2</sub> au cours des 800 000 dernières années (Dôme C), voici pour la carotte de glace Vostok de 420 000 ans:

[http://www.ferdinand-engelbeen.be/klimaat/klim\\_img/Vostok\\_trends.gif](http://www.ferdinand-engelbeen.be/klimaat/klim_img/Vostok_trends.gif)

5. « 97 ppm de CO<sub>2</sub> »

C'est mon erreur: c'est 79 ppmv (humain + naturel) qui entre dans l'atmosphère chaque année, et non 97 ppmv. Je croyais comprendre que c'est ce qui causait les sorties, mais ce que vous avez fait est que les sorties dépendent du niveau absolu dans l'atmosphère, alors que ce devrait être le niveau situé au-dessus du niveau d'équilibre.

6. « Peut-être que vous voulez que vous passiez à la vitesse moyenne de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère à 2 ppm/an alors que l'homme émet 4 ppm/an? »

Oui, depuis quelques années, mais depuis au moins 1960, l'augmentation moyenne dans l'atmosphère est deux fois inférieure, tant en augmentation annuelle que totale. Ici pour les totaux depuis 1900:

[http://www.ferdinand-engelbeen.be/klimaat/klim\\_img/temp\\_emiss\\_increase.jpg](http://www.ferdinand-engelbeen.be/klimaat/klim_img/temp_emiss_increase.jpg)

7. « Pourriez-vous préciser la signification et la source (ou le calcul), pour ces 51 ans? »

Taux de décroissance [e-fold] pour une perturbation dans un processus linéaire = cause / effet

En 1959: 25 ppmv au-dessus de l'équilibre, taux d'absorption net de 0,5 ppmv/an, taux de décroissance de 50 ans, durée de demi-vie de 34,7 ans

En 1988: 60 ppmv au-dessus de l'équilibre, taux d'absorption net de 1,13 ppmv/an, taux de décroissance de 53 ans, durée de demi-vie de 36,8 ans

En 2012: 110 ppmv au-dessus de l'équilibre, taux d'absorption net de 2,15 ppmv / an, taux de décroissance de 51,2 ans ou durée de demi-vie de 35,5 ans.

Cela me semble très linéaire, largement dans les limites de l'exactitude des inventaires d'émissions et de la variabilité naturelle de la capacité des absorptions...

Si j'utilise le taux de décroissance [e-fold] de 51 ans et les émissions humaines, je peux calculer l'augmentation nette de l'atmosphère de chaque année depuis 1958:

[http://www.ferdinand-engelbeen.be/klimaat/klim\\_img/dco2\\_em2B.jpg](http://www.ferdinand-engelbeen.be/klimaat/klim_img/dco2_em2B.jpg)

Qui est en grande partie entre la variabilité (causé par la variabilité de la température)...

• **JC Maurin, 6 décembre 2018 à 20 h 14 min**

@ F Engelbeen

7 (à propos de votre explication de la durée 51 ans)

Vous indiquez :

« En 1959: 25 ppmv au-dessus de l'équilibre, taux d'absorption net de 0,5 ppmv/an, taux de décroissance de 50 ans, durée de demi-vie de 34,7 ans

En 1988: 60 ppmv au-dessus de l'équilibre, taux d'absorption net de 1,13 ppmv/an, taux de décroissance de 53 ans, durée de demi-vie de 36,8 ans

En 2012: 110 ppmv au-dessus de l'équilibre, taux d'absorption net de 2,15 ppmv / an, taux de décroissance de 51,2 ans ou durée de demi-vie de 35,5 ans. »

Mais, en consultant les données ESRL de la NOAA ou de CDIAC , je ne retrouve aucune de vos durées. <https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/gr.html> [https://cdiac.ess-dive.lbl.gov/trends/emis/glo\\_2014.html](https://cdiac.ess-dive.lbl.gov/trends/emis/glo_2014.html)

Par exemple pour l'année 1988 l'apport anthropique est 5,94 GtC soit 2.8 ppm, la croissance annuelle (Growth Rate) est 2.16 , le taux de CO2 est 350 ppm soit un écart(avec 290 ppm) de 60 ppm, ce qui est bien ce que vous indiquez en effet.

Le rapport 60/2.16 donne 27.8 et non pas 53.1

Le rapport 60/2.8 donne 21.4 et non pas 53.1

Si votre « taux d'absorption net » est la différence (Growth Rate- anthropique , alors on a  $(2.8 - 2.16) = 0.64$

Le rapport 60/0.64 donne 93,5 et non pas 53.1

Idem pour 1959 ou 2012

• **Ferdinand Engelbeen, 6 décembre 2018 à 23 h 26 min**

J'ai utilisé les valeurs de la tendance linéaire pour éviter les variations induit par la température, ce qui entraîne des modifications supplémentaires sur l'absorption du CO2 indépendantes de la pression de CO2 supplémentaire dans l'atmosphère. La tendance était celle d'il y a quelques années, avant le El Niño 2015/2016, ce qui donne une tendance légèrement plus bas à celle d'aujourd'hui:

[http://www.ferdinand-engelbeen.be/klimaat/klim\\_img/dco2\\_em8.jpg](http://www.ferdinand-engelbeen.be/klimaat/klim_img/dco2_em8.jpg)

En tout état de cause, l'important est que l'élimination de tout CO2 supplémentaire au-delà de l'équilibre soit d'un ordre différent de celui des 5 années de résidence, qui consiste principalement en un échange de molécules entre différents réservoirs, sans changement de masse du CO2 à la fin de l'année...

• **JC Maurin, 7 décembre 2018 à 17 h 09 min**

@ F Engelbeen du 06 decembre

1) Votre figure [http://www.ferdinand-engelbeen.be/klimaat/klim\\_img/dco2\\_em8.jpg](http://www.ferdinand-engelbeen.be/klimaat/klim_img/dco2_em8.jpg) donne donc les émissions anthropiques (en bleu) et la croissance annuelle ou growth rate (en rouge).

Vous effectuez la différence entre ces 2 courbes pour obtenir le solde de tous les autres échanges (en vert).



Cette courbe en vert ne contient pas d'informations particulières. Sa pente (négative) est simplement la différence des pentes entre une très forte linéarisation de la courbe rouge avec la pente de votre courbe bleue. Lorsque vous concluez à une bonne linéarité (vous trouvez chaque fois 51 ans), ce n'est que la conséquence de votre propre linéarisation de cette courbe. Tout au plus, on peut dire, à partir de votre courbe verte, que les échanges naturels se sont modifiés au cours des dernières décennies, ce qui ne conforte guère la vision statique et fixiste du GIEC.

2) Vous disposez de ces mêmes courbes (émissions anthropiques et growth rate) dans ma figure 3 du 3/4 .

Les émissions anthropiques sont en noir, et la croissance annuelle ou growth rate est en rouge. Il me semble que trouver une relation linéaire est fort difficile.

Pour un observateur neutre, il est évident que l'on doit plutôt chercher une relation entre la variation annuelle ou growth rate (en rouge) et la température SST de l'océan intertropical (en vert).

3) Je n'ai toujours pas compris comment vous obtenez un « taux de décroissance » de 51 ans.

4) A ce propos, vous semblez penser qu'il existe une « valeur d'équilibre » pour le taux de CO2 atmosphérique (290 ppm ?)

Si cette valeur est déduite des archives glaciaires, nous revenons à notre discussion précédente.

Les biais qui affectent ce proxy ne permettent pas d'avoir connaissance des taux de CO2 avant 1958.

5) Dans votre conversation avec M Berth, vous indiquez être titulaire d'un B.Sc. en ingénierie de processus : vous êtes donc familier avec certaines notions.

En revanche, une telle « valeur d'équilibre » apparaît naturellement, dans le présent article 4/4, sur le schéma de la figure 2b ou 7b : elle est fixée par la consigne!

Nous avons « taux d'équilibre » =  $\alpha$  \* consigne. Si cette consigne évolue, le « taux d'équilibre » aussi.

Une consigne qui évolue à peu près linéairement, c'est une rampe. La réponse du système peut alors présenter un écart dynamique ou erreur de traînage.

Enfin si la consigne est quasi fixe, on parle de régulation (il y a une valeur d'équilibre fixe et c'est la vision du GIEC).

Mais pour le modèle MP nous avons une consigne variable : il faut donc parler d'asservissement et il n'y a plus de « taux de décroissance ».

#### • JC Maurin, 6 décembre 2018 à 18 h 14 min

@ F Engelbeen

1. La hausse de la couverture végétale (voir référence 4 du 4/4), ainsi que la croissance de l'amplitude des oscillations (voir la Fig 6 du 1/4) montrent bien une augmentation de la sortie végétale.

2. Le dégazage total (océan intertropical) est très difficile à estimer, car la quantité dégazée dépend principalement de 4 facteurs :

-La pression partielle dans l'air : elle a bien augmenté ces dernières décennies, tendant donc à diminuer le dégazage. On peut ici prendre la moyenne sur l'océan.

-La température de surface de l'océan intertropical, en augmentation ces dernières décennies, tendant à augmenter le dégazage. Mais une moyenne de température ne tient pas compte de la non linéarité solubilité/ température.

-La vitesse du vent au-dessus de la surface. Celle-ci est largement inconnue : Takahashi utilise une moyenne sur une surface 4 degrés par 5 degrés, ce qui correspond environ à la moitié de la surface de la France. La quantité dégazée dépend de la vitesse du vent la puissance 2 ou 3 !

-La quantité de carbone inorganique dissous (DIC) présent en surface: une moyenne est illusoire (lors d'un El Niño il y a remontée des eaux profondes chargées en carbone)

Un seul des facteurs (PP dans l'air) peut être modélisé correctement par une moyenne sur la surface océanique. Peut-on vraiment calculer le dégazage total en gelant 2 ou 3 facteurs et en prenant l'augmentation de température ou de pression comme unique variation ?

4. Nous avons déjà discuté des valeurs issues des archives glaciaires, je vous renvoie à ma réponse datée du 4 décembre dans le 2/4. La valeur 8 ppm/K n'est qu'une moyenne largement lissée. La valeur véritable est plus grande. Elle est surtout inconnue.

3 5 6 7

Il y a bien, actuellement, pour une année, environ 4 ppm anthropique qui entrent dans l'atmosphère, le taux de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère augmente bien de 2 ppm.

Mais ceci montre seulement que le solde TOTAL des entrées/sorties naturelles est de -2 ppm. Cela est illustré par la courbe verte de votre figure. [http://www.ferdinand-engelbeen.be/klimaat/klim\\_img/dco2\\_em2B.jpg](http://www.ferdinand-engelbeen.be/klimaat/klim_img/dco2_em2B.jpg).

En revanche, cela ne démontre nullement que l'océan soit globalement un puits. Vous pouvez vérifier que ma figure 8b du 4/4 respecte les contraintes : +4 ppm pour l'homme, au total - 2 ppm pour la nature (+39-36+36-41 = -2), et pourtant l'océan est un émetteur net sur cette figure 8b du 4/4.

#### • Ferdinand Engelbeen, 7 décembre 2018 à 10 h 42 min

1. En effet, la terre est en train de verdir, surtout dans les déserts. Cela devrait augmenter les flux d'entrée/sortie, réduisant ainsi le temps de résidence. Mais les estimations récentes du temps de résidence montrent une légère augmentation, pas une diminution.

Quoi qu'il en soit, à mesure que les émissions humaines et l'augmentation de l'atmosphère, et donc des puits nets, ont quadruplé au fil du temps, le temps de résidence aurait également dû être quadruplé, si les énormes flux naturels avaient une influence importante ...

2. Calculer la contribution des océans est certes un travail fastidieux, mais on peut contourner le fait que les mesures d'utilisation de l'oxygène qui vous donnent une idée de la quantité de CO<sub>2</sub> absorbée par la végétation, le reste du CO<sub>2</sub> net disparaissant ensuite dans les (profondeurs des) océans. Voir:

[http://www.bowdoin.edu/~mbattle/papers\\_posters\\_and\\_talks/BenderGBC2005.pdf](http://www.bowdoin.edu/~mbattle/papers_posters_and_talks/BenderGBC2005.pdf)

Les autres points:

Quelle que soit la répartition entre l'absorption/le rejet dans l'océan et le relâchement/l'absorption de la végétation, l'augmentation totale de la masse de CO<sub>2</sub> provient essentiellement des émissions humaines, car 2 ppmv/an est le puits net total pour tous les flux naturels combinés, avec un léger ajout provenant des températures élevées de surface de l'océan.

La répartition des sources/puits entre les deux principaux réservoirs et l'atmosphère n'intéresse que les niveaux isotopiques, tout ajout ou débit supplémentaire [throughput] de

CO<sub>2</sub> provenant des océans (profonds) augmentant le niveau actuel de δ<sup>13</sup>C, tandis que tout rejet supplémentaire de la végétation baissera fermement et une absorption accrue augmentera fermement les niveaux de δ<sup>13</sup>C.

Ce dernier, associé à l'utilisation d'O<sub>2</sub>, confirme que la végétation est une source de CO<sub>2</sub> lors d'événements chauds, voir la figure 7 dans la référence ci-dessus.

• **JC Maurin, 7 décembre 2018 à 17 h 42 min**

@ F Engelbeen du 7 décembre

1. A propos de la durée de résidence qui aurait légèrement augmenté : pour connaître celle-ci il faut avoir une idée précise des flux totaux en entrées et sortie, ce qui n'est pas du tout le cas. Nous ne sommes donc pas en mesure de voir une augmentation ou une baisse de la durée de séjour.

2. « Calculer la contribution des océans est certes un travail fastidieux » Non, c'est le manque d'observations nombreuses et simultanées qui est responsable de notre ignorance à propos de l'océan.

A propos de l'utilisation de l'oxygène :

[http://www.bowdoin.edu/~mbattle/papers\\_posters\\_and\\_talks/BenderGBC2005.pdf](http://www.bowdoin.edu/~mbattle/papers_posters_and_talks/BenderGBC2005.pdf)

“Calculations of interannual variability in land and ocean uptake are probably confounded by non-zero annual air sea fluxes of O<sub>2</sub>. The origin of these fluxes is not yet understood.”

Les auteurs ne semblent pas très convaincus.

[http://www.ferdinand-engelbeen.be/klimaat/co2\\_origin.html](http://www.ferdinand-engelbeen.be/klimaat/co2_origin.html) paragraphe 1.5 The oxygen use This doesn't directly prove that all the CO<sub>2</sub> increase in the atmosphere is from fossil fuel burning, but as both the oceans and vegetation show a net uptake, and other sources are much slower and/or smaller (rock weathering, volcanic out-gassing,...)

Vous-même ne semblez pas vraiment convaincu.

3. Vous revenez sur un sujet déjà évoqué. L'observation, sur une année, d'apports anthropiques de 4 ppm pour une hausse du CO<sub>2</sub> atmosphérique de 2 ppm démontre seulement un solde total naturel de -2 ppm. Cela ne montre pas que le solde pour l'océan seul soit négatif.

• **Ferdinand Engelbeen, 9 décembre 2018 à 22 h 09 min**

@ JC Maurin,

1. Voir votre référence de Segalstad du 1/4:

<http://www.co2web.info/ESEF3VO2.pdf>

Triez les estimations de temps de résidence par date, prenez la moyenne de la moitié la plus ancienne et comparez-la à la moitié la plus jeune: il y a une légère augmentation.

Les émissions humaines ont été multipliées par quatre depuis 1958. Si les puits traitent les émissions naturelles de la même manière que les émissions humaines, les émissions naturelles auraient également dû être multipliées par quatre si elles avaient eu une influence sur l'augmentation des du CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère, ce qui a permis de réduire de quatre fois le temps de résidence.

Une telle augmentation de vitesse, même si elle n'était due qu'aux océans, aurait été constatée à la fois dans le taux de diminution du  $^{14}\text{C}$  et dans la dilution du  $^{13}\text{C}$  des émissions humaines. Voici le résultat d'une augmentation de 40 à 290 GtC/an (pour un total multiplié par 4 avec des échanges fixes avec la végétation) dans la circulation océan-atmosphère profonde aux niveaux de  $\delta^{13}\text{C}$ :

[http://www.ferdinand-engelbeen.be/klimaat/klim\\_img/deep\\_ocean\\_air\\_increase\\_290.jpg](http://www.ferdinand-engelbeen.be/klimaat/klim_img/deep_ocean_air_increase_290.jpg)

2. D'après le même résumé: « Nous constatons que l'absorption moyenne de  $\text{CO}_2$  par l'océan et la biosphère terrestre était respectivement de  $1,7 \pm 0,5$  et  $1,0 \pm 0,6$  GtC / an ».

Même avec sa grande incertitude, il est clair que les terres et les océans sont des puits nets de  $\text{CO}_2$ . Encore plus clair pour les océans, car la pression de  $\text{CO}_2$  dans l'atmosphère est bien supérieure à l'équilibre à long terme entre les océans et l'atmosphère pour la température actuelle de la surface de l'océan.

3. Prenons vos propres chiffres:

Émissions humaines (H): +4 ppmv

océans (O): +39 ppmv et -36 ppmv

végétation (V): +36 ppmv et -41 ppmv

Sur deux demi ans cela donne:

1. +2 (H) +39 (O) -41 (V) = 0 ppmv (printemps / été)

2. +2 (H) -36 (O) +36 (V) = +2 ppmv (automne 'l'hiver)

Comme vous pouvez le constater, la seule cause de l'augmentation du  $\text{CO}_2$  dans l'atmosphère sont les émissions humaines (à côté d'une faible augmentation par le réchauffement de la surface de l'océan).

Cela n'a d'importance que pour l'amplitude saisonnière et les changements isotopiques au fil des saisons, qui ressemblent aux flux du GIEC (car les estimations du GIEC sont basées sur ces contraintes!):

[http://www.ferdinand-engelbeen.be/klimaat/klim\\_img/seasonal\\_CO2\\_d13C\\_MLO\\_BRW.jpg](http://www.ferdinand-engelbeen.be/klimaat/klim_img/seasonal_CO2_d13C_MLO_BRW.jpg)

• **JC Maurin, 10 décembre 2018 à 15 h 31 min**

@ F Engelbeen du 09 decembre

Merci de me donner l'occasion de préciser l'évolution 1980-2010 selon le modèle MP

0. « Triez les estimations de temps de résidence par date, prenez la moyenne de la moitié la plus ancienne et comparez-la à la moitié la plus jeune: il y a une légère augmentation »

C'est une bien curieuse manière de démontrer une augmentation.

Voici un exemple historique: les estimations de la charge de l'électron (mesuré initialement par Robert Millikan) ont lentement décré pour parvenir à la valeur contemporaine =  $1,602 \times 10^{-19}$  C. Cela ne montre certainement pas que la vraie charge de l'électron a varié !

1. « les émissions naturelles auraient également dû être multipliées par quatre »

Une lecture plus attentive de la figure 8b du 4/4 montre que non, ce n'est pas du tout le cas dans le modèle MP

Dans la feuille de calcul (référence 8 du 4/4), on passe d'entrées naturelles  $\approx 69$  ppm/an en 1980 vers  $\approx 79$  ppm/an en 2010. Les entrées naturelles NE sont PAS multipliées par 4.

En revanche, elles augmentent de  $79 - 69 = 10$  ppm/an. Par comparaison avec l'entrée anthropique qui augmente de  $4 - 1 = 3$  ppm/an entre 1980 et 2010, la hausse des entrées naturelles est  $\approx 3$  fois plus grande.

Votre critique me semble donc sans objet.

« ce qui a permis de réduire de quatre fois le temps de résidence »

Pour la durée de séjour alpha, définie comme le rapport du stock sur le flux nous avons en 1980  $\alpha = 338 / 68 = 4.9$  ans et nous avons en 2010  $\alpha = 388 / 79 = 4.9$  ans. La durée de séjour reste constante dans le modèle MP.

Votre critique me semble donc à nouveau sans objet.

2. “Nous constatons que l'absorption moyenne de CO<sub>2</sub> par l'océan et la biosphère terrestre était respectivement de  $1,7 \pm 0,5$  et  $1,0 \pm 0,6$  GtC / an”.

Je n'ai pas trouvé ce texte dans <http://www.co2web.info/ESEF3VO2.pdf> ?

De toute manière, il n'est pas possible d'estimer la décomposition végétale ou le dégazage /absorption de l'océan avec une telle précision, encore moins le solde.

3. Vous écrivez le solde de ma figure 8b en regroupant sur 2 fois 6 mois.

Mais le regroupement que vous faites suppose que la végétation ne se décompose pas du tout au printemps/été, ce qui est inexact.

L'océan n'absorberait pas du tout de CO<sub>2</sub> au printemps/été ?

De même, en automne/ hiver: aucune absorption végétale (même dans l'hémisphère sud?) et aucun dégazage océanique ?

Enfin, le solde en 2010 (figure 8b) pour l'océan reste +3ppm, pour l'homme +4 ppm: l'océan et l'homme participent donc tous les 2 à la hausse du taux de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère en 2010.

#### • Ferdinand Engelbeen, 12 décembre 2018 à 22 h 40 min

@JC Morain,

0/1. Il y a un certain malentendu ici: les puits ne font aucune différence entre le CO<sub>2</sub> humain et le CO<sub>2</sub> naturel (sauf une petite différence entre les isotopes). Si les émissions humaines ont été multipliées par quatre depuis 1958 et que seulement la moitié de ce CO<sub>2</sub> supplémentaire (en masse) reste dans l'atmosphère, les émissions naturelles auraient dû être multipliées par quatre si le CO<sub>2</sub> humain et naturel était éliminé de la même manière, ou ils n'ont presque aucune influence ...

Une augmentation de 69 à 79 ppmv/an équivaut à une augmentation d'environ 15%. Cela est plus que compensé par une augmentation de la capacité d'absorption de 69,5 à 81 ppmv/an, soit une augmentation d'environ 16,5% sur la même période. Ainsi, absorbant tous les intrants naturels et la moitié des intrants humains en masse totale la même année que les émissions. En d'autres termes: la hauteur des intrants naturels n'a aucune influence sur l'augmentation de l'atmosphère mais seulement la différence nette entre les intrants naturels et les absorbants naturels.

Vous regardez les intrants naturels dans la solitude, alors que les intrants naturels au cours des 60 dernières années sont plus que compensés par des puits naturels presque tous les ans ...

Il est prouvé par exemple que cela est faux dans la quantité de CO<sub>2</sub> humain mesurée dans l'atmosphère, sur la base de la diminution de  $\delta^{13}C$ : actuellement, environ 1/3 de toutes les émissions humaines se résident encore dans l'atmosphère, soit environ 10% de l'atmosphère

totale, ce qui est observé. Si vous ne regardez que les intrants, c'est impossible, car les émissions humaines ne représentent que 4 à 5% de tous les intrants...

Le problème est que les intrants naturels ne sont pas simplement isolés, mais font partie d'un cycle complet dans lequel le CO<sub>2</sub> humain dans la sortie naturelle est également recyclé dans l'intrant naturel, à l'exception des océans profonds.

2. Cela provient de l'abstract de:

[http://www.bowdoin.edu/~mbattle/papers\\_posters\\_and\\_talks/BenderGBC2005.pdf](http://www.bowdoin.edu/~mbattle/papers_posters_and_talks/BenderGBC2005.pdf)

Il existe deux manières de calculer la capacité nette absorbant/source de la végétation: les variations de  $\delta^{13}\text{C}$  et les modifications de O<sub>2</sub>. L'absorption de CO<sub>2</sub> par les plantes donne une augmentation spécifique par type de  $\delta^{13}\text{C}$  et une augmentation stœchiométrique de O<sub>2</sub>.

Inverser pour la décomposition de la plante ou son utilisation comme aliment. Le changement net en O<sub>2</sub> et  $\delta^{13}\text{C}$  après soustraction des émissions humaines correspond à ce que toute la biosphère a fait. La différence avec les observations est alors ce que les océans ont fait.

Suffisamment précis pour montrer que la végétation et les océans absorbent tous les deux du CO<sub>2</sub>.

3. Peu importe la manière dont vous répartissez les flux naturels: à aucun moment, 70 ppmv de CO<sub>2</sub> naturel ne sont introduits dans l'atmosphère, c'est tout qui est important. Même s'il y a une contribution nette des océans dans une ou plusieurs années (ou inverse de la végétation), cela est largement compensé par les puits supplémentaires dans la végétation (ou inverse dans les océans). La contribution nette de la nature totale à l'augmentation de l'atmosphère est négative depuis presque 60 ans. En l'absence d'émissions humaines, le niveau de CO<sub>2</sub> diminuerait jusqu'à ce que l'équilibre dynamique entre la surface de l'océan et l'atmosphère soit à nouveau atteint. Les émissions humaines sont donc (presque) la seule cause de l'augmentation ...

Voici la distribution nette sur les saisons à différentes stations:

[http://www.ferdinand-engelbeen.be/klimaat/klim\\_img/month\\_2002\\_2004\\_4s.jpg](http://www.ferdinand-engelbeen.be/klimaat/klim_img/month_2002_2004_4s.jpg)

L'effet net de tous les flux d'entrée et de sortie naturels énormes est de moins de 5 ppmv sur la moyenne mondiale, lorsque la végétation dans le NH gagne le concours...

#### • dlebout, 18 juillet 2019 à 12 h 10 min

J'ai lu avec grand intérêt la discussion entre M. Maurin et M. Engelbeen. Et j'ai également lu les articles postés par l'un et l'autre.

Je voudrais résumer et commenter un point: l'écart de la modification de  $\delta^{13}\text{C}$  (sur la période 1980 – 2010) entre la réalité mesurée (de -7.6 à -8.3) et ce qui est calculé par M. Maurin en utilisant l'hypothèse GIEC d'une origine exclusivement anthropique du CO<sub>2</sub> atmosphérique supplémentaire ( de -7.6 à -10.4).

M. Maurin en conclut que l'hypothèse GIEC est fautive car aboutissant à un bilan calculé en désaccord avec la mesure. M. Engelbeen argumente que le calcul que fait M. Maurin est biaisé car il ne tient pas compte du recyclage du CO<sub>2</sub> anthropique. Permettez-moi d'expliciter ici ce point.

(i) Il est, me semble t il, non contesté qu'environ 50% des émissions anthropiques sont absorbées par les puits naturels;

(ii) ce chiffre de 50% (approx) est un ratio de bilan net (sur la période de 30 ans précitée), c'est-à-dire pour le dire en détail: émissions anthropiques brutes(EA) – absorptions anthropiques brutes (AA) + émissions naturelles brutes (EN) – absorptions naturelles brutes (AN); on peut compliquer cette formule simple en différenciant les différents types

d'émissions et d'absorptions naturelles et anthropiques, mais cela ne change rien à mon raisonnement;

(iii) il n'y a pas de divergence d'évaluation sur les  $\delta^{13}\text{C}$  respectifs des émissions naturelles et des émissions anthropiques ;

(iv) M. Maurin obtient son résultat de calcul de l'hypothèse GIEC en prenant AN/EN = 50% (approx) et AA et EN  $\sim 0$ , me semble-t-il, c'est-à-dire en considérant que 50% des émissions brutes anthropiques sont absorbées et 50% restent dans l'atmosphère (avec un  $\delta^{13}\text{C}$  faible – ce qui diminue le  $\delta^{13}\text{C}$  moyen de l'atmosphère).

(v) Si je comprends bien, M. Engelbeen lui rétorque que, sur la période de 30 ans, bien plus que 50% des émissions anthropiques brutes émises sur la période ont été absorbées par les puits naturels (car elle le sont à un taux -non contesté- de 20% annuel) et partiellement remplacées par des (ré-)émissions naturelles (à  $\delta^{13}\text{C}$  plus élevé), pour aboutir à un bilan net moyen de 50%. En d'autres termes, l'argument de M. Engelbeen est: +100 GT CO<sub>2</sub> anthropique émis – 70 GT CO<sub>2</sub> absorbé par les puits naturels ( le chiffre n'est pas exact, c'est juste pour illustrer le raisonnement) + 20 GT CO<sub>2</sub> réémis par les puits naturels = +50 GT ajouté à l'atmosphère;

(vi) Ceci peut en effet expliquer l'écart entre bilan de masse global et bilan isotopique;

(vii) Ensuite le débat revient à « qualifier » les +50 GT du bilan net comme étant à 100% d'origine anthropique ( considérant que les 20 GT de réémission naturelle sont du « recyclage »), ou non.

Il semble raisonnable – je crois – d'accepter que ces 50 GT ajoutés sont la conséquence directe ET indirecte (par réémission après recyclage via les puits naturels) des émissions anthropiques.

Qu'en pensez-vous ?

#### • JC Maurin, 18 juillet 2019 à 17 h 04 min

Merci pour votre intérêt pour cet article.

La série d'articles conteste justement la notion de « airborne fraction » = 50%

1) Tout d'abord, il faut être prudent avec l'utilisation de la notion de « puits » (une différence entrée – sortie)

En désignant par E ou S les entrées ou sorties totales (totales = naturelles + anthropiques) , le comportement de l'atmosphère NE sera PAS le même si

– E = 10 et S = 8 (différence = 2)

– E = 100 et S = 98 (différence = 2)

Pour des entrées anthropiques = 1 , celles-ci ont plus d'influence dans le premier cas que dans le second cas !

En résumé, il faut discuter sur les VALEURS des entrées et les VALEURS des sorties plutôt que sur leur différence (entrée – sortie)

2) Vous indiquez :

(i) Il est, me semble t il, non contesté qu'environ 50% des émissions anthropiques sont absorbées par les puits naturels;

Ce point (i) est au contraire contestable. Le raisonnement serait éventuellement correct si les entrées et sorties naturelles restaient CONSTANTES , ce qui N'est PAS le cas dans le modèle MPO.

Lorsque les entrées totales sont supérieures aux sorties totales de 2 ppm alors que la SEULE entrée anthropique = 4 ppm , ceci NE permet PAS d'en déduire que 2 ppm d'entrée ANTHROPIQUE (50%) sont absorbées par des « puits »  
Les entrées anthropiques se sont MÉLANGÉES aux entrées naturelles.  
Il faut connaître la proportion du mélange pour en déduire la part des 4 ppm anthropique qui va être absorbée par des « puits ».

3) Prenons l'exemple de l'atmosphère en 2010 de la figure 8a. (entrées et sorties naturelles NE sont PAS constantes dans le temps)

Les entrées TOTALES sont de 79 ppm alors que les sorties TOTALES sont de -77 ppm. Cette année-là , le taux va augmenter de 2 ppm alors que le « puits = 2 ppm = 79-77.  
Cette année-là , 77 ppm sont retirés des entrées TOTALES = 79 ppm (4 ppm anthropique soit 5% + 75 ppm naturel soit 95%)  
Dans le mélange des entrées(77ppm), l'entrée anthropique (4 ppm soit 5%) perd  $4 * 77/79 = 3.9$  ppm alors que l'entrée naturelle (75 ppm soit 95%) perd  $(75 * 77/79) = 73.1$  ppm.

Les sorties TOTALES sont bien de  $3.9 + 73.1 = 77$  ppm  
Les entrées TOTALES sont bien de  $4 + 75 = 79$  ppm  
La différence ou « puits » est bien de  $79 - 77 = 2$  ppm

Mais ne subsiste de l'entrée anthropique que  $4 - 3.9 = 0.1$  ppm (pas 50%)

Dans l'article qui va paraître en fin de semaine, la figure 3b donne mon interprétation de la croissance du CO2 atmosphérique.

• **JC Maurin, 19 juillet 2019 à 5 h 22 min**

Corrections sur l'exemple donné au 3) de ma réponse précédente.

a) Il s'agit bien de la Fig. 8b et non pas de la Fig. 8a comme indiquée par erreur.

b) Il ne faut pas traiter différemment le CO2 anthropique et le CO2 naturel, mais aussi le CO2 nouvellement présent et anciennement présent.

Dans l'exemple de la Fig 8b, les sorties (77 ppm) proviennent d'une atmosphère contenant initialement 388 ppm qui deviendrons 390 ppm en fin d'année  
Le CO2 déjà présent comme le CO2 nouvellement présent (79 ppm = 4 ppm anthropique + 75 ppm naturel) vont avoir la MÊME probabilité (77/388) de sortir de l'atmosphère.  
Les 77 ppm sortant de l'atmosphère cette année-là se décomposent en:  
0.8 ppm ( $4 * 77/388$ ) provenant de 4 ppm anthropique nouvellement présent  
14.9 ppm ( $75 * 77/388$ ) provenant de 75 ppm naturel nouvellement présent  
enfin 61.4 ppm proviennent du CO2 anciennement présent.

• **Ph. RIGGI, 12 avril 2021 à 11 h 33 min**

Bonjour Mr Maurin, il y a un point que je ne saisis pas bien sur la fig 4b : lorsque la température de l'océan augmente (et donc qu'il dégaze) on voit le delta 13C qui subit une variation négative si je lis bien l'échelle à gauche.



Or dans vos notes précédentes vous donnez un delta 13C entre -7.5 et -8.5 pour l'atmosphère et entre -4 et 2 pour l'océan. Si l'océan dégaze, delta 13C devrait donc remonter et la variation devrait donc être positive. Pouvez-moi m'éclairer ?

• **JC Maurin, 13 avril 2021 à 10 h 27 min**

Merci pour votre commentaire.

1) La figure 4b ne représente pas  $\delta^{13}\text{C}$ , elle montre seulement l'existence d'une corrélation, avec SST. C'est la figure 3b qui représente  $\delta^{13}\text{C}$  (moyenne pour 11 observatoires).

2) Il y a en effet une incertitude sur delta 13C correspondant au dégazage de l'océan. Les valeurs indiquées dans mon texte proviennent de diverses sources qui donnent de l'ordre de -4 à 2:

<http://acces.ens-lyon.fr/acces/thematiques/CCCIC/ressources/images/c13.gif>

<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmars.2020.540165/full>

[https://culturesciences.chimie.ens.fr/sites/default/files/2020-08/isotopes\\_remaud\\_fig-2.png](https://culturesciences.chimie.ens.fr/sites/default/files/2020-08/isotopes_remaud_fig-2.png)

En revanche cette source donne une valeur plus faible ( $\approx -9,5$ ) mais qui reste au-dessus du  $\delta^{13}\text{C}$  des combustibles fossiles:

<https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/isotopes/images/disequilibrium.jpg>

3) Les mesures  $\delta^{13}\text{C}$  à Mauna Loa (intertropical) sont directement consultables ici :

[https://cdiac.ess-dive.lbl.gov/ftp/trends/co2/iso-sio/SIO\\_Mauna\\_Loa\\_13CO2.txt](https://cdiac.ess-dive.lbl.gov/ftp/trends/co2/iso-sio/SIO_Mauna_Loa_13CO2.txt)

Vous avez pour mai 1997  $\delta^{13}\text{C} = -8.13$  et pour décembre 1997  $\delta^{13}\text{C} = -7.95$ ,  $\delta^{13}\text{C}$  remonte. Simultanément, les températures SST du Pacifique intertropical (gif animé) pour El Nino sont ici:

[https://celebrating200years.noaa.gov/magazine/enso/el\\_nino.html](https://celebrating200years.noaa.gov/magazine/enso/el_nino.html)

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

### Carbone 14 et Effet Suess

par J.C. Maurin, Professeur agrégé de physique

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.

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

**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).

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

**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  $^{14}\text{C}$  en haute atmosphère compense la disparition en 1 siècle (-1,2%) du  $^{14}\text{C}$ .  
Au cours des derniers siècles, cet équilibre dynamique correspond à environ 1 molécule  $^{14}\text{CO}_2$  pour  $10^{12}$  molécules  $^{12}\text{CO}_2$ .
- Le carbone végétal ou animal trouve sa source dans le  $\text{CO}_2$  atmosphérique. Le  $^{14}\text{CO}_2$  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  $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$  va diminuer **après** la mort de l'organisme car il n'y a plus d'apport de  $^{14}\text{C}$ .  
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  $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$  dans l'atmosphère, et, d'autre part, le passage du carbone depuis le  $\text{CO}_2$  atmosphérique vers la biosphère conduit à un fractionnement isotopique (la végétation sélectionne le  $^{12}\text{C}$  de préférence au  $^{14}\text{C}$ ).

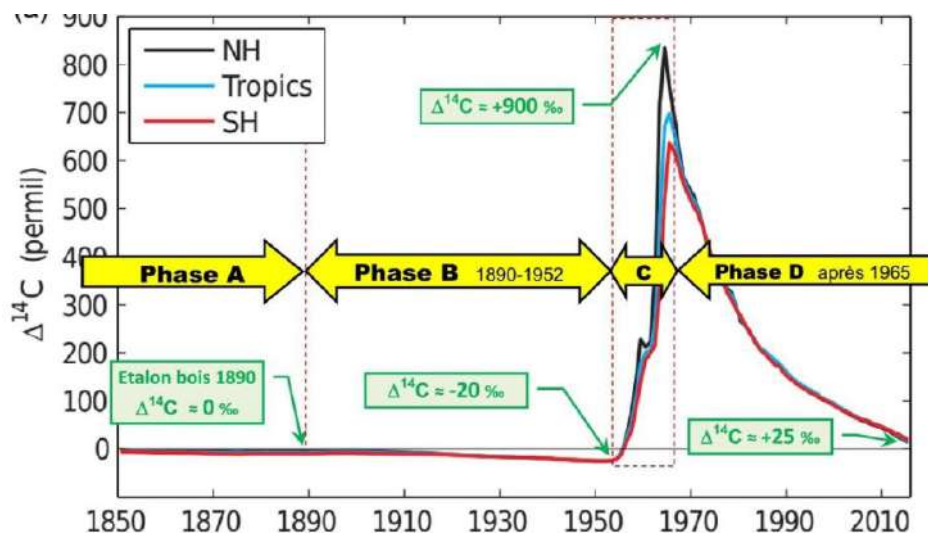
Pour $10^{12}$ atomes de carbone 12	$\Delta^{14}\text{C}$	Exemple
0 atome carbone 14	-1000 ‰	$\text{CO}_2$ anthropique
$\approx 1$ atome carbone 14	0 ‰	$\approx$ Atmosphère en 1890
$\approx 2$ atomes carbone 14	1000 ‰	$\approx$ Atmosphère en 1963

**Figure 1c. [5]** On évalue la proportion de  $^{14}\text{C}$  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'influe alors quasiment pas sur le  $\text{CO}_2$  atmosphérique. En l'absence totale de  $^{14}\text{C}$ , le  $\text{CO}_2$  est tel que  $\Delta^{14}\text{C} = -1000\text{‰}$ . C'est le cas du  $\text{CO}_2$  produit par les combustibles fossiles, formés il y a plusieurs millions d'années, et qui ne comportent donc plus de  $^{14}\text{C}$  (voir Figs. 1a et 1b).

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

La reconstitution de la Fig. 2 résume les observations sur  $^{14}\text{C}$ .



**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  $^{14}\text{C}$  par les neutrons cosmiques équilibre la désintégration du stock total de  $^{14}\text{C} \rightarrow \Delta^{14}\text{C} \approx 0 \text{‰}$ .

**Phase B.** L'atmosphère s'appauvrit en  $^{14}\text{C}$  : 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  $^{14}\text{C}$  en grande quantité. Dans l'atmosphère,  $^{14}\text{C}$  s'oxyde rapidement pour donner  $^{14}\text{CO}_2$ . Lors des essais des armes thermonucléaires (à partir de 1952),  $\Delta^{14}\text{C}$  passe de  $-20 \text{‰}$  vers  $+900 \text{‰}$ . Le tableau (Fig. 1c) indique que l'atmosphère en 1963 comporte presque 2 fois plus de molécules  $^{14}\text{C}$  que l'atmosphère en 1952.

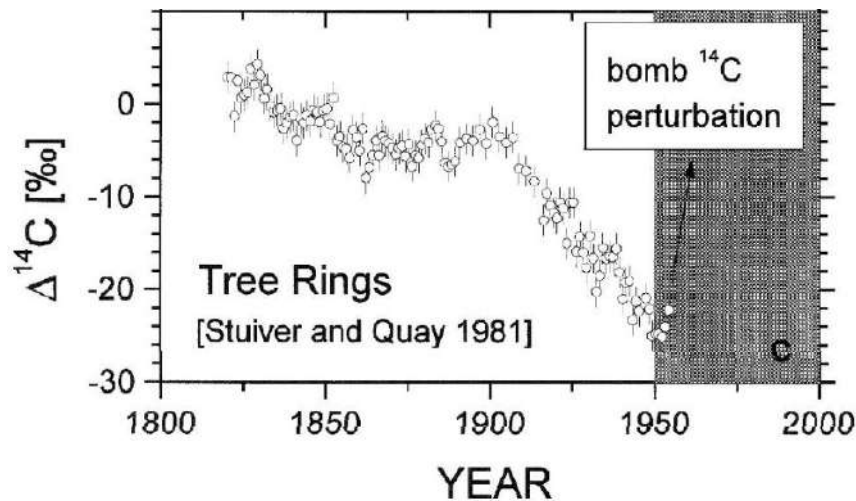
**Phase D.** A la fin 1965,  $^{14}\text{CO}_2$  s'est réparti presque également dans les 2 hémisphères. Le nombre de molécules  $^{14}\text{CO}_2$  dans l'atmosphère décroît rapidement (en 2015 on est proche du niveau d'équilibre de 1950).

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

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

Dans un article de 1955, Hans SUESS [2], avance l'idée que l'injection de  $\text{CO}_2$  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  $\text{CO}_2$  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.



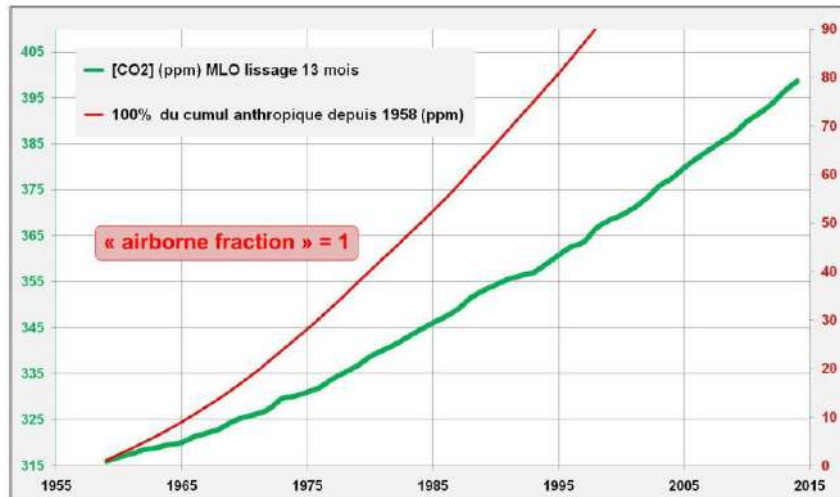
**Figure 3.** [2] Stuiver et Quay (1981) rapportent une proportion de  $^{14}\text{C}$  presque constante jusqu'en 1900 et qui baisse ensuite vers  $\Delta^{14}\text{C} \approx -25 \text{ ‰}$  en 1950. L'estimation de  $\Delta^{14}\text{C}$  pour l'atmosphère est déduite **indirectement** via des échantillons 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 Suess : la salinité de l'étang correspond à  $\Delta^{14}\text{C}$ , l'eau douce correspond au  $\text{CO}_2$  anthropique, l'étang salé correspond à l'atmosphère. L'effet Suess 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.

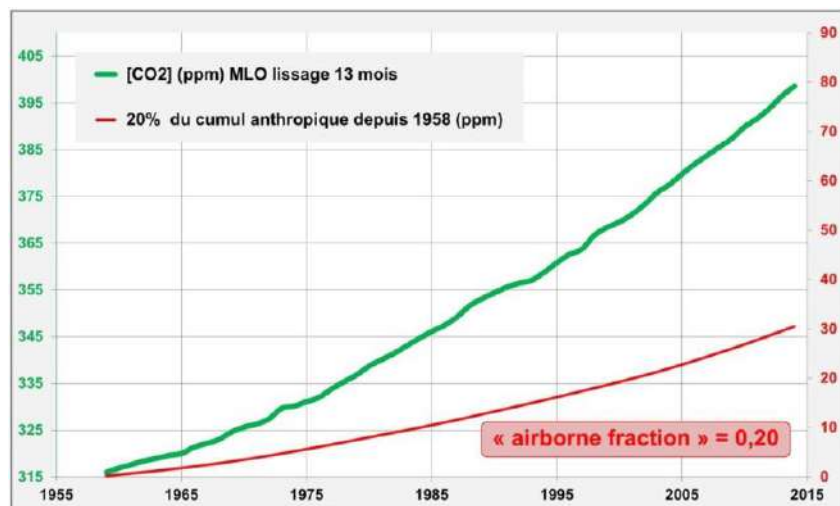
#### 4. Thèse du GIEC

Une croissance du  $\text{CO}_2$  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).

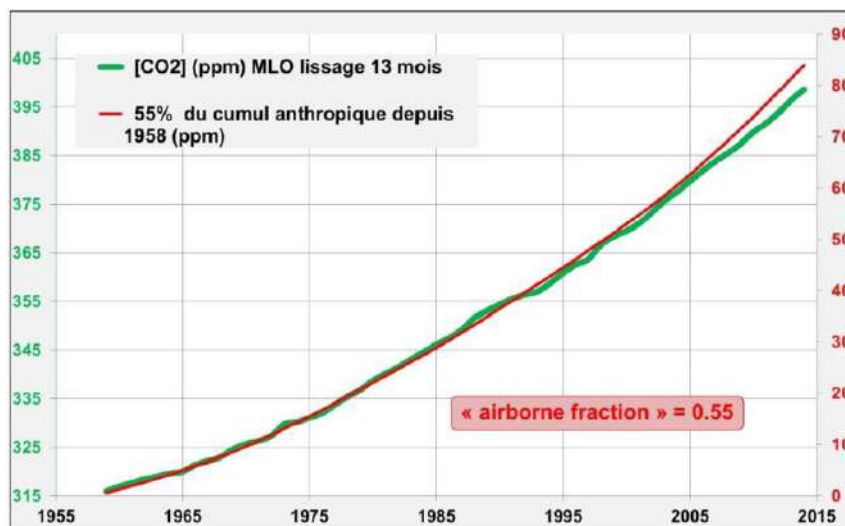
Les figures 4a 4b 4c illustrent l'équivalence avec l'autre formulation du GIEC « airborne fraction  $\approx 55\%$  » (ce qui signifie qu'environ **la moitié** des émissions anthropiques **s'accumuleraient** dans l'atmosphère (voir la définition de 'airborne fraction' dans [4]).



**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%).



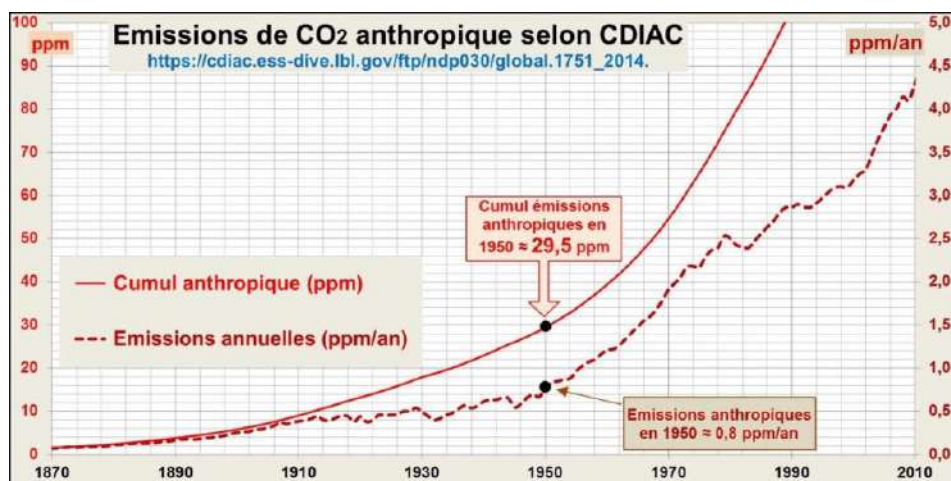
**Figure 4b.** [5] [3] En prenant airborne fraction = 20%, on ne reproduit **qu'une fraction** de la croissance mesurée à Mauna Loa (MLO) entre 1958 et 2015 (airborne fraction doit être > 20%).



**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).



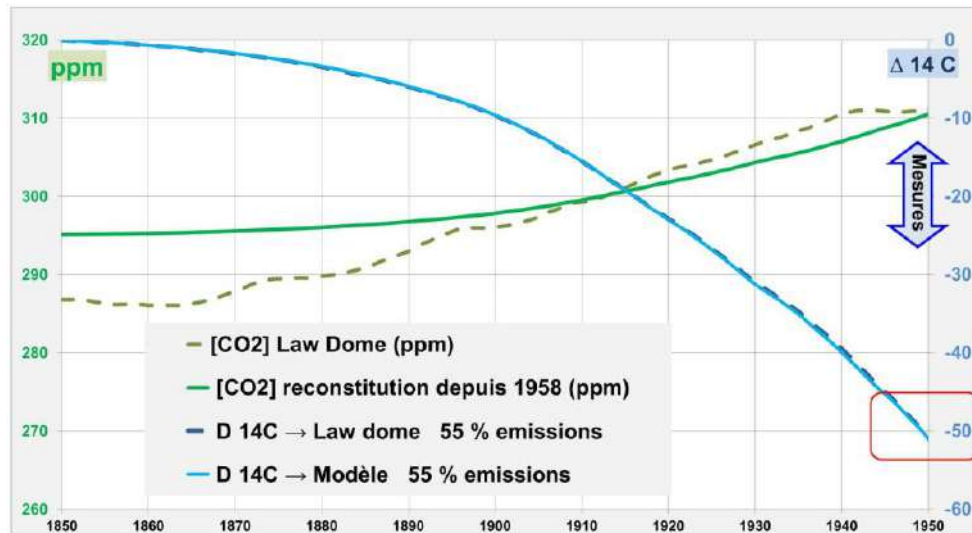
**Figure 4d.** [3] Emissions et cumul du CO<sub>2</sub> anthropique selon CDIAC. En 1950 le cumul est ≈ 29.5 ppm. Selon le GIEC, on devrait donc avoir 29.5\* 55% ≈ 16.2ppm de CO<sub>2</sub> anthropique ( $\Delta^{14}C = -1000 \text{ ‰}$ ) dans l'atmosphère de 1950 [5] cfr. onglet émissions CDIAC.

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.

## 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<sub>2</sub>] ≈ 311 ppm. Une estimation de l'effet Suess devrait donner :

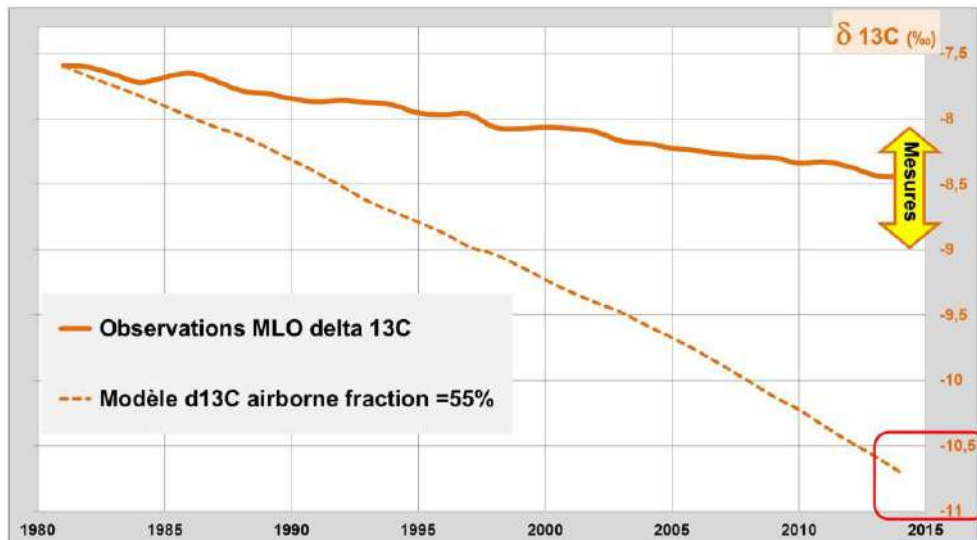
$\Delta^{14}\text{C} \approx (16.2 * -1000 \text{ ‰} + 294.8 * 0 \text{ ‰}) / 311 \approx -52 \text{ ‰}$  mais les observations pour 1950 donnent  $\Delta^{14}\text{C} \approx -15 \text{ ‰}$  à  $-25 \text{ ‰}$  (Fig. 5a).



**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 [CO<sub>2</sub>] entre 1850 et 1950 ne peut provenir des mesures à Mauna Loa (MLO) qui démarrent seulement en 1958. La [CO<sub>2</sub>] 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 ≈ 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 <sup>13</sup>C ([voir ici](#), paragraphe C.3.1).



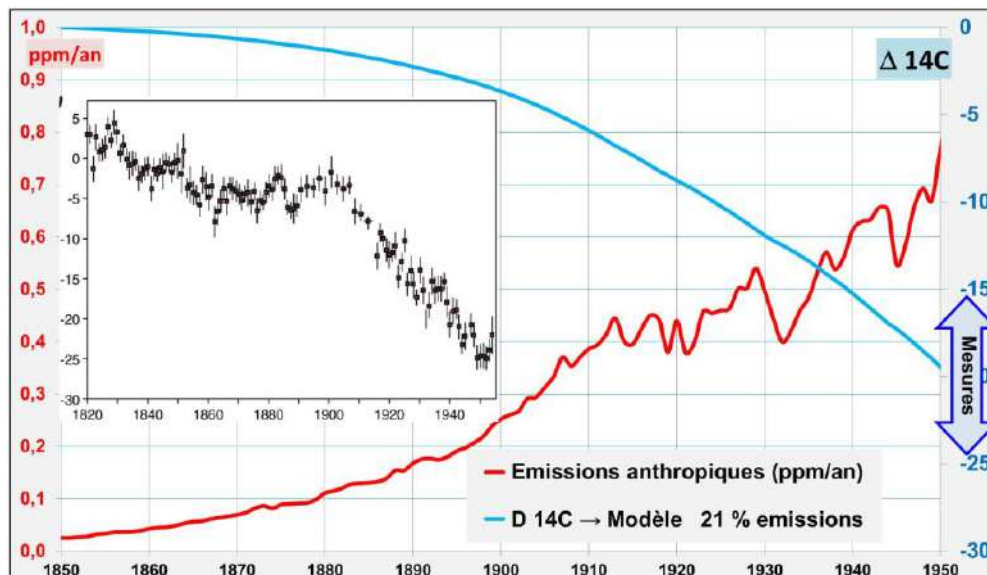


**Figure 5b.** La dilution est trop grande également pour  $^{13}\text{C}$ . La thèse du GIEC (airborne fraction = 55%) donne aussi une baisse du  $\delta^{13}\text{C}$  nettement plus élevée que les observations. Afin de concilier les observations, on peut prendre airborne fraction = 24% et des apports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

#### 6. La croissance du $\text{CO}_2$ atmosphérique est-elle uniquement anthropique ?

Comment concilier la dilution du  $\text{CO}_2$  anthropique en 1950 (effet SUESS) pour être en accord avec  $\Delta^{14}\text{C} \approx -15 \text{ ‰}$  à  $-25 \text{ ‰}$  ? 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  $29.5 \times 0.21 \approx 6.2$  ppm de  $\text{CO}_2$  anthropique, on trouve  $\Delta^{14}\text{C} \approx (6.2 \times -1000 \text{ ‰} + 304.8 \times 0 \text{ ‰}) / 311 \approx -20 \text{ ‰}$  (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  $\Delta^{14}\text{C}$  (avec un flux neutronique peu variable entre 1890 et 1950). Les valeurs utilisées pour  $[\text{CO}_2]$  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  $\Delta^{14}\text{C} \approx -20\text{‰}$ . (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  $\Delta^{14}\text{C} \approx -15\text{‰}$  à  $-25\text{‰}$ .

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
52 ‰	16,2	55%	Thèse GIEC

**Figure 6b.** Correspondance CO<sub>2</sub> anthropique avec  $\Delta^{14}\text{C}$ . On retrouve la valeur  $\Delta^{14}\text{C} \approx -20\text{‰}$  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  $\Delta^{14}\text{C} \approx -15\text{‰}$  à  $-25\text{‰}$ . Après 1952, les essais nucléaires ne permettent malheureusement plus de comparaison **directe** de l'effet Suess avec la thèse du GIEC.

## 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  $\approx 0\text{‰}$  en 1890 vers  $-15\text{‰}$  à  $-25\text{‰}$  en 1950,  $\delta^{13}\text{C}$  passe de  $-7.6\text{‰}$  en 1980 vers  $-8.3\text{‰}$  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.

## 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://ftp.cmdl.noaa.gov/products/trends/co2/co2\\_annmean\\_mlo.txt](ftp://ftp.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.

## Quelques commentaires de lecteurs

### • Fritz, 20 juin 2019 à 12 h 00 min

Vous remettez cela ; je n'ai pas la patience de Ferdinand Engelbeen, mais si le delta C13 de l'atmosphère diminue, il n'y a que la biosphère ou les fossiles pour le faire baisser ; tous les calculs que vous faites avec cette diminution pour justifier d'autres sources sont nuls parce que la biosphère dont on ne maîtrise pas l'augmentation est friande de carbone léger.

### • JC Maurin, 20 juin 2019 à 19 h 51 min

Le présent article traite surtout la dilution du carbone 14.

La biosphère préfère en effet les molécules avec du carbone léger soit le carbone 12 plutôt que 13C ou 14C.

À propos du delta 13C, sa baisse dans l'atmosphère nécessite l'ajout d'un MELANGE appauvri en carbone 13 (relativement à l'atmosphère pour laquelle  $\delta 13C = -7,5\text{‰}$  à  $-8,5\text{‰}$ ).

Mais ce mélange peut parfaitement être du fossile ET une autre source NON appauvrie en carbone 13, il suffit seulement que le MELANGE résultant reste appauvri en carbone 13, c'est-à-dire tel que le delta 13C du MELANGE soit inférieur à  $-8,5\text{‰}$

La Fig. 5b montre la contradiction suivante: si le mélange n'en est pas un (seulement du fossile) : la baisse de delta 13C est trop rapide !

Un mélange avec une source anthropique ( $\delta 13C \text{ fossile} = -28\text{‰}$ ) avec une autre source (par exemple  $\delta 13C = -0,5\text{‰}$ ) reste bien un mélange appauvri en carbone 13 (relativement à l'atmosphère).

### • dlebout, 25 juillet 2019 à 10 h 04 min

Bonjour M. Maurin,

Merci pour votre article comme toujours clair et bien référencé.

Votre conclusion est fondée sur l'hypothèse que 55% environ du CO2 anthropique reste dans l'atmosphère après émission.

Mais la thèse du GIEC ne doit-elle pas être comprise différemment ? par: environ 55% net reste dans l'atmosphère; ce qui signifie 70%-80% de ce qui est émis par l'homme est absorbé par les puits naturels (fortement saisonniers) et 20-30% est réémis. Ainsi l'enrichissement atmosphérique net en CO2 anthropique calculé en masse est de l'ordre de 55%, tandis que l'appauvrissement en 14C (comme en 13C) de l'atmosphère est dicté par les 70-80% d'absorption saisonnière vu que la réémission de CO2 se fait au taux moyen en 14C et 13C des réservoirs naturels.

Ceci devrait se vérifier en mesurant un appauvrissement des taux en 14C et 13C des réservoirs naturels.

Qu'en pensez-vous ?

• **JC Maurin, 25 juillet 2019 à 11 h 48 min**

1) C'est le GIEC qui fait l'hypothèse  $\approx 55\%$  du CO<sub>2</sub> anthropique restera dans l'atmosphère.

En réalité la véritable hypothèse du GIEC est que la totalité de la hausse du CO<sub>2</sub> atmosphérique est causée par l'homme. Pour cela, le GIEC est obligé de supposer qu'environ la moitié du CO<sub>2</sub> émis par l'homme, après multiples échanges, va demeurer dans l'atmosphère. Il s'agit bien d'un bilan net.

La série de figures 4a 4b 4c du présent article traduit le véritable but du GIEC (Le GIEC a été créé spécifiquement pour démontrer la SEULE responsabilité de l'homme).

2) Le point central est que le GIEC fait jouer un rôle particulier à la molécule de CO<sub>2</sub> « anthropique ».

Or celle-ci se comporte comme n'importe quelle molécule de CO<sub>2</sub>.

S'il subsistait 55% des entrées anthropiques alors subsisteront aussi 55% des entrées naturelles (après multiples échanges).

Nous pouvons suivre la molécule de CO<sub>2</sub> qui comporte un atome de carbone 14, son comportement sera voisin d'une molécule de CO<sub>2</sub> « anthropique », pour cela il faut vous reporter à la figure 2a de l'article 3/3.

Après de multiples échanges avec les autres réservoirs, il ne reste dans l'atmosphère que 5% à 25% du <sup>14</sup>CO<sub>2</sub> injecté en 1961-1963 (courbe rose). Il NE reste PAS 55% de l'ajout dans l'atmosphère.

3) Le CO<sub>2</sub> anthropique a un comportement voisin, il doit donc subsister dans l'atmosphère, après multiples échanges, entre 5% et 25 % seulement, mais le calcul précis n'est pas encore possible.

Les figures 3a et 3b de l'article 2/3 permettent de suivre le raisonnement global, qui tient compte des multiples échanges.

La comparaison, dans l'article 3/3 de la figure 2a avec la figure 2b peut vous éclairer.

• **dlebout, 25 juillet 2019 à 20 h 04 min**

Merci pour votre réponse rapide!

Peut-être un point un peu secondaire d'abord: les valeurs moyenne en  $\delta^{13}C$  des réservoirs que je lis dans la littérature sont un peu différents de ceux que vous utilisez dans vos calculs: par exemple -24 pour Delta  $\delta^{13}C$  au lieu de -29 pour les émissions fossiles et une valeur également différente pour les océans superficiels. Par ailleurs, je comprends que les delta  $\delta^{13}C$  de la biosphère végétale peut varier significativement selon les espèces dominantes, ce qui combiné à la connaissance approximative de la biosphère végétale ou des sols me introduire une incertitude quant aux résultats du calcul. Peut-être pouvez-vous m'éclairer sur ce point?

Je suis votre raisonnement sur le pourcentage de CO2 anthropique se retrouvant finalement dans l'atmosphère. Mais, la question ne se pose t elle pas différemment? Ne fait il pas comparer deux états: (A) sans émissions anthropique et (B) avec émissions Anthropiques. Dans l'état B comparé à A, ne peut on pas conclure que les émissions ont stimulé le cycle du carbone ce qui se traduit par plus d'absorption par les puits naturels , et plus de réémission. Au total, la situation B se traduit par un bilan net de plus de CO2 dans l'atmosphère directement et indirectement provoqué par les émissions anthropiques?

• **JC Maurin, 25 juillet 2019 à 22 h 44 min**

Merci pour votre intérêt sur ce sujet, complexe et encore largement inconnu.

Un lecteur attentif est une récompense pour un auteur.

1) Pour le delta 13 C des fossiles il va dépendre des utilisations respectives du charbon, du gaz et du pétrole.

Delta 13C du mélange des fossiles ne sera pas tout à fait constant entre 1958 et 2015.

Je vous invite à consulter la figure 5a (ainsi que le lien au-dessus) dans l'article

<http://www.science-climat-energie.be/2018/11/12/evolutions-recentes-du-co2-atmospherique-3-4/>

2) Pour votre comparaison de 2 états A et B , elle n'est guère possible, car nous ne connaissons que les émissions anthropiques, c'est-à-dire B-A.

Nous ignorons largement l'évolution des entrées et sorties NATURELLES entre 1958 et 2015.

Les sorties naturelles ont augmenté entre 1958 et 2015. Les entrées anthropiques ont aussi augmenté, mais les entrées naturelles ont probablement augmenté encore plus vite : voir la figure 3a dans l'article [http://www.science-climat-energie.be/2018/12/02/\\_\\_\\_trashed-4/](http://www.science-climat-energie.be/2018/12/02/___trashed-4/)

Enfin , TOUTE augmentation (naturelle OU anthropique) du taux de CO2 « stimule les puits », ou plutôt fait croître les sorties (TOUTES les sorties).

3) Si vous disposez d'assez de temps lisez les articles « Évolutions récentes du CO2 atmosphérique » 1/4 et 2/4.

Sinon, les 2 articles sont fortement résumés dans le schéma de la figure 1 de l'article

<http://www.science-climat-energie.be/2018/11/12/evolutions-recentes-du-co2-atmospherique-3-4/>

• **JC Maurin, 25 juillet 2019 à 13 h 08 min**

Je complète ma réponse sur le second point que vous évoquez:

« Ceci devrait se vérifier en mesurant un appauvrissement des taux en  $^{14}\text{C}$  et  $^{13}\text{C}$  des réservoirs naturels. Qu'en pensez-vous ? »

Il y a bien modification du taux en  $^{13}\text{C}$  (voir article 3/3, référence 7, Camille Veyres, au bas de la page 12 du document) et il y a bien modification du taux en  $^{14}\text{C}$  (voir Fig. 2c l'article 3/3)

Malheureusement, le fractionnement isotopique va intervenir, à la fois pour la végétation et pour la vie en surface de l'océan, ce qui rend délicat un calcul théorique.

Enfin, à cause de la taille du réservoir océan, le changement des rapports isotopiques reste faible pour les entrées dans l'atmosphère du  $\text{CO}_2$  en provenance de l'océan.

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

### Carbone 14 et Effet Bombe

par J.C. Maurin, Professeur agrégé de physique

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.

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

**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 τ					
Durée (années)	10	50	100	5730	8267	50000
Il subsiste	99,88%	99,40%	98,8%	50,00%	36,79%	0,24%
Il disparaît	0,12%	0,60%	1,2%	50%	63%	99,76%

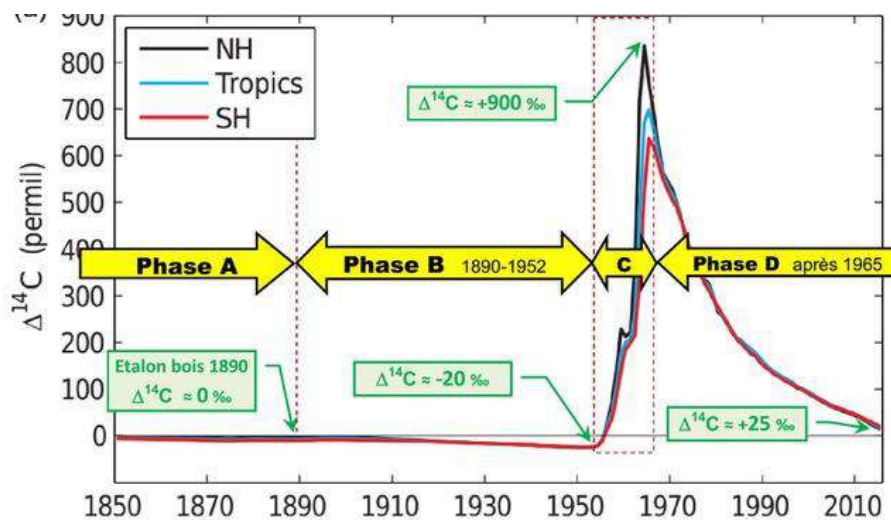
**Figure 1b.** [5] Quelques ordres de grandeurs pour la désintégration du carbone 14.

Pour 10 <sup>12</sup> atomes de carbone 12	Δ <sup>14</sup> 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 Δ<sup>14</sup>C.

On a Δ<sup>14</sup>C = 0‰ 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  $\text{CO}_2$  atmosphérique depuis 1850 ([ici fig1](#)). NH et SH correspondent aux hémisphères Nord et Sud.

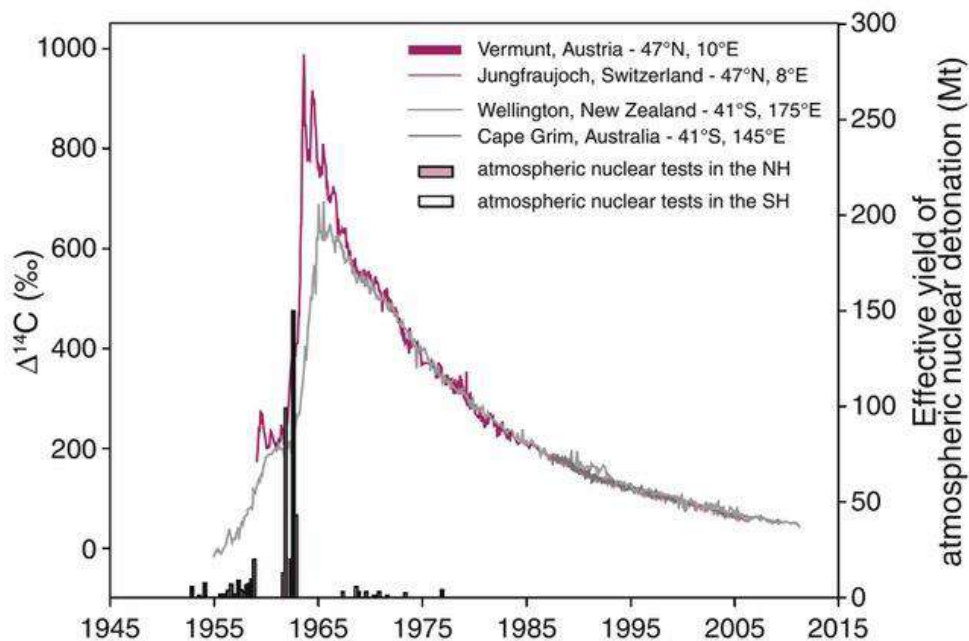
## 2. Interprétation des évolutions du carbone 14 (Fig.1d)

**Phase A.** La production de  $^{14}\text{C}$  par les neutrons cosmiques équilibre la désintégration du stock total de  $^{14}\text{C}$   $\rightarrow \Delta^{14}\text{C} = 0 \text{ ‰}$

**Phase B.** L'atmosphère s'appauvrit en  $^{14}\text{C}$  : on passe de  $\Delta^{14}\text{C} = 0 \text{ ‰}$  en 1890 vers  $\approx -20 \text{ ‰}$  en 1952 (effet Suess).

**Phase C.** On constate que  $\Delta^{14}\text{C}$  passe de  $-20 \text{ ‰}$  vers  $+900 \text{ ‰}$ . Le tableau Fig. 2 indique que l'atmosphère en 1963 comporte presque 2 fois plus de molécules  $^{14}\text{CO}_2$  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  $^{14}\text{C}$  en grande quantité:  $^{14}\text{N} + n \rightarrow ^{14}\text{C} + 1p$ . Dans l'atmosphère,  $^{14}\text{C}$  s'oxyde rapidement en  $^{14}\text{CO}_2$ .



**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**.**

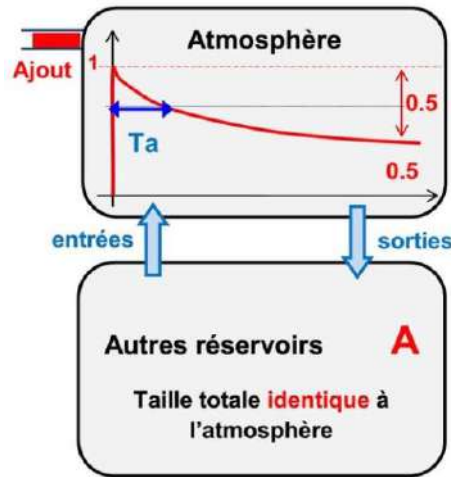
**Phase D** (Fig. 1d et 2). A la fin 1965,  $^{14}\text{CO}_2$  s'est presque réparti également dans les 2 hémisphères, le nombre de molécules  $^{14}\text{CO}_2$  dans l'atmosphère décroît ensuite très rapidement.

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

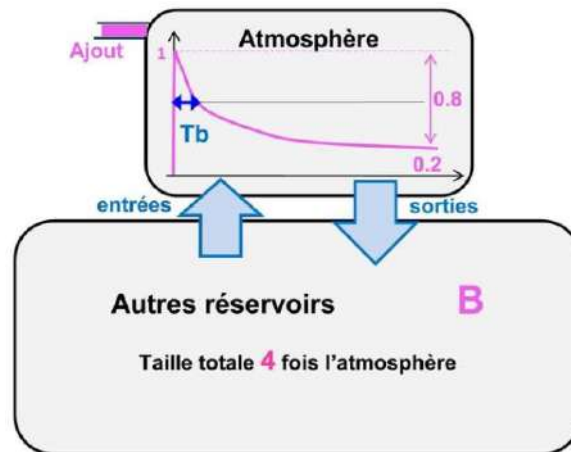
### 3. Echanges entre réservoirs

Dans les échanges de  $\text{CO}_2$  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 **Ta** est grande.

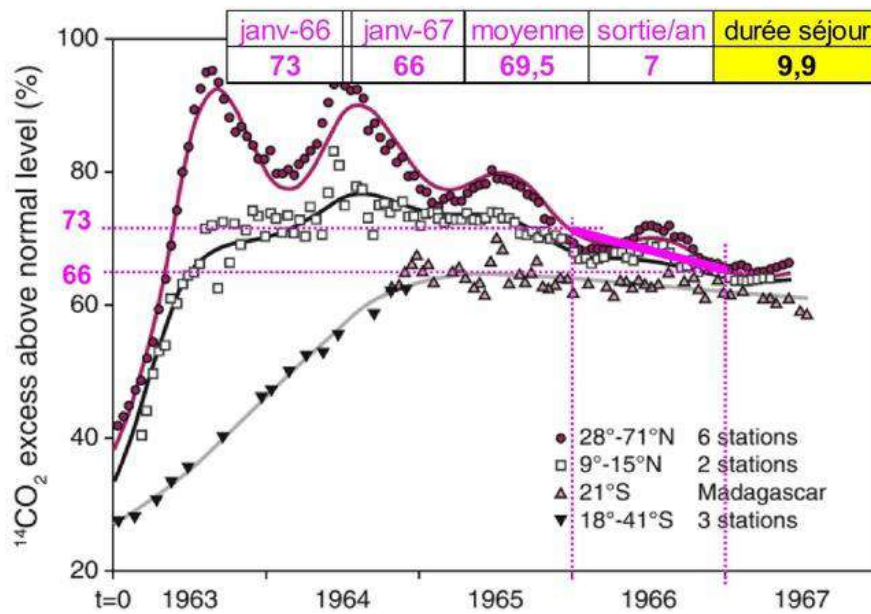
A long terme, l'asymptote nous renseigne sur la **taille apparente** des réservoirs : pour une asymptote  $\approx 0,5$  cela indique que l'on échange avec des réservoirs dont la taille apparente est **comparable** à celle de l'atmosphère. A long terme, l'atmosphère du schéma A contiendra  $1/2$  de 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 **Tb** est une durée plus courte que **Ta**. 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.

#### 4. Durée de séjour pour $^{14}\text{CO}_2$

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  $\text{CO}_2$ , 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  $\text{CO}_2$  **anthropique**. L'effet Bombe permet une autre estimation de la durée de séjour, mais pour  $^{14}\text{CO}_2$



**Figure 4. Estimation de la durée de séjour pour  $^{14}\text{CO}_2$  [5] et Fig 4.8 [ici](#).** L'échelle verticale correspond à  $10 \times \Delta^{14}\text{C}$ , elle est donc en %. Les oscillations annuelles dans l'hémisphère Nord (en violet) indiquent probablement des échanges saisonniers avec la végétation. L'estimation  $[\text{CO}_2] / \text{sortie annuelle} = 69.5 / 7 = 9,9$  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 :

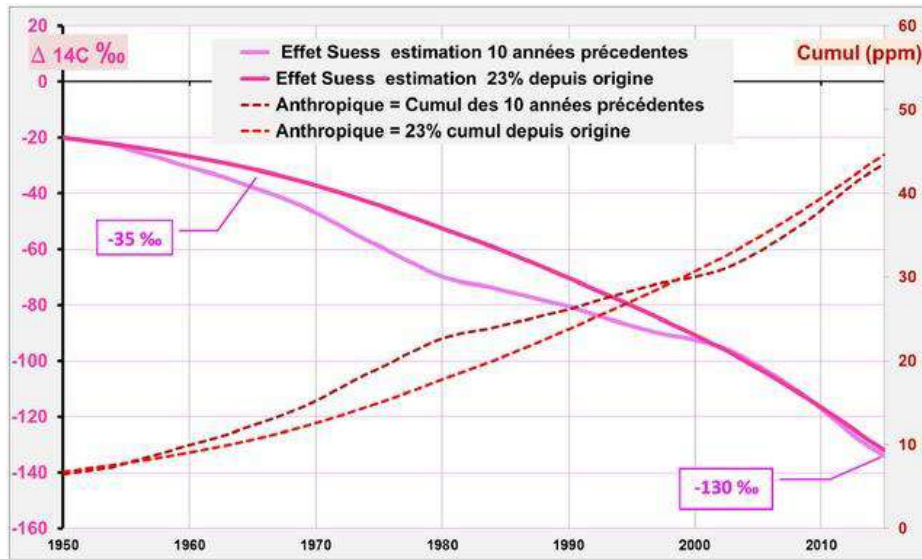
- d'une part, la répartition entre hémisphères est presque terminée en 1966.
- d'autre part, 70% du carbone 14 est encore dans l'atmosphère et seulement 30% est passé dans les autres réservoirs: les entrées en 1966 sont encore très peu différentes de la période précédant les essais nucléaires.

On a donc une durée de séjour  $\approx 10$  ans pour le  $^{14}\text{CO}_2$  (Fig.4). Pour d'autres estimations de la durée de séjour, voir [ici](#) en page 13).

#### 5. Etude de la décroissance du $\Delta^{14}\text{C}$ (phase D de la Figure 1d).

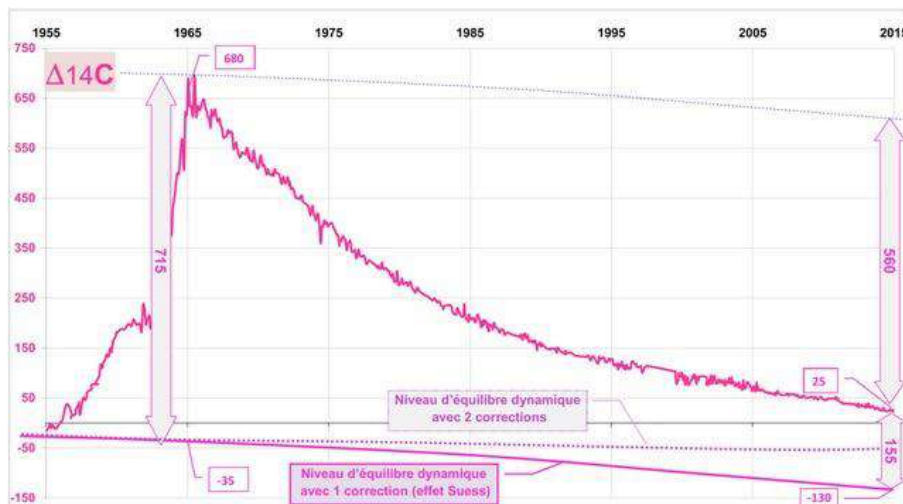
Pour pouvoir estimer la taille apparente des réservoirs, il faut **au préalable** estimer quel est le niveau d'équilibre en 2015. Celui-ci n'est pas resté stable depuis 1950 ( $\Delta^{14}\text{C} = -20 \text{ ‰}$ ) car, d'une part, l'homme injecte du  $\text{CO}_2$  anthropique (effet Suess), ce qui diminue  $\Delta^{14}\text{C}$ , d'autre

part, l'industrie nucléaire et les quelques essais nucléaires des années 67-80 ont produit des neutrons donc du  $^{14}\text{C}$ , ce qui augmente  $\Delta^{14}\text{C}$ . 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.

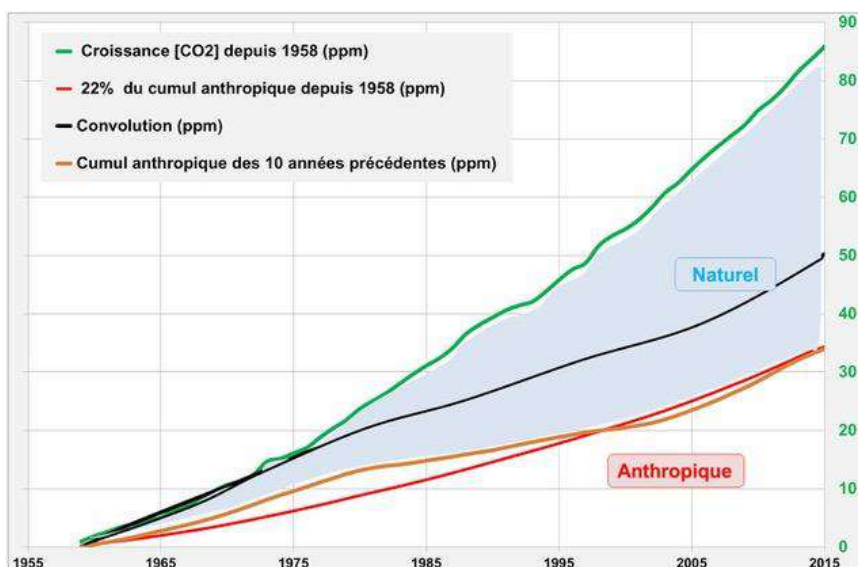
	1950	1965	2015
Observations	-20	680	25
Correction effet Suess	-20	-35	-130
Correction industrie nucléaire	0	1	80
Niveau d'équilibre dynamique	-20	-34	-50
Observations - Niveau équilibre	0	714	75
il reste dans l'atmosphère		10,5%	75
il est sorti de l'atmosphère		89,5%	639

**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  $\text{CO}_2$  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.**

## 6. Références

1. Propriété du carbone 14 : RadiocarbonDetermination (<https://www.radiocarbon.com/PDF/AMS-Methodology.pdf>) Fiche IRSN (<https://www.irsn.fr/FR/Larecherche/publications-documentation/fiches-radionucleides/environnement/Pages/carbone-14-environnement.aspx#1>)
2. Variabilité naturelle et anthropique pour <sup>14</sup>C :
  - H.E. Suess, « Radiocarbon Concentration in Modern Wood», Science, vol. 122, no3166,1955, (DOI 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. Paterné 2003 DOI: 10.1051/radiopro:2003017
3. Emissions anthropiques : CDIAC ([https://cdiac.ess-dive.lbl.gov/trends/emis/meth\\_reg.html](https://cdiac.ess-dive.lbl.gov/trends/emis/meth_reg.html))
  - [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.

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

### *Effet Bombe et Modèles du GIEC*

par J.C. Maurin, Professeur agrégé de physique

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.

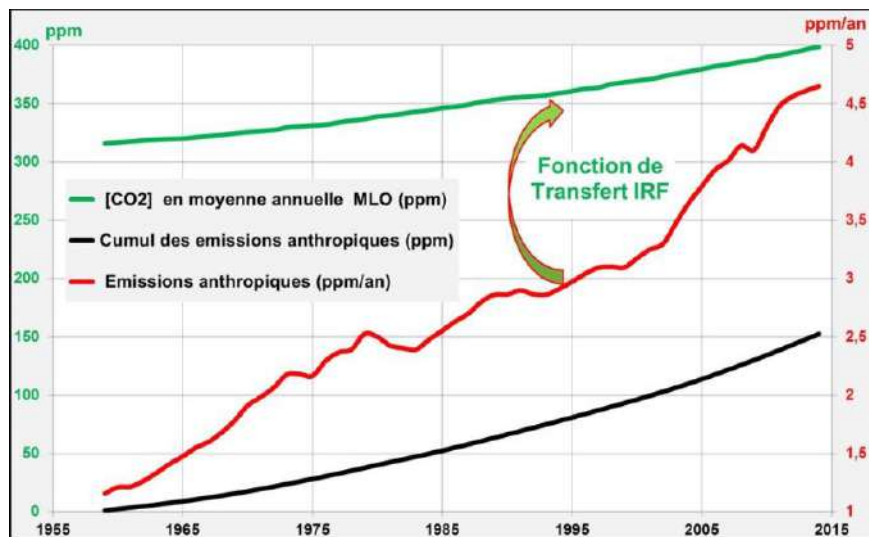
Il y a **deux** étages de modélisation : on commence par prévoir le taux de CO<sub>2</sub> en 2100 avec des modèles **sélectionnés par le GIEC** (ces modèles « IRF » du GIEC sont l'objet de l'article). Cette prévision constitue ensuite l'entrée du second étage, à savoir les modèles types « échanges radiatifs » ou « effet de serre » qui **ne sont pas** traités ici (mais on peut consulter [1]).

Le présent article (qui est la suite de deux autres, 1/3 et 2/3) compare la réponse impulsionnelle **théorique** de ces modèles « IRF » avec la réponse impulsionnelle **observée** du <sup>14</sup>CO<sub>2</sub> (effet Bombe).

#### 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).

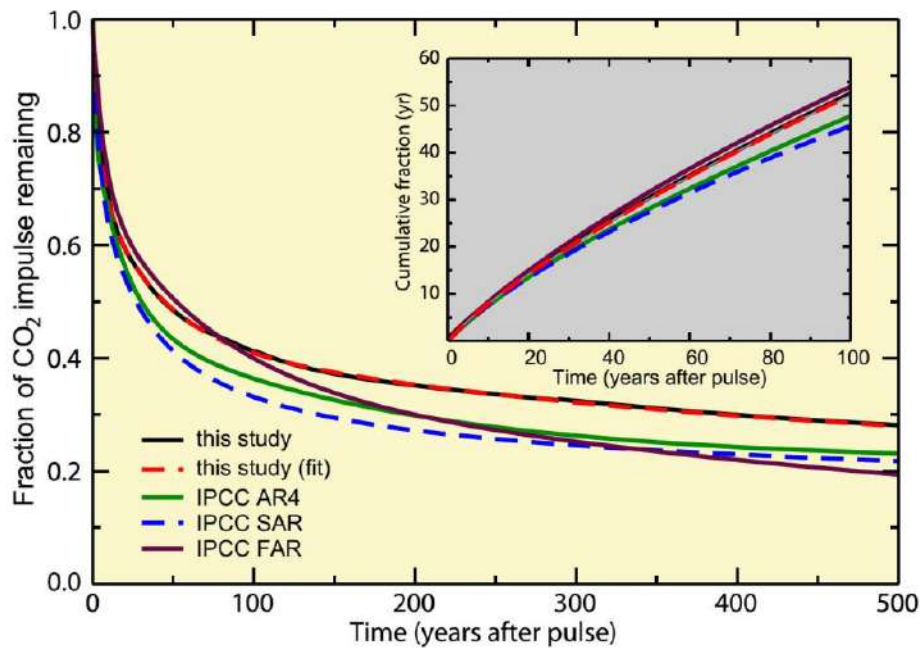
Un modèle simplifié de fonction de transfert consiste à calculer le cumul des émissions ( $\Sigma$  émissions anthropiques = courbe noire Fig. 1a), puis à l'adapter : c'est-à-dire à en prendre environ la moitié, (le GIEC désigne cette proportion *ad hoc* par le terme « airborne fraction »), ensuite à 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  $[CO_2] = 314 + 55\% \sum \text{émissions anthropiques}$ . Le rapport AR 4 [5] indique une « airborne fraction » de 60%.

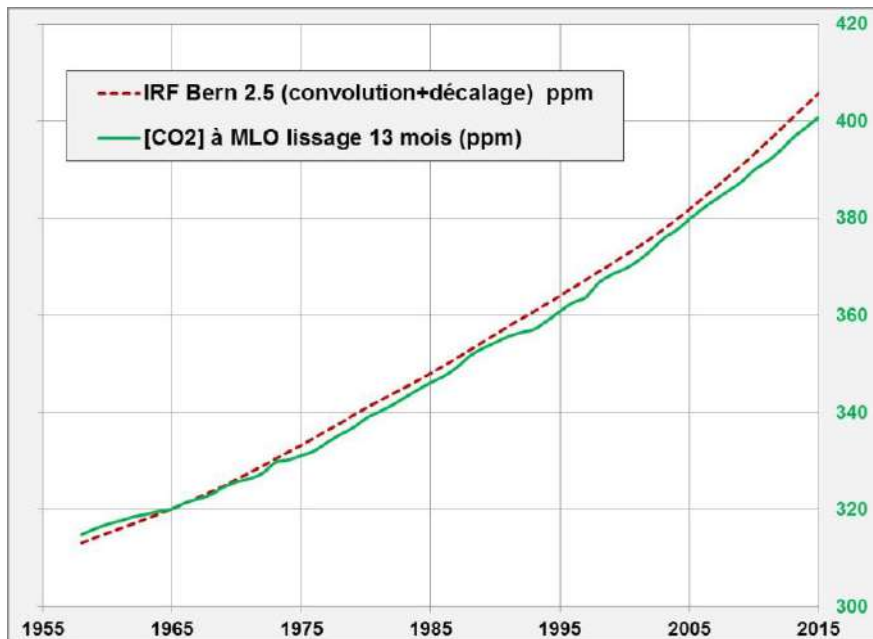
• **Fonctions IRF**

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> ?



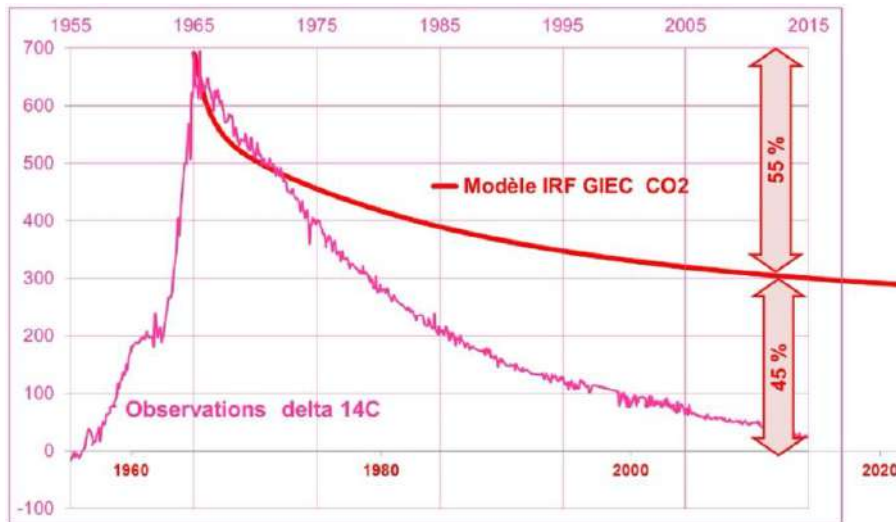
**Figure 1c.** [5] cf. Joos 2013 et [8] cf. Convolution. En effectuant un **produit de convolution** entre émissions anthropiques et fonction IRF (ici Bern 2.5), on retrouve la croissance du CO<sub>2</sub> dans l’atmosphère.

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**.

## 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> (Fig 2, partie 2/3). 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.

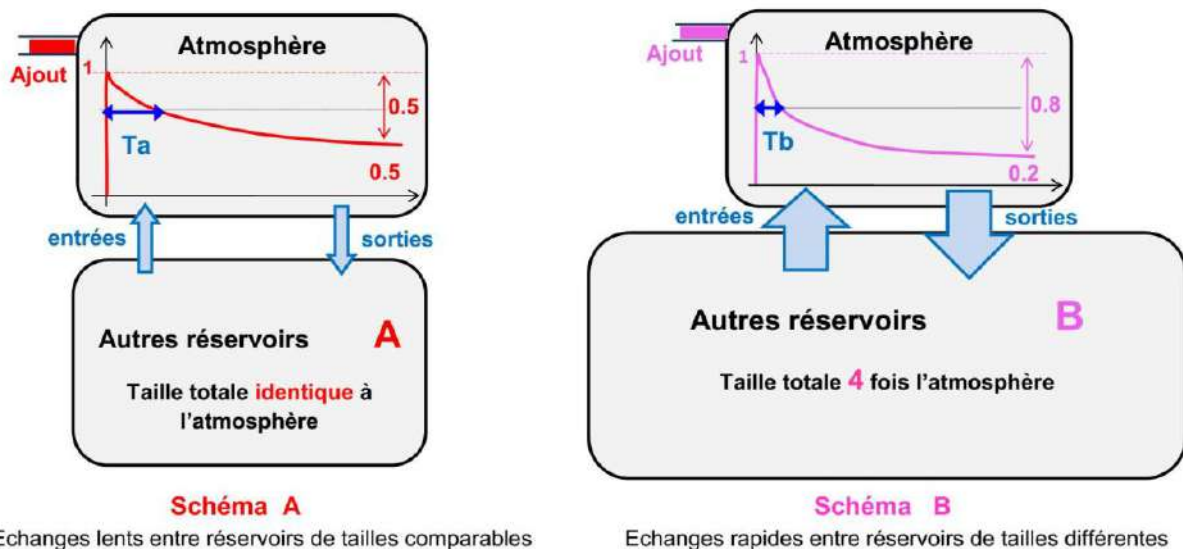


**Figure 2a.** [8] [5] IPCC AR4 et F. Joos 2013. Comparaison modèle IRF GIEC CO<sub>2</sub> (courbe rouge → Bern 2.5) [5] versus observations <sup>14</sup>CO<sub>2</sub> à Wellington (courbe rose → voir Fig.5b partie 2/3).

La Figure 2a nous indique que :

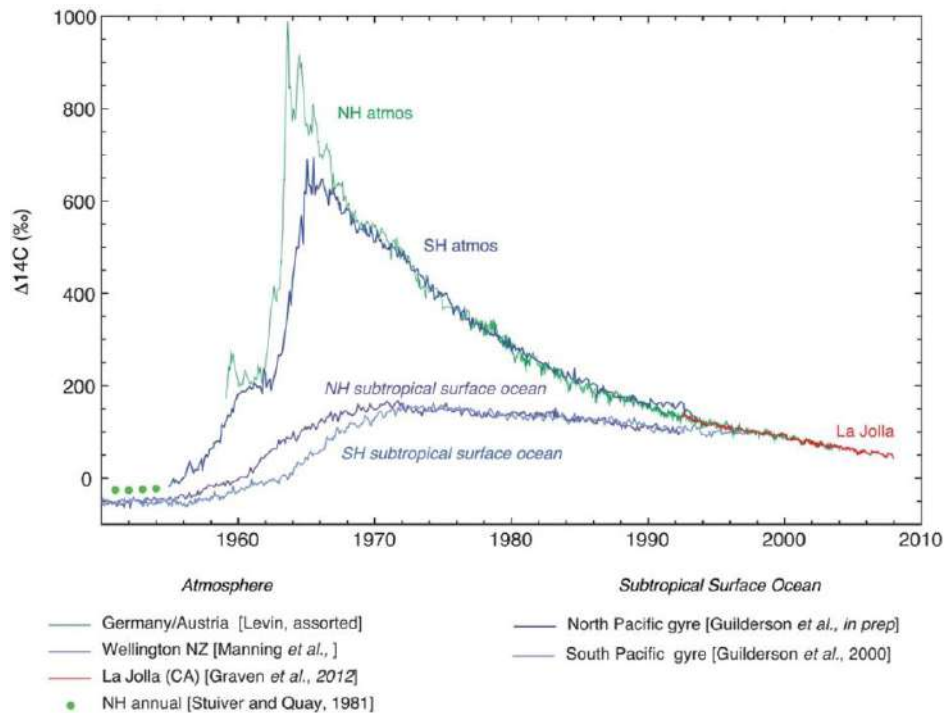
- La décroissance est bien **plus rapide** pour les observations que pour le modèle IRF, ce qui signifie des échanges **plus rapides** pour <sup>14</sup>CO<sub>2</sub> que pour le modèle IRF.
- Les niveaux atteints 50 ans après l’impulsion sont **très différents**, ce qui signifie une taille apparente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

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



**Figure 2b** (voir § 3 partie 2/3) 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 ?

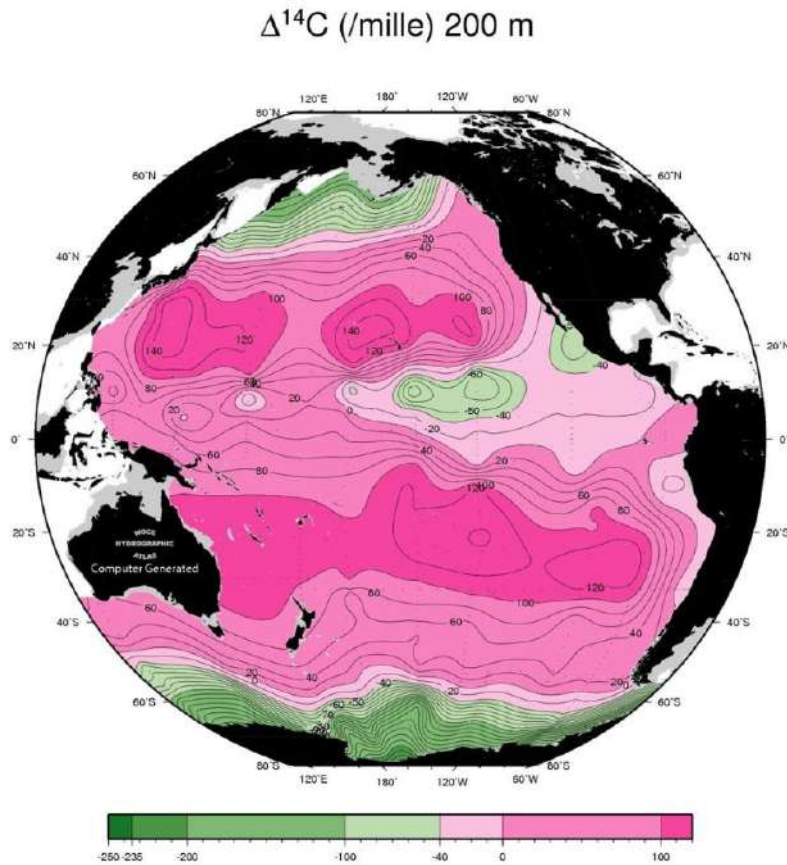


**Figure 2c. Dilution  $^{14}\text{C}$  dans le Pacifique intertropical [6] Guilderson 2012.**

Avant 1952, pour l'océan, on estime  $\Delta^{14}\text{C} \approx -50 \text{ ‰}$  (voir [2]). 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, partie 2/3).

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



**Figure 2d. Le  $^{14}\text{C}$  dans l'océan Pacifique** [6] WOCE ([http://whp-atlas.ucsd.edu/pacific/maps/delc14/pac200\\_delc14.jpg](http://whp-atlas.ucsd.edu/pacific/maps/delc14/pac200_delc14.jpg))

L'océan contiendrait environ  $\approx 50$  fois plus de  $\text{CO}_2$  que l'atmosphère, et sa profondeur moyenne est 3800m. Une couche d'épaisseur  $3800/50 = 76$  m correspondrait donc à la quantité totale de  $\text{CO}_2$  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  $\approx 76$  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  $> 200$  m.** (Avant 1952, on estime  $\Delta^{14}\text{C} \approx -50$  ‰. voir [2]).

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

#### Discussion

Les **observations** portent sur  $^{14}\text{CO}_2$  alors que les **modèles** IRF du GIEC concernent le  $\text{CO}_2$  anthropique, donc essentiellement  $^{12}\text{CO}_2$ .

Quelles sont les différences entre les 2 molécules ?

$^{14}\text{CO}_2$  n'est pas stable, **mais** la décroissance radioactive en 50 ans n'est que de 0,6%.

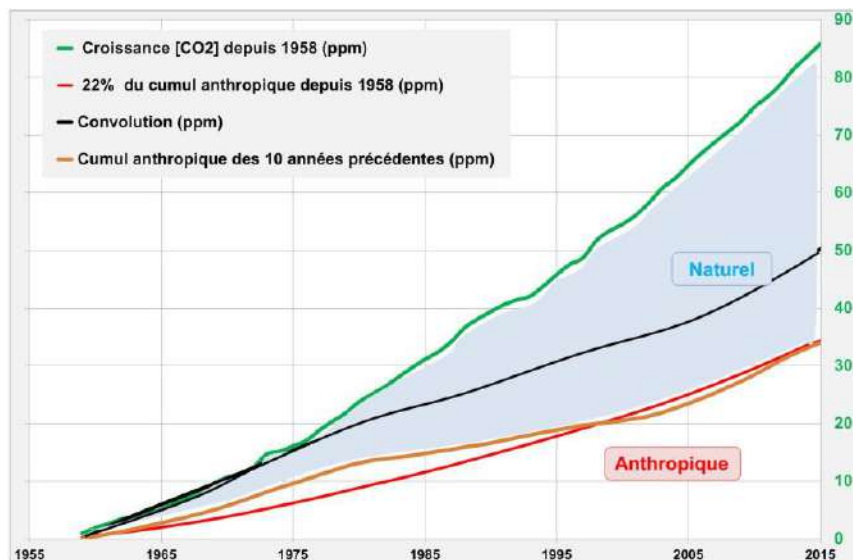
$^{14}\text{CO}_2$  et  $^{12}\text{CO}_2$  diffèrent par leur masse **mais** le fractionnement isotopique est inférieur à 10%.

**La décroissance radioactive ou le fractionnement isotopique ne constituent pas une explication suffisante pour les grandes différences (Fig.2a) entre les observations sur  $^{14}\text{CO}_2$  et les modèles GIEC du  $\text{CO}_2$ .**

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, partie 2/3).

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



**Figure 3a. [8] Croissance de  $[\text{CO}_2]$  à Mauna Loa entre 1958 et 2015 (courbe verte).**  
Entre 1958 (314 ppm) et 2015 (400 ppm), la croissance de  $[\text{CO}_2]$  est de 86 ppm.

L'augmentation de la taille des réservoirs entraînerait une proportion  $\approx 155 / 715 \approx 22\%$  pour le  $\text{CO}_2$  anthropique restant dans l'atmosphère (courbe rouge).

Une deuxième estimation utilise la durée de séjour (Fig 4, partie 2/3): le  $\text{CO}_2$  anthropique présent dans l'atmosphère correspondrait au cumul anthropique des 10 années précédentes (courbe marron).

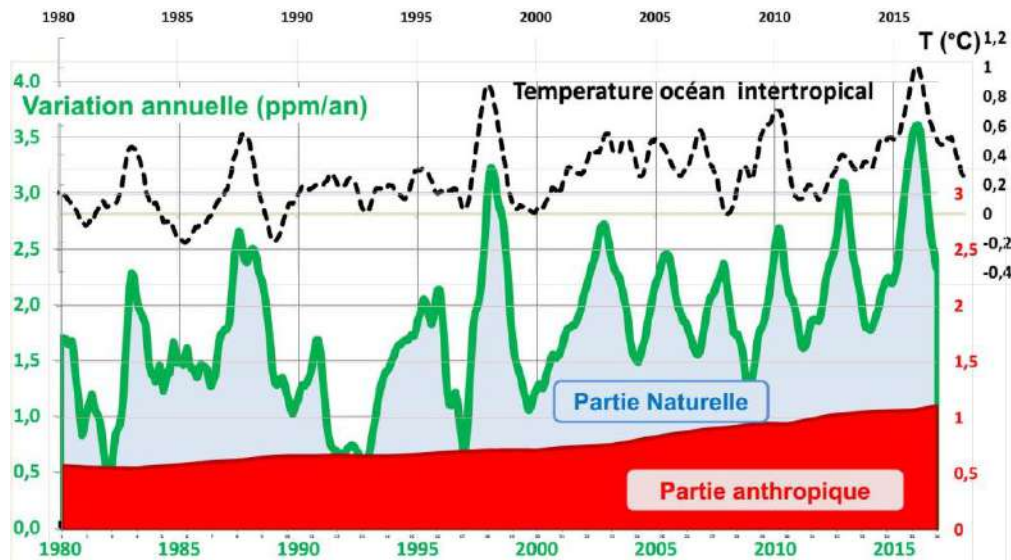
Une troisième estimation (courbe noire) correspond à la convolution des émissions anthropiques avec l'effet Bombe (corrections Suess + industrie nucléaire, Fig 5b partie 2/3). [8] cf. Convolution).

Pour retrouver la totalité de la croissance du  $\text{CO}_2$  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  $\text{CO}_2$  a largement varié naturellement [3].

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 [4].

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 (§ D.2. dans [5]).

Le premier article 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  $25\%$  (§ 6 partie 1/3).

Une croissance **mixte** (anthropique **et** naturelle) de [CO<sub>2</sub>] s'accorde **également** avec les observations de  $\delta^{13}\text{C}$  (voir § C.3.1 dans [6]).

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

#### 4. Conclusions

- Dans la mesure où <sup>12</sup>CO<sub>2</sub> et <sup>14</sup>CO<sub>2</sub> 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 (partie 1/3) **ainsi que** pour  $\delta^{13}\text{C}$  (§ C.3.1 dans [6]). Ces modifications, conséquences de ces **trois** observations, entraîneraient *de facto* l'abandon d'une origine **exclusivement** anthropique pour la croissance du  $\text{CO}_2$  atmosphérique.
- **La modélisation du cycle du carbone est encore pleine d'incertitudes** [7] car les échanges de  $\text{CO}_2$  sont très mal connus, en dehors de l'entrée anthropique (§ A.5 dans [8]). Il est donc difficile d'estimer la répartition anthropique / naturelle dans les évolutions du  $\text{CO}_2$  atmosphérique depuis 1958.
- On peut surtout s'interroger sur la possibilité de prévoir la concentration du  $\text{CO}_2$  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  $\text{CO}_2$ ...**

## *Epilogue*

« *The world is expected to invest around US\$ 90 trillion in infrastructure over the next 15 years* » [9].

Telles sont les dépenses, **indispensables**, selon l'organisme intergouvernemental La Banque Mondiale (BIRD) [10], afin d'éviter une croissance trop importante du  $\text{CO}_2$  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

([https://www.irsn.fr/Pages/PageNotFoundError.aspx?requestUrl=https://www.irsn.fr/FR/Larecherche/publications-documentation/fiches-radionucleides/environnement/Documents/VF-Carbone%20C14%20-v2010\\_final.pdf](https://www.irsn.fr/Pages/PageNotFoundError.aspx?requestUrl=https://www.irsn.fr/FR/Larecherche/publications-documentation/fiches-radionucleides/environnement/Documents/VF-Carbone%20C14%20-v2010_final.pdf)); Radiocarbon Determination (<https://www.radiocarbon.com/PDF/AMS-Methodology.pdf>)

2. Variabilité naturelle et anthropique pour  $^{14}\text{C}$  :



– H.E. Suess, « Radiocarbon Concentration in Modern Wood», Science, vol. 122, no3166,1955, (DOI 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

3. Émissions anthropiques : CDIAC ([https://cdiac.ess-dive.lbl.gov/trends/emis/meth\\_reg.html](https://cdiac.ess-dive.lbl.gov/trends/emis/meth_reg.html))

– [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.

#### **Autres références**

[1] <https://www.science-climat-energie.be/2018/08/06/le-co2-et-le-climat-avec-et-sans-effet-de-serre/>

[2]

[https://scholar.harvard.edu/files/dschrag/files/32.\\_southwest\\_subtropical\\_pacific\\_surface\\_water\\_2000.pdf](https://scholar.harvard.edu/files/dschrag/files/32._southwest_subtropical_pacific_surface_water_2000.pdf)

[3] <https://www.science-climat-energie.be/2019/01/10/laugmentation-recente-du-taux-de-co2-atmosphérique-est-elle-exceptionnelle/>

[4] <https://woodfortrees.org/plot/esrl-co2/from:1980/derivative/mean:12/scale:12/mean:7/to:2017>

[5] [https://www.science-climat-energie.be/2018/12/02/\\_\\_trashed-4/](https://www.science-climat-energie.be/2018/12/02/__trashed-4/)

[6] <https://www.science-climat-energie.be/2018/11/12/evolutions-recentes-du-co2-atmosphérique-3-4/>

[7] <https://www.science-climat-energie.be/2018/12/14/la-biomasse-globale-de-larges-incertitudes-egalement-sur-le-cycle-du-carbone/>

[8] <https://www.science-climat-energie.be/2018/09/16/evolutions-recentes-du-co2-atmospherique/>

[9] <https://newclimateeconomy.report/2016/>

[10] <https://www.banquemondiale.org/fr/topic/climatechange/overview>

## Quelques commentaires de lecteurs

### • Denis Gaumont, 19 juillet 2019 à 14 h 23 min

Bonjour SCE,

Je viens de terminer la lecture de votre magnifique texte du 19 juillet 2019. Voilà un texte fort pédagogique. Cela me plaît beaucoup. Surtout l'épilogue qui nous ramène sur la réalité des simples mortels comme moi ! Cependant que j'adore aussi vos données et analyses plus scientifiques.

Sauf qu'il me manque une information majeure. Toutes vos analyses de données et des processus sur le CO<sub>2</sub> me laissent croire que c'est maintenant un fait accompli, le CO<sub>2</sub> participe activement au réchauffement de la planète ! Ce débat est-il conclu selon vous ? Pour ma part, je ne constate pas de réchauffement significatif de la température annuelle mondiale moyenne (TAMM), alors que nous lisons que le CO<sub>2</sub> a cru de plus de 40% depuis 1993, enfin je crois... (Ref : François Gervais). Avant de mettre autant d'argent, d'énergie et d'effort pour lutter contre la production du CO<sub>2</sub>, sommes-nous certains de miser sur le bon cheval, le CO<sub>2</sub> ?

Je vous remercie beaucoup et j'attends avec impatience votre réponse et votre prochain texte. Je prends aussi la liberté de les partager à mes amis/es. Je crois que cela vous convient...

Bonne journée et à la prochaine,

### • JC Maurin, 19 juillet 2019 à 18 h 34 min

Merci d'apprécier ce texte et merci de venir lire, sur SCE, des textes contradictoires avec la doxa du moment.

Pour l'information majeure, à savoir dans quelle mesure le CO<sub>2</sub> entrainera un réchauffement, un lien figure dans mon introduction vers une note de Georges Geuskens.

<http://www.science-climat-energie.be/2018/08/06/le-co2-et-le-climat-avec-et-sans-effet-de-serre/>

Comme G. Geuskens et comme d'autres physiciens, je doute que l'augmentation du CO<sub>2</sub> génère un réchauffement catastrophique.

Je doute encore plus que nous puissions prévoir quoi que ce soit sur le climat en 2100.

En revanche, il me semble que la CROYANCE dans « l'effet de serre » génère bien des dépenses très importantes, probablement inutiles, et peut-être même nuisibles à l'environnement.

• **Éric Ducharme, 20 juillet 2019 à 16 h 28 min**

Pour répondre à la place JC Maurin, perso j'ai des doutes que j'explique ici de manière très simple. <https://www.facebook.com/notes/critique-climatique-qu%C3%A9bec/le-ridicule-ne-tue-pas-%C3%AAtes-vous-certain/2217444201715827/>

• **Éric Ducharme, 20 juillet 2019 à 16 h 35 min**

Monsieur JC Maurin, Très intéressant. Merci. Auriez-vous des commentaires à faire sur un petit travail que j'ai mis en lien ici. Il me semble que certains points rejoignent les vôtres, du moins pour les »métriques « que j'utilise. Merci. <https://www.facebook.com/notes/critique-climatique-qu%C3%A9bec/le-ridicule-ne-tue-pas-%C3%AAtes-vous-certain/2217444201715827/>

• **JC Maurin, 20 juillet 2019 à 21 h 05 min**

Merci pour le lien vers vos propres réflexions sur le sujet.

1) Vous avez raison de dire que la connaissance sur les échanges de CO<sub>2</sub> se résume surtout à la mesure du taux global depuis 1958 (duquel on déduit la variation annuelle) et à la quantité de CO<sub>2</sub> émise annuellement par l'Homme. Cela est insuffisant pour conclure à la responsabilité exclusive de l'Homme.

2) La corrélation température/ variation annuelle du CO<sub>2</sub> est bien un indice des phénomènes naturels qui sont en jeu. Ainsi que vous le remarquez, c'est évident lors des éléments El Nino.

3) Un léger désaccord avec vous lorsque vous écrivez : « tout le CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère est contrôlé par la température »

Il me semble qu'une partie (minoritaire), de la hausse est du fait de l'Homme.

En revanche, pour ce qui est de la partie naturelle, elle est bien corrélée avec la température. La Figure 3b du présent article explicite mon point de vue.

4) De nombreuses personnes ont fait les mêmes remarques que vous : je vous invite à consulter les articles cités dans la référence 7, particulièrement ceux de J. Munshi, E. Berry , H. Harde et C. Veyres.

• **Éric Ducharme, 21 juillet 2019 à 19 h 36 min**

Sans être certain que votre raisonnement de la fig 3b soit exactement comparable au mien, je me suis aperçu que mon raisonnement était faux. Je ne peux rien déduire en faisant la soustraction entre le taux d'accroissement mesurée et celui des émissions anthropiques et dire que la différence est de source naturelle. Le taux d'accroissement du CO<sub>2</sub> atmosphérique est en fait le CO<sub>2</sub> résiduel des échanges entre l'atmosphère et les autres réservoirs qui impliquent

une quantité de CO<sub>2</sub> beaucoup plus grande dans laquelle le CO<sub>2</sub> anthropique ne représente qu'une fraction de 5%. J'ai corrigé mon texte.

## 9. Le CO<sub>2</sub> belge : que représente-t'il vraiment ?

SCE-info, 17 avril 2019

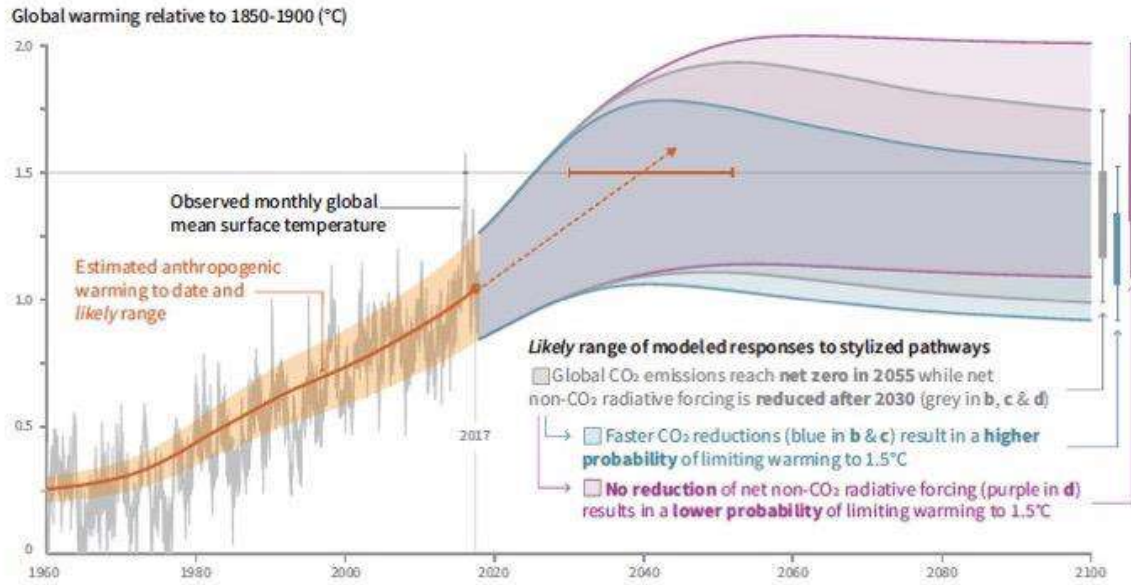
Cet article s'inscrit dans le cadre de l'activité actuelle médiatique tout azimut en Belgique, notamment relayée par les marches hebdomadaires des étudiants pour le climat. Comme vous le savez peut-être si vous êtes un lecteur fidèle de SCE, nous avons démontré dans plusieurs articles que l'hypothèse de l'effet de serre radiatif ne tient pas la route [1–3] 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 [4]), 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** [5] 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.

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

Commençons par le dernier « rapport spécial du GIEC » [5]. 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 [6]. 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.

## 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.

### 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, [7]), **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. Peut-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** [8], 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** ( $\Delta F$ , en W m<sup>-2</sup>) :

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

Cette expression, publiée par Myhre et al. 1998 [9], 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 [10]. 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 discutable [1].

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.

#### 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 [11, 12]. Par contre, le taux de CO<sub>2</sub> croissant a bel et bien provoqué un verdissement de la planète [13] 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 [14] ) ?

#### Références

[1] <https://www.science-climat-energie.be/2019/02/14/le-rechauffement-climatique-dorigine-anthropique/>

[2] <https://www.science-climat-energie.be/2019/01/16/pas-de-rechauffement-pour-les-zones-eloignees-des-oceans/>

[3] <https://www.science-climat-energie.be/2019/01/25/encore-des-observations-nallant-pas-dans-le-sens-de-la-theorie/>

[4] <http://notrickszone.com/2019/01/03/consensus-500-scientific-papers-published-in-2018-support-a-skeptical-position-on-climate-alarm/>

[5] 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.

[https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2018/07/SR15\\_SPM\\_version\\_stand\\_alone\\_LR.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2018/07/SR15_SPM_version_stand_alone_LR.pdf)

[6] <https://www.ipcc.ch/sr15/chapter/summary-for-policy-makers/>

[7] <https://climat.be/en-belgique/climat-et-emissions/emissions-des-gaz-a-effet-de-serre/historique>

[8] [https://fr.wikipedia.org/wiki/Extensivit%C3%A9\\_et\\_intensivit%C3%A9\\_\(physique\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Extensivit%C3%A9_et_intensivit%C3%A9_(physique))

[9] 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.

[10] <https://www.science-climat-energie.be/2018/04/26/du-bon-usage-de-la-formule-de-stefan-boltzmann/>

[11] <https://www.science-climat-energie.be/2019/03/22/le-changement-climatique-global-ne-cause-pas-de-disparitions-despeces/>

[12] <https://www.science-climat-energie.be/2019/03/14/exagerations-climatiques-extremes/>

[13] <https://www.science-climat-energie.be/le-verdissement-de-la-planete/>

[14] <https://www.youtube.com/watch?v=-DhT6m5MOC0&t=142s>

## **Quelques commentaires de lecteurs**

### **• Paul Meyer, 17 avril 2019 à 9 h 47 min**

Votre commentaire : « 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. » Vous avez oublié de préciser ... global ANTHROPIQUE.

Le giec nous accouche donc d'une énorme lapalissade ! Ainsi, il ne risque pas de se tromper, au cas où une cause externe provoquerait un réchauffement...

### **• Emmanuel SIMON, 17 avril 2019 à 15 h 36 min**

Réflexions de lecteur :

« « En termes de clarté et d'une rigueur scientifique incontestables, à quoi peut-on s'attendre de la part d'une organisation alambiquée telle celle GIEC 1988-2018, lorsque cette

organisation et son processus opératoire obéissent aux lois de la CONTINGENCE POLITIQUE ONUsienne, tel qu'il nous est possible de les réfléchir à partir de ceci ? » » (1)

Tout qui ayant conscience de la « dynamique des organisations » (cfr. Henry Mintzberg) ou ayant simplement observé l'évolution comportementale de 195 groupes humains composites en esquissera un sourire plutôt grimaçant !

Qui y fait quoi et selon quelles « recherches d'intérêts globalisés » ??

De là à vouloir parader en tête des cortèges d'adultes infantilisés, la posture adoptée par certaines « élites » prête à d'autres interrogations. Mais ceci nous ferait verser vers la « psychologie sociale », ce qui nous éloignerait de l'influence hypothétique de notre sympathique petit royaume sur un climat globalisé dans 21 ans...

.....  
.....

(1)

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Groupe\\_d%27experts\\_intergouvernemental\\_sur\\_l%27%C3%A9volution\\_du\\_climat](https://fr.wikipedia.org/wiki/Groupe_d%27experts_intergouvernemental_sur_l%27%C3%A9volution_du_climat)

Dont extrait descriptif :

« « Selon le site officiel de l'IPCC/GIEC, le groupe se réunit en sessions de séances plénières avec comme membres les représentants des gouvernements de tous les pays adhérents à l'ONU, chaque membre comptant pour une voix.

En 2018, le GIEC compte 195 membres qui se réunissent généralement une fois par an. Des centaines de fonctionnaires et d'experts de différents ministères, et d'instituts de recherche compétents des pays membres ainsi que des organisations observatrices assistent à ces sessions.

En 2018, le GIEC compte 152 organisations observatrices. Les décisions majeures sont prises par le groupe lors de la session plénière, telles que (à titre d'exemple)15.

l'élection du président, des membres du bureau du GIEC et du bureau du groupe de travail ;

la structure et le mandat des groupes de travail ;

les principes et les procédures du groupe ;

le plan de travail du groupe ;

le budget et l'organisation budgétaire du groupe ;

la portée et les grandes lignes des rapports émis par le groupe, ainsi que l'approbation, l'adoption et l'acceptation des rapports. ... » »

• **JC Maurin, 17 avril 2019 à 20 h 53 min**

En complément: un article de la revue CAUSEUR : « La Belgique, capitale de l'Église de Climatologie. » <https://www.causeur.fr/belgique-ecologie-climat-europeennes-160598>

• **Valentin, 18 avril 2019 à 1 h 33 min**

Je suis déçu par le manque d'honnêteté intellectuelle de la part de l'auteur de cet article concernant plusieurs interprétations faites du rapport spécial 15 du GIEC.

Concernant le point 1, je cite :

> « 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. »

> L'auteur ici dénigre complètement le travail de titan réalisé par l'équipe scientifique ayant produit ce rapport qui cible justement l'impact de ces 0.5°C supplémentaires... en un peu plus de 500 pages.

Pas une seule fois l'auteur ne mentionne le terme « dérèglement climatique », qui est la véritable source d'inquiétude. En effet, une augmentation moyenne de 0.5°C ne signifie pas qu'elle sera homogène.

En prenant un exemple simple de la vie de tous les jours:

– si l'auteur règle le thermostat de son habitation sur 20.5°C au lieu de 20°C toute l'année, l'accroissement sera effectivement peu perceptible

– par contre s'il le règle pendant 6 mois sur 30.5°C puis 6 mois sur 10.5°C, la moyenne annuelle sera bien de 20.5°C également... je vous laisse juger de la perception de l'auteur quant à cette augmentation mineure de température moyenne de son sa vie quotidienne.

Ensuite, l'auteur oublie de prendre en compte l'inertie importante du système climatique planétaire. En effet, que nous changions nos habitudes d'émissions de gaz à effet de serre ou pas aura très peu ou pas d'impact à court terme sur le climat. L'important ici est de se rendre compte que les adaptations en émissions de CO2 recommandées aujourd'hui à l'échelle planétaire impacteront la principalement qualité de vie des générations futures, à moyen et long terme : la situation s'empirera, ou s'empirera énormément selon les choix opérés de ne pas diminuer ou de diminuer progressivement nos émissions de gaz à effet de serre.

Ensuite, concernant le point 2, je cite:

> « 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 CO2 on arrête le réchauffement global. »

> L'auteur considère qu'avec une augmentation moyenne de 0.5°C en quelques décennies « le réchauffement ne s'emballera pas ». Je souhaiterais lui rappeler que le rapport mentionne une augmentation moyenne de 1°C sur une période de 115 ans jusqu'à maintenant, suivie d'une augmentation prévue de 0.5°C en 25 ans. L'accélération du rythme semble pourtant évidente.

L'auteur mentionne également un plateau de température à l'horizon 2040-2060, visible sur la Figure 1. Cependant la tournure de phrase laisse entendre que ce plateau sera atteint dans tous les scénarios, ce qui n'est évidemment pas le cas... Il se produira à condition d'une diminution des émissions de gaz à effet de serre commençant aujourd'hui et atteignant une valeur nette nulle en 2040 (en bleu) ou 2055 (en gris).

Ces informations sont clairement visibles sur les figures SPM 1.b et SPM1.c jointes à la Figure 1 (dans cet article) / SPM 1.a présentes dans le summary for policy makers, page 12:

[https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2018/07/SR15\\_SPM\\_version\\_stand\\_alone\\_LR.pdf#page=12](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2018/07/SR15_SPM_version_stand_alone_LR.pdf#page=12)

Finalement, concernant le point 3, l'exercice est intéressant mais porte malheureusement un message désastreux qui pousse purement et simplement à l'inaction. Une Belgique qui serait capable de réduire ses émissions de gaz à effet de serre jusqu'à une valeur nette nulle et dans des conditions acceptables socialement, serait à elle seule un exemple que tous essaieraient d'imiter et porterait le leadership d'une transition réussie.

Pour revenir aux chiffres mentionnés, il aurait été intéressant d'incorporer dans le calcul les émissions de CO2 « importées » par les échanges internationaux; équivalent approximativement à doubler l'influence du CO2, passant ainsi de rien... à deux fois rien.

(voir <https://ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions#co2-embedded-in-trade> )

J'ai une dernière note à ajouter.

Je suis un fervent supporter de la critique, car quand elle est constructive et bien pensée, elle permet d'améliorer l'état d'une analyse, ou en l'occurrence d'un rapport, et pousse ses auteurs à aller plus loin.

Il est donc regrettable que l'article publié ici soit passé à côté des différents points que j'ai mentionnés, et je préférerais penser que ceci est dû à des raccourcis d'analyse qui n'auraient pas dû être pris plutôt que de la malhonnêteté intellectuelle

• **Emmanuel SIMON, 21 avril 2019 à 16 h 39 min**

De moi, curieux, vers vous Valentin :

1) le/la lecteur-lectrice d'alias « amike » souligne ce 20 avril qu'il serait vital de s'entendre sur la sémantique des affirmations propagées via ces rapports successifs GIEC et leurs nombreux amplificateurs médiatiques sinon d'autres, académiques. Ainsi, entre ceux

d'irréductibles réchauffistes, puis ce CONSENSUS arrêté entre des climatologues « ayant accompli un travail de titan (500 p.) » et leurs 195 groupes accolés de fonctionnaires/pays, enfin par une récupération POLITICIENNE qui nous suggère d'avoir affaire avec des « dérèglements climatiques ». Déviances à la règle ? Cherchez donc là un/des coupable(s) potentiel(s) à pouvoir incriminer ??

Notez également : ces trois versions sémantiques s'ADAPTENT au gré du temps et de débats contradictoires qui infirment desdites « vérités climatologiques », vite assénées mais pas toujours corroborées entre les mesures du terrain et les prédicats de « modèles » (multiples et trop facilement convergents). Soit des probabilités établies à la suite d'un consensus spéculatif, profilant notre avenir 2030-2100 sous forme d'une CONTINGENCE (voyez ce terme, avec une profonde attention, cher Valentin ?).

2) Ceci m'amène à vous recommander la lecture de m/commentaire du 17 avril 15h36. Réflexions relevant là d'une analyse de la psychologie sociale et/ou celle (réellement honnie ?) de « La psychologie des foules » qui dès 1895 était si chère au médecin-anthropologue G. Le Bon...

3) Outre mes baignades dans de rigoureuses sciences dures, j'apprécie les reliquats de mes études initiales, un brin littéraires.

Question : Vous faut-il être déçu par une dite « absence de probité intellectuelle » qui animerait l'auteur (prof.) Jean N., lui ayant si mal interprété le rapport spécial de 2018 ? Voyons donc voir ?

Valentin et moi, comme tant d'autres, savons que la climatologie obéit à des phénomènes complexes, multifactoriels. Ceux-ci sont régis par des systèmes non-linéaires. Or, la lecture de vos trois critiques – mêlées d'aimables insinuations, cher Valentin – tendent à ramener tout ceci à de simples règles de trois ?

4) Puis-je alors vous demander d'éclairer d'autres lecteurs de ce site SCE quant aux 3 à 5 (?) facteurs susceptibles de « dérégler » notre climat à échéance lointaine ? Bien entendu en y impliquant la méchante espèce homo sapiens, si scrupuleusement mise en exergue par le CONSENSUS GIEC de l'ONU.

Soyez, je vous prie, assez explicite et bardé de chiffres pour nous éloigner de votre critique première.

Grand merci par avance et meilleures salutations. (s) E.S.

• **SCE-info, 19 avril 2019 à 9 h 17 min**

En réponse à Valentin :

Notre site a pour ambition de susciter un débat basé sur des arguments scientifiques mais malheureusement votre commentaire n'en contient aucun. Il ne se réfère qu'aux rapports du GIEC qui, malgré votre accusation de « manque d'honnêteté intellectuelle », ont été cités textuellement. Ils envisagent bien une augmentation de température « globale moyenne » de 0,5 °C en 25 ans et ne parlent pas de ce « dérèglement climatique » bien que ce soit, comme vous l'avouez, « votre véritable source d'inquiétude ». Que cela ait nécessité un « travail de

titan » comme vous le pensez n'ajoute rien à cette prévision basée sur des modèles informatiques impliquant diverses rétroactions qui constituent autant de paramètres ajustables. Notons au passage que les modèles du GIEC sont pour la plupart en désaccord avec les observations et quel crédit peut-on leur apporter ?

<https://notrickszone.com/2019/04/11/falsified-hypotheses-are-rejected-in-science-for-consensus-climate-science-failed-hypotheses-are-upheld/>

Il faudrait aussi s'entendre sur la sémantique : aujourd'hui le mot d'ordre est « dérèglement climatique », avant ce fut « réchauffement climatique », aussi « changement climatique » ? Pourquoi tant de 'sémantique' à géométrie variable ? Pourtant, à l'échelle de la planète le climat a toujours changé, c'est une constante et le taux de CO2 sur lequel vous vous focalisez a presque toujours été bien plus important qu'aujourd'hui, de l'ordre de plusieurs milliers de ppm, cf. les données géologiques.

Que la notion de température « globale moyenne » n'ait aucun sens comme vous le remarquez en citant l'exemple d'un thermostat « réglé pendant 6 mois sur 30.5°C puis 6 mois sur 10.5°C et dont la moyenne annuelle sera bien de 20.5°C » chacun en est bien conscient mais il ne faut pas oublier que cette notion a été introduite par le GIEC, sous le patronage de l'ONU qui rêve de gouvernance mondiale, alors que les variations climatiques sont fortement dépendantes de la latitude, de l'altitude et de la proximité de masses océaniques. La température étant une variable intensive comment en obtenir une valeur moyenne pour le Globe ? La température varie de près de 140°C entre l'Antarctique (-80°C) et les déserts (+60°C) et de 10°C au long d'une journée de 24h, par exemple à Uccle avec un ciel dégagé (ex : le 14 novembre 2014). Et nous serions capables de mesurer (indirectement via les satellites) des dixièmes de degrés ou moins à l'échelle de la planète ?

Quant à votre espoir « qu'une Belgique qui serait capable de réduire ses émissions de gaz à effet de serre jusqu'à une valeur nette nulle ... serait à elle seule un exemple que tous essaieraient d'imiter » il nous semble totalement utopique qu'il puisse inspirer la Chine ou l'Inde. Les sommes 'astronomiques' dépensées pour la lutte contre le « dérèglement climatique » seraient plus utiles au combat contre la pollution, qui n'a pas grand-chose à voir avec le climat, mais plutôt avec le comportement de nos semblables.

• **amike, 20 avril 2019 à 1 h 48 min**

« Il faudrait aussi s'entendre sur la sémantique : aujourd'hui le mot d'ordre est "dérèglement climatique", avant ce fut "réchauffement climatique", aussi "changement climatique" ? Pourquoi tant de 'sémantique' à géométrie variable ? »

J'ai vu cette interprétation : « réchauffement » est censé être le constat objectif de la théorie, « changement », la conséquence validée par les modèles et le consensus de climatologues. Enfin « dérèglement », le problème à solutionner par les politiques grâce à la transition énergétique et la gouvernance mondiale.

Bref, un vade-mecum en 3 points pour porter la bonne parole.

• **frederic sommer, 20 avril 2019 à 21 h 44 min**

« nous avons démontré dans plusieurs articles que l'hypothèse de l'effet de serre radiatif ne tient pas la route »

Même celui de la vapeur d'eau ? Si vous ne faites pas vos excuses en disant que effectivement la vapeur d'eau change le gradient thermique de l'atmosphère , je raye votre site de mes favoris

• **Georges Geuskens, 21 avril 2019 à 17 h 55 min**

En réponse à frederik sommer :

Dans les conditions de température et de pression régnant dans les basses couches atmosphériques la désactivation radiative de molécules excitées à l'état de vibration ne peut PAS entrer en compétition avec la désactivation par collisions avec les molécules environnantes. L'hypothèse de l'effet de serre radiatif, à la base de la théorie du réchauffement climatique d'origine anthropique, n'a de fondement pour aucun des constituants des basses couches atmosphérique que ce soit le CO<sub>2</sub>, la vapeur d'eau ou le méthane. L'eau, sous ses différents états physiques, a évidemment une influence considérable sur le climat mais cela n'a rien à voir avec l'effet de serre.

A propos du gradient thermique vous apprendrez en lisant sur notre site le paragraphe 2b de la référence

<http://www.science-climat-energie.be/2018/08/06/le-co2-et-le-climat-avec-et-sans-effet-de-serre/>

que pour l'air sec on admet un gradient adiabatique de 9,75 K/km mais que la capacité calorifique massique de l'air humide étant plus élevée le gradient adiabatique sera plus faible. La teneur de l'air en vapeur d'eau étant très variable une valeur « environnementale moyenne » de 6,5 K/km est prise en compte par l'International Civil Aviation Organization (ICAO).

Enfin, si vous rayez notre site de la liste de vos favoris, prévenez nous pour que nous puissions verser une larme mais nous nous consolerons en conservant plus de 2000 visiteurs quotidiens (certains jours).



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

par Prof. Dr. Jean N., 8 août 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 : [1]). 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?

### 1. La publication d'Edwin X. Berry de juin 2019 [2] .

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 sur internet [3].

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 Physique simple** 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.**

### 2. La publication de Hermann Harde de juin 2019 [4]

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 sur internet [5].

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.

### 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 [1] 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.

### Références

[1] <https://www.science-climat-energie.be/2019/06/13/la-croissance-du-co2-dans-latmosphere-est-elle-exclusivement-anthropique-carbone-14-et-effet-suess-1-2/>

[2] 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

[3] <https://edberry.com/>

[4] 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

[5] [http://hharde.de/#xl\\_xr\\_page\\_index](http://hharde.de/#xl_xr_page_index)

### Quelques commentaires des lecteurs

#### • Verhaegen Monique, 10 août 2019 à 16 h 15 min

Pourquoi ne fait on pas de débats constructifs avec Ces scientifiques et ceux du GIEC ,au moins nous pourrions Comprendre ,tandis que maintenant comme c'est toujours le GIEC qui passe a la TV Les gens ne croient qu'eux

#### • Jean N., 10 août 2019 à 16 h 47 min

Ces publications sont très récentes. Il faut maintenant attendre que des éventuelles réfutations soient publiées. Si aucune réfutation officielle n'est publiée il y a effectivement un problème... du moins pour le GIEC!

• **Temple Gault, 7 octobre 2019 à 17 h 33 min**

Hermann Harde est un partisan de l'effet de serre radiatif :  
<https://www.hindawi.com/journals/ijas/2013/503727/abs/>

• **Jean N., 7 octobre 2019 à 21 h 39 min**

Merci pour l'info. Et on peut lire en fin d'abstract : « The radiative forcing at doubled CO<sub>2</sub> concentration is found to be 30% smaller than the IPCC-value ».

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

par Prof. Dr. Jean N., 1er décembre 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 [1]. 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.

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

L'observatoire de Mauna Loa à Hawaii [2] 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) [3]. 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 [4].

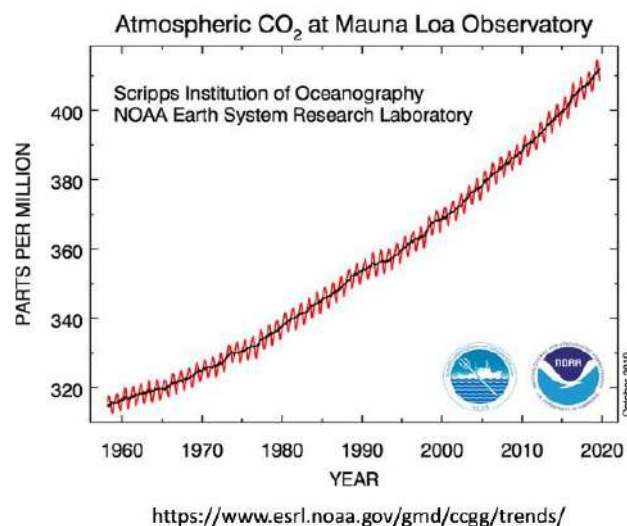


Figure 1. Concentration en CO<sub>2</sub> (ppm) de l'atmosphère mesurée à Mauna Loa (Hawaii) en fonction du temps (rouge). La courbe noire représente la moyenne.

### 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 [5], 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) [6]. 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 [7] 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.

### 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'Energie (IEA) a calculé [8] 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).

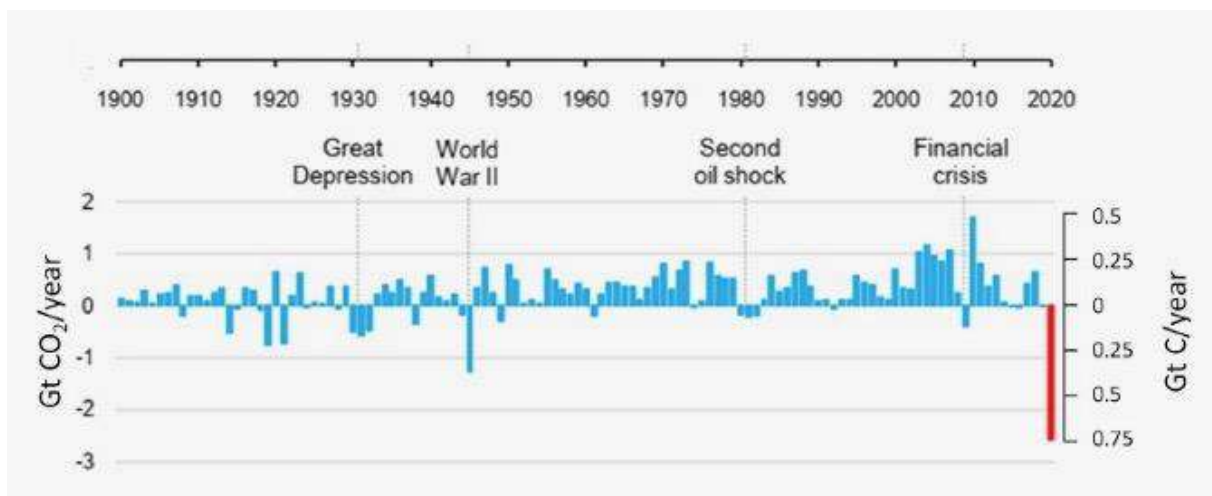


Figure 2. Durant l'année 2020, en raison de la crise épidémiologique du Covid-19, les émissions anthropiques de CO<sub>2</sub> ont été réduites de 2,6 Gt (barre rouge). L'axe Y de gauche indique la quantité de CO<sub>2</sub> anthropique émise en 1 an (en Gt) par rapport aux années précédentes; l'axe Y de droite indique la quantité de C anthropique émise en 1 an (en Gt) par rapport aux années précédentes. Source : [9].

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

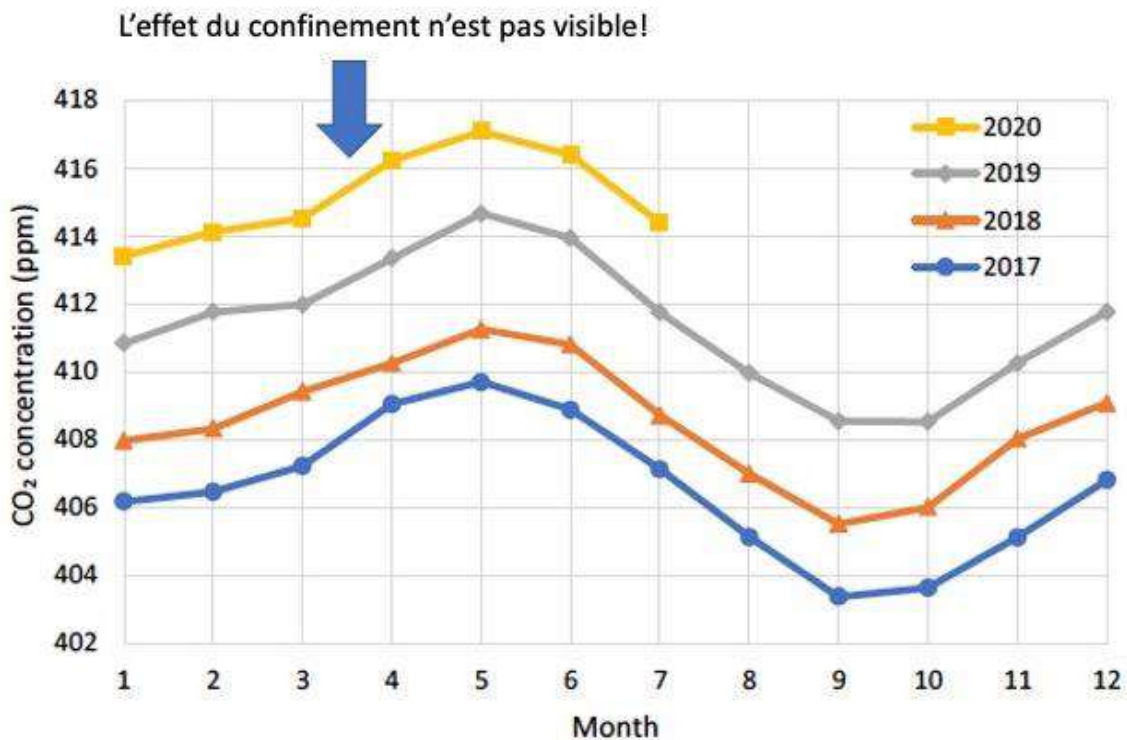


Figure 3. Taux de CO<sub>2</sub> mesuré à Mauna Loa depuis 2017. Adapté depuis [9].

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 [2], ou en lisant cet article [10] de l'Organisation Météorologique Mondiale, ou celui du Guardian [11]. 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.

#### 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 : [12].

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.

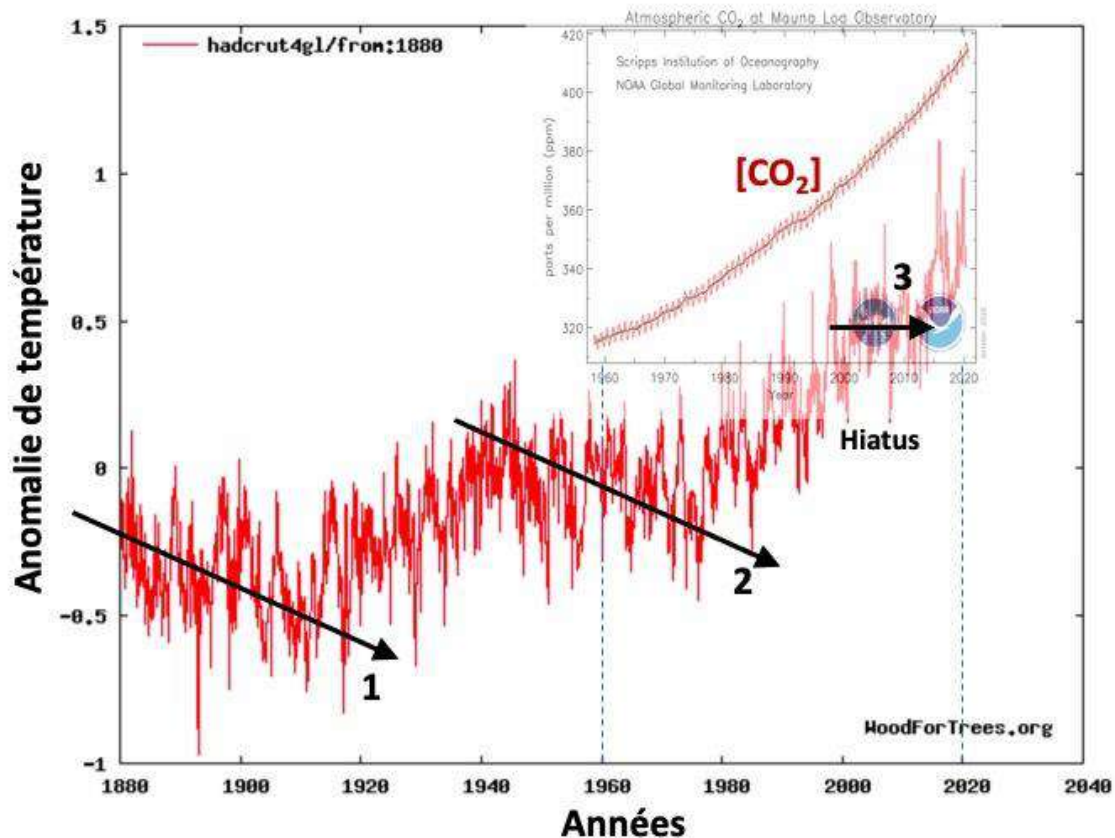


Figure 4. Comparaison de la température globale sous forme d'anomalies (données Hadcrut 4) avec la concentration en CO<sub>2</sub> mesurée à Mauna Loa (en haut à droite). Les flèches noires 1 et 2 représentent deux tendances décroissantes de la température globale de l'atmosphère, la flèche 3 représente 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<sup>2</sup> de 0,78 est même obtenu pour la droite. Cependant, chacun sait que corrélation ne signifie pas forcément relation [13] et que ces données n'indiquent **aucune causalité** (i.e., quelle variable influence l'autre?).

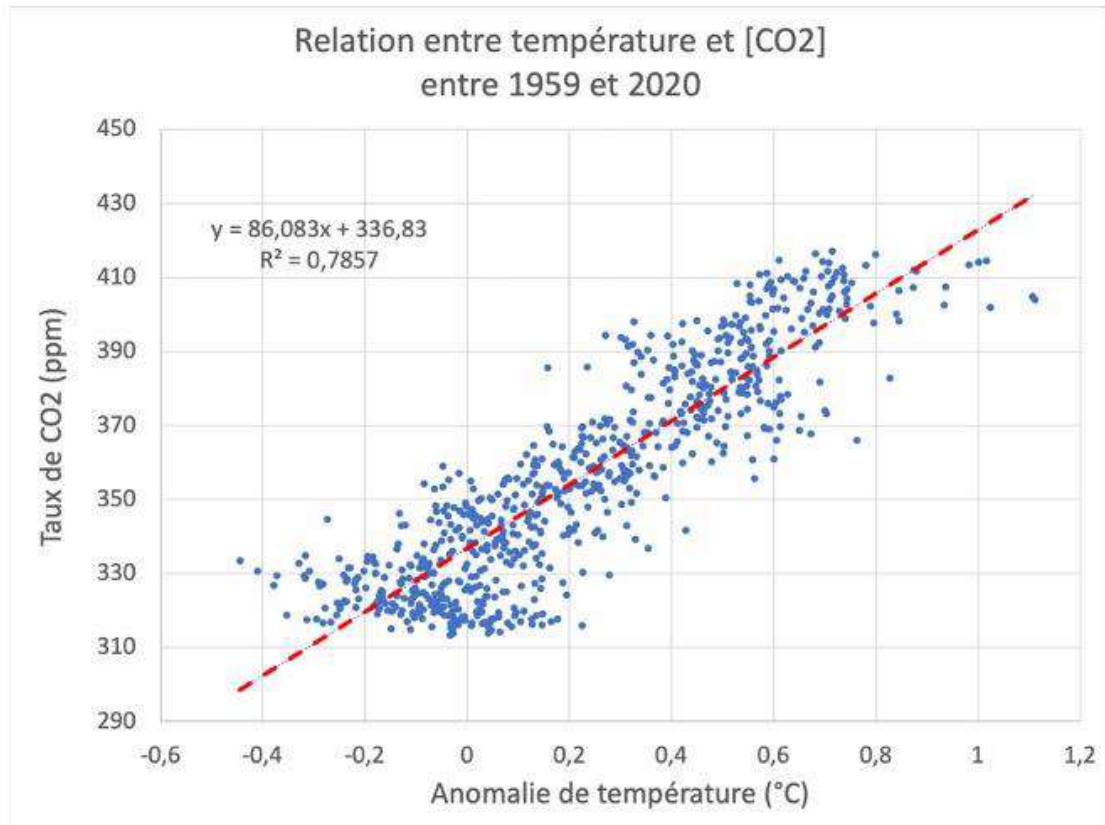


Figure 5. Relation entre température et taux de CO<sub>2</sub> entre 1959 et 2020.

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 Niño [14] 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 [15]) ou zones éloignées des océans (voir [16]) 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 [17]). Non, la crise du Covid-19 n'est pas le seul clou dans le cercueil de l'hypothèse du réchauffement anthropique!

## 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 [12]).
- 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 [18]). 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 [19]), 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.

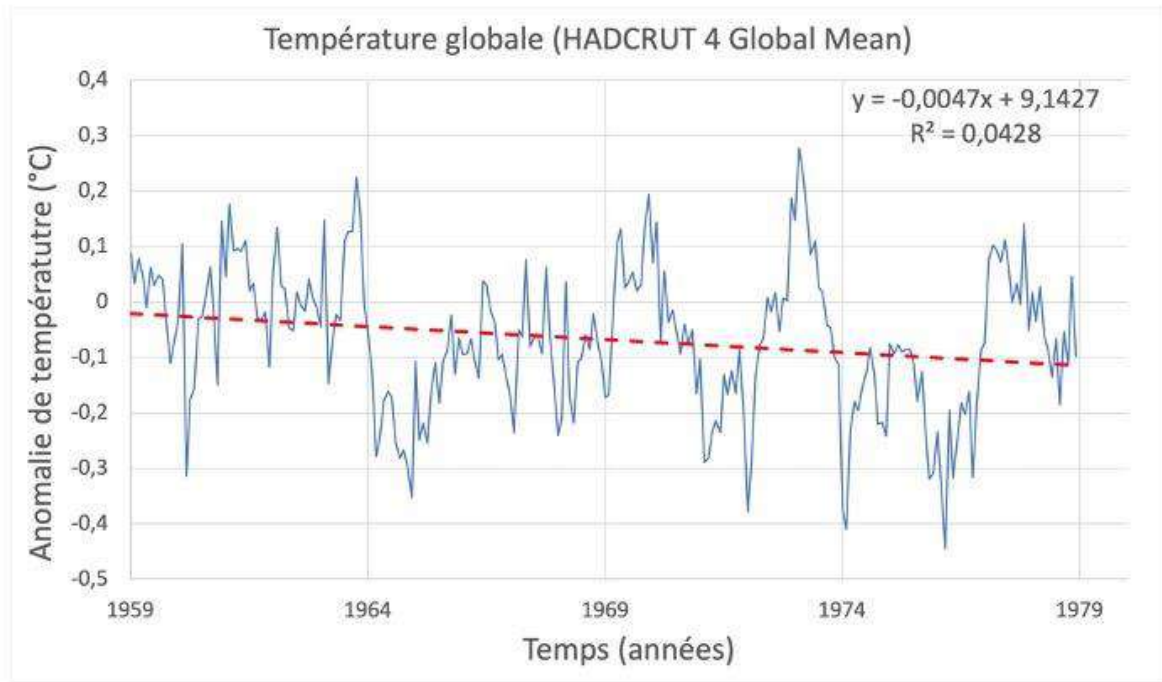


Figure R1. Température globale (données HadCrut 4 Global Mean) entre 1959 et 1979. La droite de régression possède une légère pente négative de 0,0047.

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

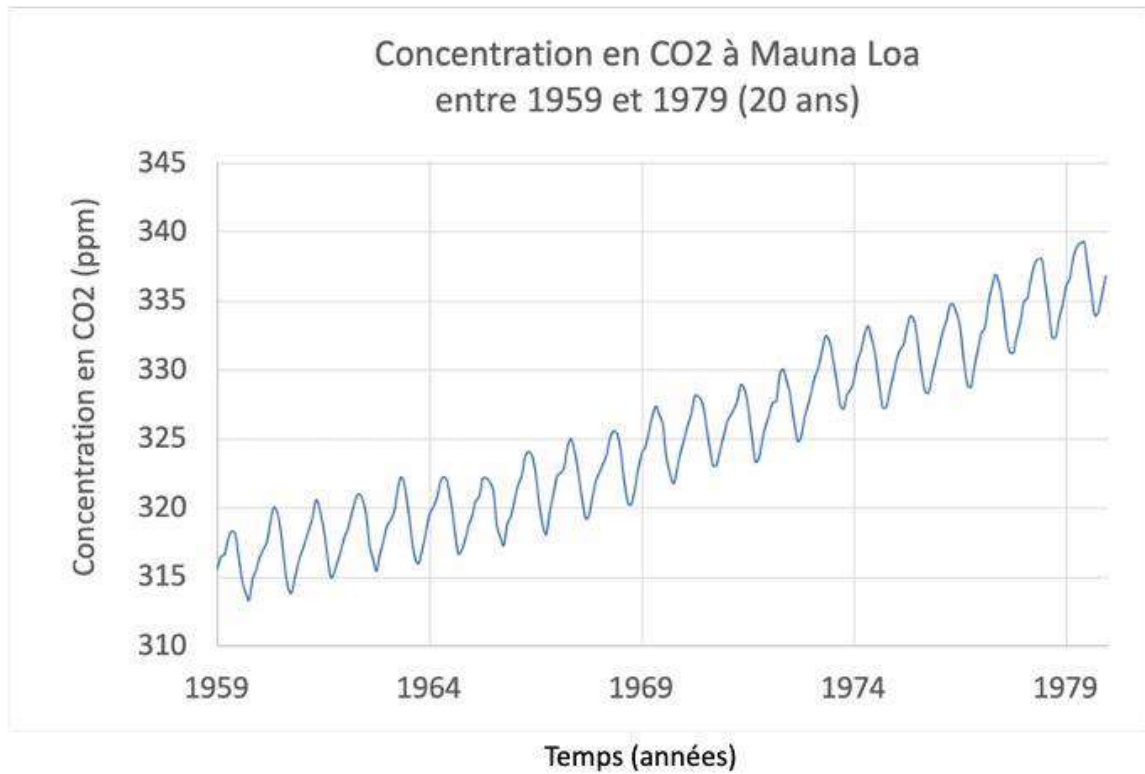


Figure R2. Taux de CO<sub>2</sub> atmosphérique mesuré à Mauna Loa entre 1959 et 1979.

Il n'y a évidemment pas de corrélation entre ces deux séries de données, comme illustré à la Figure R3. Le coefficient  $R^2$  obtenu est en effet très bas (0,0043). Pour rappel une bonne corrélation entre deux séries de données donnera des coefficients  $R^2$  proches de 1.

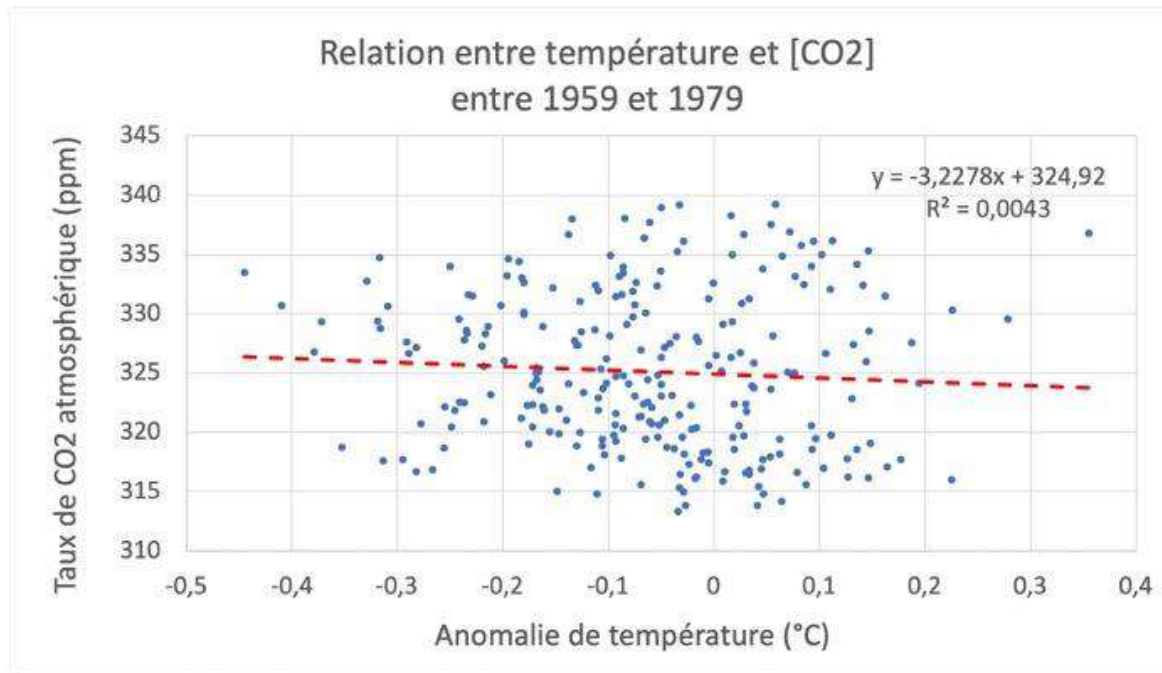


Figure R3. Relation entre température et taux de CO<sub>2</sub> entre 1959 et 1979.

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.

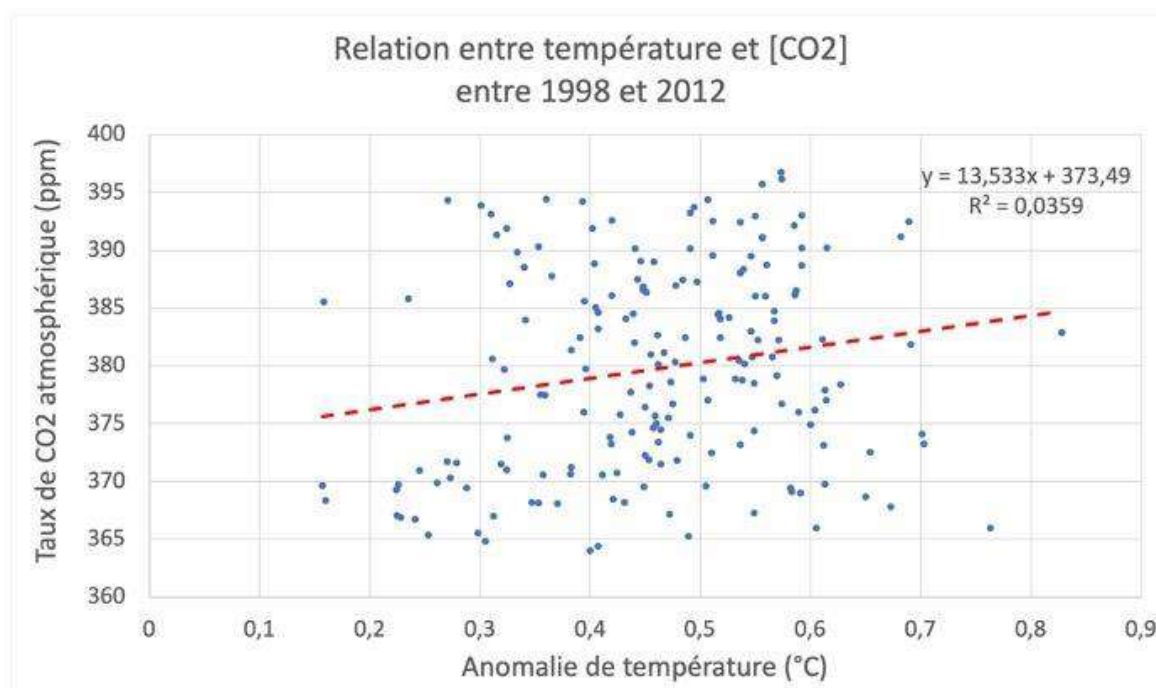


Figure R4. Relation entre température et taux de CO<sub>2</sub> entre 1998 et 2012 (c'est-à-dire la période du « hiatus » ou « pause » dans le réchauffement climatique global).

## Références

[1] <https://www.euronews.com/2020/04/02/coronavirus-in-europe-spain-s-death-toll-hits-10-000-after-record-950-new-deaths-in-24-hou>

[2] <https://gml.noaa.gov/ccgg/trends/>

[3] [https://gml.noaa.gov/ccgg/about/co2\\_measurements.html](https://gml.noaa.gov/ccgg/about/co2_measurements.html)

[4] Maurin J.C. Évolutions récentes du CO<sub>2</sub> atmosphérique. 09/2018 (1/4), 10/2018 (2/4), 11/2018 (3/4) et 12/2018 (4/4). <https://www.science-climat-energie.be/2018/09/16/evolutions-recentes-du-co2-atmospherique/>

[5] [https://fr.wikipedia.org/wiki/Loi\\_de\\_Henry](https://fr.wikipedia.org/wiki/Loi_de_Henry)

[6] <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>

[7] <https://www.science-climat-energie.be/2019/06/13/la-croissance-du-co2-dans-latmosphere-est-elle-exclusivement-anthropique-carbone-14-et-effet-suess-1-2/>

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

[9] Koutsoyiannis & Kundzewicz (2020) Sci 2020, 2, 72.

[10] <https://public.wmo.int/fr/medias/communiqu%C3%A9s-de-presse/des-niveaux-de-dioxyde-de-carbone-toujours-records-malgr%C3%A9-le>

[11] <https://www.theguardian.com/environment/2020/jun/04/atmospheric-co2-levels-rise-sharply-despite-covid-19-lockdowns>

[12] <https://www.science-climat-energie.be/2019/02/14/le-rechauffement-climatique-dorigine-anthropique/>

[13] <https://tylervigen.com/spurious-correlations>

[14] [https://fr.wikipedia.org/wiki/El\\_Ni%C3%B1o](https://fr.wikipedia.org/wiki/El_Ni%C3%B1o)

[15] <https://www.science-climat-energie.be/2019/12/06/ces-ville-qui-ne-se-rechauffent-pas/>

[16] <https://www.science-climat-energie.be/2019/01/16/pas-de-rechauffement-pour-les-zones-eloignees-des-oceans/>

[17] <https://www.science-climat-energie.be/2019/01/25/encore-des-observations-nallant-pas-dans-le-sens-de-la-theorie/>

[18] 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>.

[19] [https://fr.wikipedia.org/wiki/Fixation\\_du\\_carbone\\_en\\_C3](https://fr.wikipedia.org/wiki/Fixation_du_carbone_en_C3)

## **Quelques commentaires des lecteurs**

### **• JC Maurin, 2 décembre 2020 à 11 h 45 min**

Merci à Jean N. pour cette belle démonstration: la limitation autoritaire de nos émissions anthropiques ne modifiera guère les évolutions du CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère.

En revanche une telle limitation risque de provoquer un appauvrissement dans les pays qui pratiquent ces limitations, qui sont donc illusoire pour le but recherché.

Les lecteurs de SCE peuvent trouver la traduction française de l'article Harde 2019 ici:

<https://static.climato-realistes.fr/2020/11/texte-francais-Harde-15-XI-2020-.pdf>

### **• fritz, 2 décembre 2020 à 19 h 34 min**

Vous vous êtes passé le mot ?

<https://www.climato-realistes.fr/part-des-activites-humaines-dans-la-concentration-de-co2-dans-latmosphere-une-comparaison-modeles-observations/>

et ma réaction concernant l'article précédent des climato réalistes

<https://www.climato-realistes.fr/la-reduction-des-emissions-due-au-confinement-naura-aucun-effet-significatif-sur-la-concentration-de-co2-dans-latmosphere/>

posté sur skyfall

<https://www.skyfall.fr/2016/01/03/discussions-sur-leffet-de-serre/comment-page-39/#comments>

J'ai vraiment des problèmes sur ce site (et le vôtre aussi) et je comprends que on nous considère parfois comme des rigolos ; en effet il y a ici ceux qui prétendent que l'augmentation du CO<sub>2</sub> n'a rien à voir avec la combustion du pétrole, du charbon et du gaz et que cette augmentation est naturelle; il y a aussi ceux qui mettent au panier les qualités radiatives des gaz, dont certains ont été qualifiés de gaz à effet de serre comme mentionné ci-dessus.

La chaleur se transmet de trois façons différentes : la conduction , la convection et la radiation

La chaleur reçue par la surface de la Terre après avoir oté celle renvoyée via l'albédo des nuages et celle retenue par la vapeur d'eau

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier:Spectre\\_solaire.png](https://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier:Spectre_solaire.png)

repart forcément via ces trois possibilités : dans l'atmosphère , corps pas très dense , la conduction est pas terrible ; la convection par contre c'est son domaine , c'est ce qui gère notre météo ; il y a aussi la radiation ( la seule qui fonctionne dans le vide ( ? ) intersidéral ) et on ne peut pas ignorer le comportement différent des divers gaz constituant l'atmosphère

C:\Users\Auchan01\Downloads\RA19\_Lyce\_G\_1re\_ES\_Courbe\_absorption\_1190461.pdf

Alors certes, le CO<sub>2</sub> joue sans doute un rôle peu important au niveau du réchauffement constaté depuis le début de l'ère industrielle, d'autres causes comme l'activité solaire sont sans doute prépondérants ; mais je pense que pour maintenir le sérieux de ce site , on ne peut pas mettre à la poubelle

- Les qualités radiatives des gaz à effet de serre et
- La responsabilité de l'homme dans l'augmentation du CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère terrestre

Frederic Sommer

• **SCE, 3 décembre 2020 à 10 h 27 min**

Vous dites : « on ne peut pas mettre à la poubelle

- Les qualités radiatives des gaz à effet de serre et
- La responsabilité de l'homme dans l'augmentation du CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère terrestre »

Pour le premier point nous vous invitons à lire les articles du Prof Geuskens parus ici même (voyez la liste « auteurs »). Visiblement vous n'avez pas compris certaines choses.

Pour le 2e point nous vous invitons à lire les articles du Prof Maurin, également parus sur SCE. Dans ces articles il est montré que si l'on regarde les rapports isotopiques, il est IMPOSSIBLE que l'homme soit responsable de 100% de la hausse du taux de CO2 atmosphérique... La crise du Covid-19 ne fait que renforcer cette observation.

• **Herté07, 4 décembre 2020 à 11 h 23 min**

Comme il est impossible que l'homme soit totalement innocent dans la hausse du taux de CO2 atmosphérique. A ma connaissance, personne de sensé affirme que l'homme est 100% responsable.

La seule certitude est que, en ordre de grandeur, on mesure une augmentation du taux de CO2 annuelle moitié moindre que les émissions anthropiques de l'année.

Pourquoi devrait-on observer quelque chose sur la figure 3 et spécialement au-dessous de la grande flèche bleu si on admet les thèses du GIEC?

Une illustration pertinente serait une comparaison entre les variations annuelles d'émissions de CO2 anthropique en Gigatonne et les variations de CO2 atmosphérique en ppm.

• **Jean N., 4 décembre 2020 à 17 h 53 min**

En réponse à Herté07 :

– Vous dites « ...personne de sensé affirme que l'homme est 100% responsable. » Et bien si : le GIEC ! En effet, il écrit dans son Résumé pour Décideurs de l'AR5 (SPM, page 11) :

« The atmospheric concentrations of the greenhouse gases carbon dioxide (CO2), methane (CH4), and nitrous oxide (N2O) have all increased since 1750 **due to human activity**. In 2011 the concentrations of these greenhouse gases were 391 ppm, 1803 ppb, and 324 ppb, and exceeded the pre-industrial levels by about 40%, 150%, and 20%, respectively. {2.2, 5.2, 6.1, 6.2} »

Les médias répètent ensuite comme des perroquets.

– Vous dites ensuite : » La seule certitude est que, en ordre de grandeur, on mesure une augmentation du taux de CO2 annuelle moitié moindre que les émissions anthropiques de l'année. »

Attention, vous comparez deux chiffres qui ne sont pas comparables (et vous n'êtes malheureusement pas le seul à commettre cette erreur) : l'homme émet bien environ 10 Gt de C (soit 4 à 5 ppm) chaque année dans l'atmosphère. Et le taux mesuré augmente bien chaque année d'environ 2,5 ppm. On a donc l'impression que l'homme émet deux fois plus que la nature.

Cependant c'est faux. Dans ce raisonnement on compare les émissions humaines (4 à 5 ppmv) avec une différence : les émissions totales dont celles de l'homme (207,1 Gt de C), moins les fixations totales (203 Gt de C) = 4,1 Gt de C = 1,95 ppmv de CO2 (un résultat qui correspond environ à l'augmentation du taux constatée) (les chiffres sont ceux de l'AR5).



Si l'on veut comparer il faut comparer les émissions humaines (4 à 5 ppmv) avec les émissions de la nature (198,2 Gt = 94,4 ppmv).

Si l'homme émettait deux fois plus de CO2 que la nature, il est évident que l'on verrait le taux de CO2 à Mauna Loa chuter lorsqu'il y a un confinement. Mais non : l'allure de la courbe ne change pas, et elle reste bien décalée vers le haut, comme si rien ne s'était passé.

– Pour finir, la comparaison que vous suggérez à déjà été faite (voir par exemple le livre « 15 vérités qui dérangent ») et l'on ne remarque pas de bonne corrélation. Par exemple, on peut mesurer un accroissement annuel à Mauna Loa très faible alors que les émissions humaines étaient fortes.

• **Frederic sommer, 4 décembre 2020 à 13 h 40 min**

Pour me réconcilier avec vous , message que je mets sur tous les sites que je fréquente

Réveillé ce matin avant 7 heures par un tremblement de terre

Seisme ressenti jusqu'à 40 km de Strasbourg et provoqué par FONROCHE qui veut promouvoir la géothermie en Alsace ; j'ai envoyé le mail suivant aux Dernières Nouvelles d'Alsace , mais je ne lui donne pas beaucoup de chances pour être publié

il faudrait arrêter de faire n'importe quoi pour aller dans le chemin de la transition énergétique du gouvernement : permettre de forer et de fracker pour pomper de l'eau chaude alors qu'on interdit cela aux pétroliers ; fermer Fessenheim et nous construire des éoliennes qui nous cassent les oreilles et le paysage et tout cela pour ne plus émettre de CO2 en France alors qu'en Allemagne on ouvre des mines de lignite pour nous vendre leur électricité le double du prix de notre électricité nucléaire

Frederic Sommer

PS

Publiez cela dans tous les blogs , journaux , télés , amis et fonctionnaires mêmes s'ils ne sont pas vos amis ; vous pouvez commenter si vous voulez , style : »on devrait mettre des gens compétents au gouvernement «

• **Alain Prémat, 4 décembre 2020 à 16 h 11 min**

Vous avez raison et il suffirait 'simplement' de demander l'étude d'implantation géologique du ou des forages. L'Alsace est bien connue pour son sel triasique et particulièrement pour ses mines de potasse exploitées intensivement depuis 1910, comme vous pourrez le constater ici dans ce vieux document:

[http://geologie-alpine.ujf-grenoble.fr/articles/GA\\_1965\\_\\_41\\_\\_57\\_0.pdf](http://geologie-alpine.ujf-grenoble.fr/articles/GA_1965__41__57_0.pdf)

Les études géologiques de la région (en Alsace) sont très nombreuses et les expériences acquises en géothermie (cf. la région de St-Ghislain dans le Carbonifère belge avec le piégeage des iguanodons de Bernissart dans une énorme poche de dissolution) montrent qu'il s'agit de prendre de bonnes précautions dans ce type de terrains salifères. L'historique de

maisons et terrains effondrés en Allemagne, à Paris (avec le fameux gypse de Montmartre dans les marnes éocènes) ... pour ne prendre que nos voisins proches pour exemple montre qu'il s'agit d'un phénomène général et bien connu.

Reste à voir si nos 'fonctionnaires compétents' ont correctement assuré/vérifié la situation avant les forages.

• **Alain Préat, 11 décembre 2020 à 9 h 34 min**

pour suivi en date du 11 décembre 2020 :

[https://www.connaissancedesenergies.org/afp/tous-les-projets-de-geothermie-dans-lagglomeration-strasbourg-geoise-suspendus-201209?utm\\_source=newsletter&utm\\_medium=fil-info-energies&utm\\_campaign=/newsletter/le-fil-info-energies-10-dec-2020](https://www.connaissancedesenergies.org/afp/tous-les-projets-de-geothermie-dans-lagglomeration-strasbourg-geoise-suspendus-201209?utm_source=newsletter&utm_medium=fil-info-energies&utm_campaign=/newsletter/le-fil-info-energies-10-dec-2020)

• **Frederic sommer, 4 décembre 2020 à 18 h 45 min**

Eh oui Jean les gens confondent échanges et bilans , parlent de sources mais pas de puits , confondent bilan annuel et bilan climatique

• **HDulieu, 8 décembre 2020 à 12 h 17 min**

Puisque l'office météorologique mondial vient de reconnaître qu'il n'y a pas d'effet significatif des diminutions d'émissions de CO<sub>2</sub> à la suite du premier confinement, je pense qu'il convient d'expliquer pourquoi et d'en tirer les conséquences.

Les émissions de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère, mesurées en Gt par an, sont actuellement d'environ 30 Gt. Il semble que les réductions ont été de l'ordre de 1551 Mt de CO<sub>2</sub> pendant deux mois de confinement. Cela fait 1,551 Gt. Il y aurait 3200 Gt de CO<sub>2</sub> dans l'air actuellement. Cela représente donc actuellement 3200Gt/410ppm = 7,8 Gt par ppm. La diminution de 1,551 Gt d'émissions est censée rester à environ 50% dans l'atmosphère ; cela fait donc un ajout de 0.7755 Gt en moins. Cela correspond à 0,7755 Gt /7,8Gt par ppm = 0,1 ppm.

La variation saisonnière consiste en une diminution de l'ordre de 1,5 ppm par mois, soit de 1,5 ppm pendant 5 mois, ce qui correspond à 7,5 ppm de diminution naturelle de mai à fin septembre. Ainsi, si on compare 2020 à 2019, on constate que la diminution saisonnière est de 414,64 – 408,54 = 6,1 ppm en 2019 et de 417.07 – 411,29 = 5.78 ppm en 2020. Il y a une différence de -0,32 entre 2020 et 2019. Cette différence n'est certainement pas significative mais elle va dans le sens inverse de la différence attendue, car la diminution de l'apport anthropique est supposée accentuer la baisse saisonnière et non la diminuer. Si on fait un raisonnement similaire pour la période d'augmentation saisonnière du CO<sub>2</sub>, qui va d'octobre de l'année précédente à fin avril, on a +2,43 ppm de différence entre 2020 et 2019 ; la moyenne des augmentations annuelles des maximums est de 1,81 ppm calculé sur trente ans (1980 à 2019). On voit encore que le maximum pour 2020 a augmenté plus que la moyenne, alors qu'on s'attend au moins à un effet tampon !

On peut sans doute conclure de manière conforme à la théorie suivie par le GIEC, en disant que si les émissions cessaient pendant une plus grande partie de l'année, cela entraînerait une réduction de, disons 4653 Mt pour six mois, ce qui ferait 2,326 Gt retenu dans l'atmosphère,

correspondant à 0,298 ppm. Sur une variation annuelle, cela correspondrait à 16,47 % et cela serait peut-être détectable et significatif.

On peut aussi conclure que les variations de la teneur atmosphérique en CO<sub>2</sub> résultent d'une quantité d'échanges avec les océans et avec la biomasse terrestre qui sont d'un ordre plus de cent fois supérieur aux réductions d'émissions et qu'ils ne pourraient être détectés que si leur proportion augmentait jusqu'à au moins 5% de ces échanges. Rien que pour égaler la variation saisonnière, de 7,5 ppm de diminution par an dans le cycle annuel, il faudrait une économie d'émissions au rythme de la crise économique due au premier confinement, de 7,5ppm \* 7,8 Gt par ppm, soit 58,5 Gt de CO<sub>2</sub> non émis. C'est deux fois l'émission actuelle de 30 Gt par an.

La conclusion la plus importante est cependant d'ordre économique : fixer des objectifs qui ne peuvent être atteints, c'est un suicide collectif ; de plus, le suicide est inutile, car le CO<sub>2</sub> suit son cycle et s'ajuste très bien par l'augmentation des échanges avec l'océan et par l'augmentation du rendement de la fixation du CO<sub>2</sub> par la végétation arborescente. De plus, on démontre que son effet sur le réchauffement climatique est négligeable.

• **VRG, 15 janvier 2021 à 17 h 49 min**

Bonjour, tout l'article est basé sur l'observation de CO<sub>2</sub> à Hawaï !!! HAWAÏ !!! C'est en plein milieu du pacifique ! Loin de toutes les sources de CO<sub>2</sub> humaines. Il est clair que si la forêt brûle mais que le thermomètre est au milieu du lac on ne verra rien ! Idiot ! Il faut prendre les données de CO<sub>2</sub> moyennes sur un ensemble de capteurs ! Tête de noeud !

• **Dumon, 20 janvier 2021 à 19 h 16 min**

L'insulte ne fera pas avancer le débat...

• **Guillermo Muyldermans, 22 janvier 2021 à 11 h 21 min**

Comment peut-on laisser publier un commentaire aussi grossier ?

• **Dominique Casanova, 3 février 2021 à 23 h 03 min**

Vous n'êtes pas obligé d'insulter les commentateurs. Mais il vrai qu'on peut douter quant à la réalité de ces mesures.

Les premières mesures datent de 1958. L'observatoire de Mauna Loa est connu pour ses mesures sur le CO<sub>2</sub>, qui sont effectuées à l'altitude de 3400 m. Les résultats présentés par la NOAA proviennent principalement de cet observatoire. Il est situé aux États-Unis, dans le sud-ouest de l'île d'Hawaï (Big Island), la plus grande de l'archipel et État d'Hawaï. Est-ce représentatif de l'ensemble de l'atmosphère ? Non mais c'est une convention....scientifique

La théorie radiative d'Arrhenius, et Fourier a été critiquée début 20 siècle par Angstrom, souvent remise en question parmi bien des scientifiques dont Robert William Wood qui en démontra en 1909 le caractère erroné de l'explication , a été abandonnée pendant 60 ans, puis remise au goût du jour par Bert Bolin dans les années 1970.

Hors Bert Bolin était un des premiers scientifiques..... membre directeur du GIEC.

Et puis pourquoi avoir assis toute la théorie du réchauffement anthropique sur un seul des gaz à effet de serre, le CO<sub>2</sub> ;

En effet en ce qui concerne le CO<sub>2</sub>, on trouve partout les valeurs des échanges des cycles du carbone, exprimées en Gt/C an, ratio rejets et puits.

Mais si on exprime cela en proportion dans l'atmosphère, c'est très, très peu.. Les 400 ppm de CO<sub>2</sub> actuelles, c'est 0.04 % du volume total de l'atmosphère.

On ne connaît que très partiellement les valeurs réelles des échanges entre les éléments rejets et réabsorption par les puits de CO<sub>2</sub>. Des tableaux existent sur les documents dont ce site, et dans les rapports GIEC, mais les valeurs relevées ne sont que des valeurs extrapolées par calculs bruts. Très difficiles à vérifier dans la réalité.

Pour apprécier ces échanges il faudrait disposer de milliers de capteurs, situés sur toute la surface de la terre et a plusieurs étages de la troposphère. On est loin de ce cas.

Dans ces 0.04% de CO<sub>2</sub>, la part de l'anthropique ne dépasse pas 3 à 5%, l'essentiel soit 95 à 97 % étant rejeté par la nature : océans, forêts, faune et flore, volcanisme.

(Ces informations étaient en toute lettre dans la page wiki traitant du CO<sub>2</sub> jusqu'en décembre 2020. Cette page a été modifiée récemment pour diluer cette info sous des formes absconses »conformes à la doxa GIEC.)

Alors pour quelle raison se focaliser sur le CO<sub>2</sub> ...je n'ai pas trouvé à ce jour d'explication logique, sauf à penser que, la raison pour laquelle la vapeur d'eau n'est pas étudiée, pas même recensée, est, de nature « idéologique ».

• **JC Maurin, 19 février 2021 à 18 h 29 min**

« L'expérience scientifique très intéressante » se poursuit en février 2021:

Depuis septembre 2020, avec l'épisode La Nina, des conditions de surfaces froides sont établies dans l'océan Pacifique intertropical.

Si on consulte <https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/graph.html>

et en effectuant un zoom sur les derniers mois, on constate pour le « trend » (courbe bleue = tendance corrigée des variations saisonnières):

– Covid 19: Mars 2020 (413.25 ppm) à juillet 2020 (414.26 ppm ) la hausse est 1 ppm en 4 mois

– La Nina: Entre septembre 2020 (415.1 ppm) et janvier 2021 (415.25) la hausse est 0.15 ppm en 4 mois

Il semble que la température de l'océan intertropical a plus d'influence que la baisse des émissions anthropiques.

• **JC Maurin, 8 mai 2022 à 19 h 03 min**

Nouvelle illustration de l'influence de la température de l'océan intertropical : la Nina , phase froide de l'ENSO, semble en voie d'achèvement en mai 2022.

Si l'on consulte <https://gml.noaa.gov/ccgg/trends/graph.html> , la tendance corrigée des variations saisonnières (il faut choisir « trend » puis zoomer) montre une quasi-stagnation :

Octobre 2021 → 417,3 ppm

Avril 2022 → 417,48 ppm

Lors de l'épisode actuel de la Nina, le CO2 atmosphérique croit donc de + 0,18 ppm en 6 mois (avec correction saisonnière).

Pour comparaison :

– Entre 1980 et 2020, la croissance du CO2 atmosphérique est en moyenne de 1,8 ppm chaque année.

– Influence anthropique → le confinement « Covid » de 2020 provoque une baisse de 7 % des émissions anthropiques alors que la concentration du CO2 atmosphérique croit (avec correction saisonnière) de 1,01 ppm en 6 mois ( janvier 2020 →413,25 ppm et juillet 2020 →414,28 ppm).

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

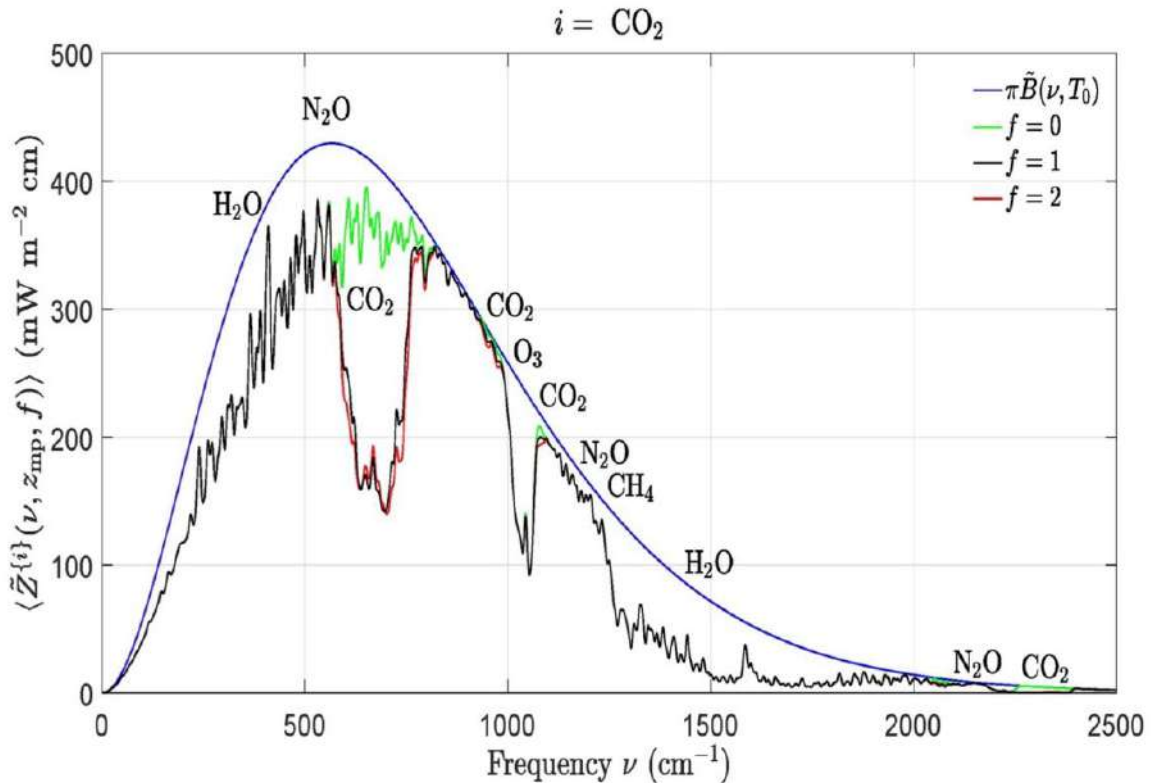
*par Prof. Dr. Jean N., Faculté des Sciences, Université Européenne, 30 juin 2022*

Lorsque l'on parle de [l'effet de serre](#) [1] et du [taux de CO<sub>2</sub> atmosphérique](#) [2] 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](#) [3]; (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](#) [4], [Herman Harde](#) [5], [Roy W. Spencer](#) [6], [John Christy](#) [7] ou [Richard Lindzen](#) [8]; (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](#) [9], [Ralf D. Tscheuschner](#) [9], [Jack Barrett](#) [10] (du moins dans son article de 1995) et [Georges Geuskens](#) [11]. 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.

### 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 [12]. 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) [12].

Pour construire cette figure, Happer et Wijngaarden ont utilisé la base de données de transmission et d'absorption moléculaire ligne par ligne HITRAN [13] maintenue à l'Université de Harvard [12]. 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  $\text{CO}_2$ , 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) [14]. **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 [12]. Pour bien comprendre leurs résultats vous pourrez également vous aider de l'article publié ici : [15].

## 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 [16]. Vous pouvez également l'écouter parler dans plusieurs petites vidéos [17]. 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.

### 3. Que conclure?

– La conclusion majeure est bien évidemment la suivante : si William Happer à 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** [18] et qu'il semble probable que la vapeur d'eau totale dans l'atmosphère diminue ou reste stable [19], **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

[1] [https://en.wikipedia.org/wiki/Greenhouse\\_effect](https://en.wikipedia.org/wiki/Greenhouse_effect)

[2] <https://gml.noaa.gov/ccgg/trends/>

[3] <https://www.ipcc.ch/assessment-report/ar6/>

[4] [https://en.wikipedia.org/wiki/William\\_Happer](https://en.wikipedia.org/wiki/William_Happer)

[5] [http://hharde.de/#xl\\_xr\\_page\\_index](http://hharde.de/#xl_xr_page_index)

[6] [https://en.wikipedia.org/wiki/Roy\\_Spencer\\_\(meteorologist\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Roy_Spencer_(meteorologist))

[7] [https://en.wikipedia.org/wiki/John\\_Christy](https://en.wikipedia.org/wiki/John_Christy)

[8] [https://en.wikipedia.org/wiki/Richard\\_Lindzen](https://en.wikipedia.org/wiki/Richard_Lindzen)

[9] <https://arxiv.org/abs/0707.1161>

[10] <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0584853994E0110V>

[11] <https://www.science-climat-energie.be/2020/12/11/leffet-de-serre-et-le-bilan-energetique-de-la-terre/#more-14552>

[12] 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].

<https://arxiv.org/abs/2006.03098>

[13] <https://hitran.org/about/>

- [14] Harries et al. (2001) Increases in greenhouse forcing inferred from the outgoing longwave radiation spectra of the Earth in 1970 and 1997. Nature 410(6826):355-7. doi: 10.1038/35066553. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11268208/>
- [15] <https://wattsupwiththat.com/2021/09/21/the-greenhouse-effect-a-summary-of-wijngaarden-and-happer/>
- [16] <https://dof.princeton.edu/about/clerk-faculty/emeritus/william-happer>
- [17] <https://www.youtube.com/watch?v=qZN2jt2cCU4>
- [18] <https://andymaypetrophysicist.com/2021/04/28/clouds-and-global-warming/>
- [19] <https://andymaypetrophysicist.com/2018/06/09/does-global-warming-increase-total-atmospheric-water-vapor-tpw/>

## Quelques commentaires de lecteurs

### • Tphil, 4 août 2022 à 9 h 25 min

Merci pour cet article tout à fait intéressant et facilement compréhensible pour un ingénieur de base comme moi. Je suis en train de compiler les différentes théories sur la sensibilité du réchauffement au CO<sub>2</sub>, et quoi qu'il en soit, on peut d'ores et déjà dire qu'il n'y a pas de « consensus » ni que « science is settled » comme disent les activistes politiques du climat. Ce qui est regrettable c'est que personne ne trouve une théorie associée à des mesures physiques qui démontre sans ambiguïté une sensibilité x, y ou z, ou zéro, et coupe court aux controverses. Le Pr Geuskens dont les derniers articles sont remarquables, nous dit que l'on ne peut pas démontrer ce qui n'existe pas mais je ne suis pas d'accord. Si l'on veut démontrer qu'il n'y a pas de lumière dans une boîte fermée, on met un capteur de lumière et on prouve qu'il n'y en a pas. C'est certainement plus compliqué de démontrer la sensibilité au CO<sub>2</sub>, mais j'espère qu'un esprit scientifique puissant se lèvera pour trouver cette démonstration associée à des preuves mesurées en laboratoire ou dans l'atmosphère.

### • Georges Geuskens, 4 août 2022 à 16 h 31 min

Vous aurez remarqué en lisant l'article original de Wijngaarden et Happer que ces auteurs admettent l'existence d'un effet de serre radiatif et que leur argumentation est totalement différente de celle que je propose dans l'article <http://www.science-climat-energie.be/2020/12/11/leffet-de-serre-et-le-bilan-energetique-de-la-terre/> que vous avez apprécié.

A propos de l'impossibilité de démontrer l'inexistence d'un phénomène jamais observé (attention triple négation !) votre exemple sort du contexte que j'évoquais puisque l'absence de lumière dans une boîte fermée est un phénomène observable que personne n'a jamais nié. Il serait plus approprié d'envisager, par exemple, l'impossibilité de démontrer l'inexistence de fantômes dans des châteaux hantés mais un exemple plus intéressant de phénomène souvent évoqué mais jamais observé est la fluorescence du CO<sub>2</sub> dans les basses couches atmosphériques. On ne peut PAS en déduire qu'il n'existe PAS mais on peut déterminer expérimentalement que la désactivation par collision des molécules de CO<sub>2</sub> excitées à l'état de vibration est 28000 fois plus rapide que la désactivation radiative avec émission de fluorescence. Les lois de la physique étant des lois statistiques on peut en conclure que l'effet de serre radiatif n'existe pratiquement pas dans les basses couches atmosphériques.

### • François-Emile de SERRE, 18 décembre 2022 à 13 h 52 min

Ce modèle ignore le fait que l'émissivité du CO2 est nulle, une caractéristique essentielles des propriétés radiatives du CO2 que les données HITRAN ne prennent pas en compte. L'indentation du spectre OLR dans la bande d'absorption du CO2 mise en évidence par les satellites confirme que le CO2 n'est pas un gaz à effet de serre et que le Surcroît d'Effet de Serre n'existe pas. Comme par ailleurs l'Effet de Serre Radiatif Naturel constitue une falsification évidente de la réalité (aucun corps ne peut se réchauffer sous l'effet de son propre rayonnement), la notion globale d'Effet de Serre Radiatif dû aux gaz opacifiants de l'atmosphère est une double absurdité. Le rejet d'un quelconque Effet de Serre Radiatif n'est pas basé sur des raisons théoriques comme vous le dites dans votre introduction, mais sur sur des données physiques bien réelles.

• **François-Emile de SERRE, 18 décembre 2022 à 14 h 00 min**

Je tiens à votre disposition un document d'une cinquantaine de pages que j'ai élaboré sur le thème « Déséquilibre Energétique de la Terre et Réchauffement Climatique : pourquoi l'Effet de Serre Radiatif est un Concept Falsifié et Contredit par l'Analyse des Flux Thermiques de l'Ensemble Terre/Atmosphère ? »

Merci de me faire connaître l'adresse mail à laquelle je peux vous le faire parvenir si vous souhaitez le recevoir.

• **Paul Berth, 19 décembre 2022 à 10 h 48 min**

Bonjour. Merci pour vos remarques. Vous pouvez nous envoyer les documents dont vous parlez à [science.climat.energie@gmail.com](mailto:science.climat.energie@gmail.com). Nous ne manquerons pas de les lire!