Sur les réservoirs avec une sortie auto-adaptative et le cycle du carbone

camille.veyres@polytechnique.org

Résumé

Il y a une énorme différence entre un réservoir dont la sortie a un débit qui est une fraction fixe du contenu du réservoir et un dont la sortie a un débit fixe: dans le premier cas, à des transitoires près, le contenu est un multiple fixe des flux en entrée et en sortie, car ces deux flux sont sensiblement égaux, alors que dans le second cas la différence entre les flux en entrée et en sortie s'accumule dans le réservoir.

L'atmosphère est, pour le dioxyde de carbone, un réservoir dont la sortie est une fraction fixe, un cinquième environ, de son contenu: quand la pression partielle du dioxyde de carbone dans l'air croît, les océans à surface froide et les plantes en absorbent plus. 6% du flux entrant dans l'atmosphère vient de combustibles fossiles; ce sont les variations des flux naturellement dégazés, 94% des flux entrants, variations pilotées par les changements de température de la zone intertropicale, qui ont fait le plus gros (77%) de l'accroissement (+30%) du dioxyde de carbone de l'air observé depuis 1958. Ceci se démontre directement à partir des séries des moyennes mensuelles des températures, du delta^{13}C et des ppm de CO_2 dans l'air. Additionner F(t), la quantité de CO_2 dans l'air venant de combustibles fossiles, calculée pour une durée de vie en (1/e) de 5 ans et N(t), la quantité venant du dégazage naturel, calculée à partir de $dN(t)/dt = a\ T_{intertropical}(t) + b$ reproduit fort exactement les observations des 40 dernières années (figure 11).

Les hypothèses émises depuis 1965 à l'appui de la conjecture que ce sont les émissions de dioxyde de carbone venant des combustibles fossiles qui ont amené tout l'accroissement des ppm observé depuis 1958 sont ensuite examinées et montrées être fausses.

I) Des démonstrations simples par des équations différentielles

Le contenu de l'air en dioxyde de carbone $y(t) = F(t) + N(t)$ est la somme de F(t), le CO_2 de combustibles fossiles "restés dans l'air" et de N(t) le CO_2 venant de dégazages naturels et encore dans l'air. F(t) ne comprend pas le carbone de combustibles fossiles absorbé il y a des décennies par les océans et par les plantes et revenu à l'air, fortement dilué, par un dégazage naturel; le cumul des émissions venues de combustibles fossiles de 1751 à 2015 ne représente que 1% du carbone qui circule dans les océans, les sols, la végétation et l'air.

I-1) Comparaison de résultats trouvés pour des sorties auto-adaptatives et pour une sortie à débit fixe

Calculons les solutions de dy(t)/dt= input(t) - output(t), $y(t_0) = y_0 = 850$ Gt-C, $t_0 = 2015$

* pour trois types de débit en sortie: y(t)/5 c'est à dire un cinquième du contenu, $(y_0/5)\ (y(t)/y_0)^{1/2}$ qui croît comme la racine carrée du contenu, et un débit fixe en sortie $y_0/5$,
* pour deux types de flux en entrée: aux 160 Gt-C/an de dégazage naturel s'ajoutent des émissions ff(t) venant de combustibles fossiles soit à croissance linéaire $ff(t) = 10 + 0{,}1\ (t-t_0)$ et arrivant à 18.5 Gt-C/an en 2100, soit en fonction logistique $ff(t) = 30 / (1 + \exp(-0.03\ (t - 2037.29)))$ avec 26,5 Gt-C/an en 2100.

Cette logistique est proche de la chronique historique des émissions (figure 1-a) et proche du scénario RCP8.5 du GIEC AR5. Le cumul des émissions, 413 Gt-C en 2015, est de 1609 Gt-C sur 2015-2100, en gros deux fois les réserves prouvées de combustibles fossiles selon le dernier BP Statistical Report [6], et de 2866 Gt-C sur le 22ème siècle; les émissions par tête, avec les projections démographiques des Nations Unies, ne croissent pendant le 21ème siècle que d'un misérable +0,67%/tête/an, de 1,4 t-C/tête en 2015 à 2,48 t-C/tête en 2100.

Les calculs de F(2100) pour les cas non linéaires d'un débit en sortie en racine carrée du contenu et d'un débit fixe en sortie se font en attribuant à F(t) et N(t) une fraction du débit sortant égale à leur pourcentage du contenu du réservoir, et en résolvant une paire d'équations différentielles couplées en F(t) et N(t).

Tableau 1 CO_2 dans l'atmosphère $y(t) = F(t) + N(t)$, pour une durée de vie de 5 ans, y(2015) = 850 Gt-C
F(t) venant des combustibles fossiles, N(t) du dégazage naturel, $t_0 = 2015$; 2,12 Gt-C = 1 ppm

Débit en sortie t_0 =2015	Flux entrant Gt-C	y(2050) Gt-C	y(2100) Gt-C	F(2100) Gt-C	y(2100) ppm
y(t)/5 fraction fixe du contenu	160 +10 + 0,1 (t-t_0)	865	890	90	420
($y(t_0)$ /5) croissant comme $(y(t)/y_0)^{1/2}$	"	875	926	122	**437**
($y(t_0)$ /5) débit fixe	"	911	1211	121	571
y(t)/5 fraction fixe du contenu	160 + logistique	884	927	127	437
($y(t_0)$ /5) croissant comme $(y(t)/y_0)^{1/2}$	"	907	1003	137	**473**
($y(t_0)$ /5) débit fixe	"	988	1609	218	759

Le tableau 1 montre qu'il n'y a pas de *"doublement du dioxyde de carbone de l'air"* à moins que le débit en sortie diminue alors que la quantité dans l'air augmente, ce qui est physiquement impossible comme on le verra au § II.

Une sortie auto-adaptative limite donc le contenu en dioxyde de carbone de l'air à la plage 420 à 473 ppm alors qu'un débit fixe en sortie conduit à 759 ppm, valeur proche de celles trouvées avec les formules de Berne du GIEC (AR4 WG1, page 213, examinées au § V-1 ci-dessous).
Pourtant ce sont 935 ppm en 2100 que dit le GIEC pour son scénario RCP8.5, presque 500 ppm de plus que pour une sortie auto-adaptative et 200 ppm de plus que calculé avec les formules de Berne; il y a donc une hypothèse non explicitée de décroissance de l'absorption par les océans et la végétation tout au long du 21ème siècle !
S. Solomon et al. [41] prédit même 1200 ppm en 2100 soit +800 ppm par rapport à 2015 avec des émissions ff(t) = 8,8 $1{,}02^{(t-2008)}$ Gt-C/an, soit en cumulé 2364 Gt-C sur 2000-2100 et un réchauffement global en surface de +4°C. Pour le même ff(t) la formule de Berne dit +540 ppm en 2100, pas +800 ppm.

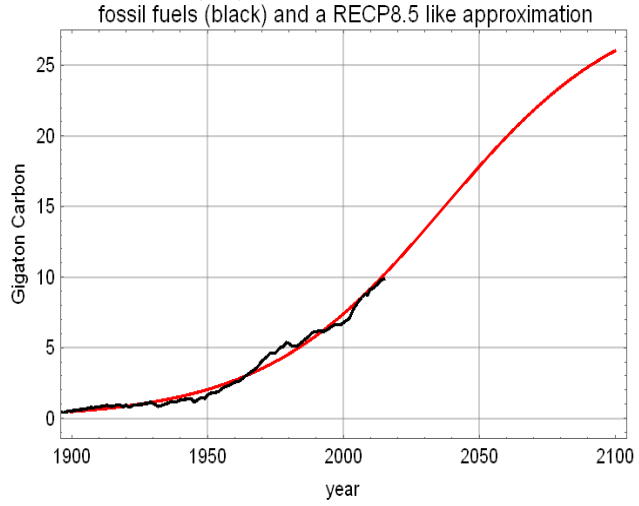
Au tableau 1, F(t) croît comme les émissions et passe de 6% de y(t) en 2015 à une plage de 10% à 13% en 2100, soit, sauf pour la dernière ligne du tableau, 5 à 6 fois les émissions de l'année 2100, 18,5 Gt-C/an ou 26,5 Gt-C/an.
473 ppm en 2100 amèneraient selon la formule logarithmique de Myrhe (1998), un *"réchauffement global"* moindre que +0.5°C en 2100 par rapport à 2015, qui ferait sans doute croître plus encore l'absorption de dioxyde de carbone par les forêts boréales.

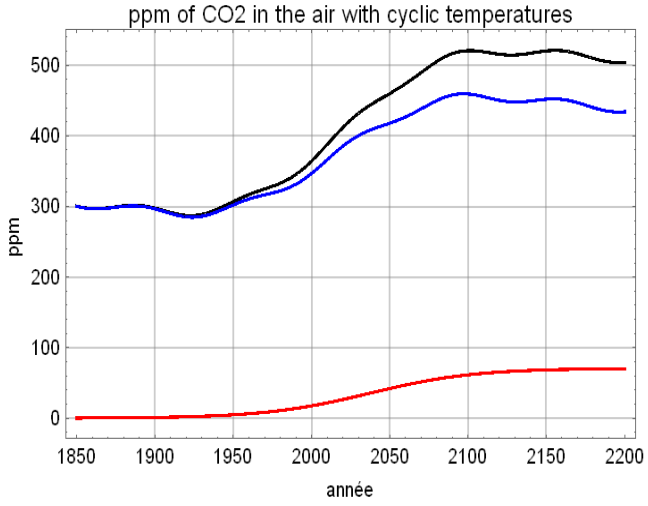
I-2) Effet des températures sur le dégazage naturel
Comme le dégazage naturel fait, cet an-ci, 94% des flux en entrée, voyons les conséquences des cycles des températures.
N(t) tracé en bleu sur la figure 1-b) est la solution de dN(t)/dt = a AT(t) + b, N(1850) = 300 ppm, a = 2,65, b = 0,748, avec les anomalies de températures passées et à venir AT(t) modélisées par une approximation "heuristique" de la série HadCRUT-4 des anomalies des températures "moyennes globales" depuis 1850 (figure 29), prolongée -audacieusement- jusqu'en 2200:

$$AT(t) = (0{,}9\ \cos(2\pi\ (t-2015) / 1000) + 0{,}211\ \cos(2\pi\ (x-2015) / 215) + 0{,}2\ \cos(2\pi\ (x-2008{,}94)/ 67) - 0{,}828)$$

Cette approximation par trois cycles climatiques bien documentés de périodes 1000 ans, 215 ans et 67 ans est tracée à la figure 29.
La relation dN(t)/dt = a AT(t) + b sera démontrée plus loin avec pour AT(t) la série des anomalies des températures de la basse troposphère intertropicale sur 1978-2015 (figure 11); l'emploi simple d'une série des températures moyennes globales convient à une illustration, mais est sans doute assez critiquable.
Les coefficients a et b sont choisis pour que y(t) corresponde aux observations de 1958 et 2015. Pour une durée de vie de 5 ans et des émissions selon la logistique il vient (figure 1-b): y(2050) = 975 Gt-C (460 ppm), y(2100) = 1104 Gt-C (521 ppm) et F(2100) = 130 Gt-C (61 ppm).

Figure 1 (a) à gauche: émissions passées de combustibles fossiles en noir et, en rouge la logistique
ff(t) = 30/(1+exp(-0.03 (t -2037.29))) Gt-C
(b) à droite: contenu de l'air en CO_2 sur 1850-2200: total y(t) courbe noire y(2100)= 521 ppm, la partie "naturelle" N(t) tracée en bleu est l'intégrale de a AT(t)+ b, la partie "anthropique" F(t) est tracé en rouge pour la logistique avec une durée de vie en (1/e) de 5 ans

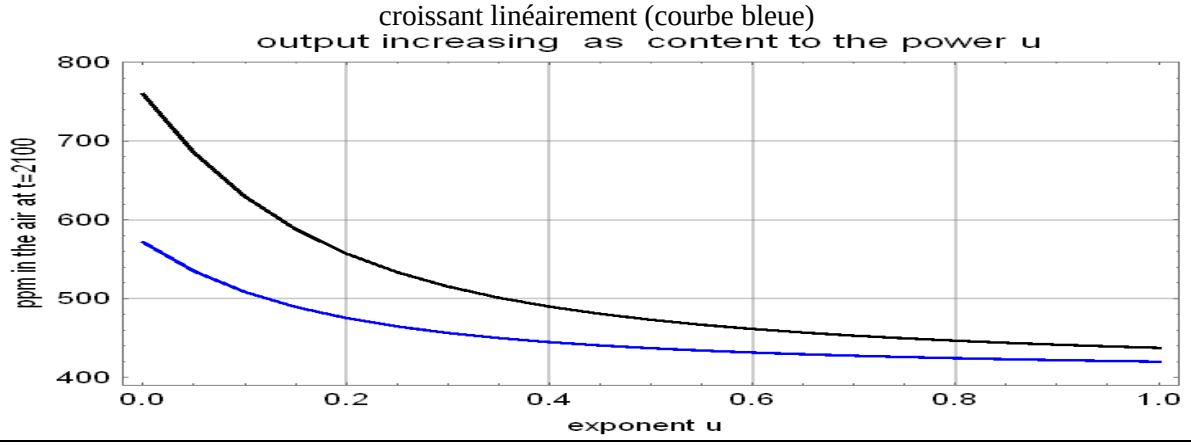




I-3) Débit en sortie croissant comme une puissance u du contenu de l'air en carbone $0 \leq u \leq 1$
Considérons une sortie auto-adaptative, de débit $y_0^{1-u}\ y(t)^u$ /a. y(t) est la solution de
dy/dt + $y_0^{1-u}\ y(t)^u$ /a = 160 + ff(t) avec ff(t) = (10+ 0.1 (t-2015)) ou ff(t) = 160 + logistique(t), y(2015) = 850 Gt-C
y(2100) est tracé à la figure 2 en fonction de l'exposant u, avec a = 5 ans.

Pour u=0,5, les 437 ppm ou 473 ppm en 2100 de la figure 2 deviennent en 2200, 487 ppm et 484 ppm. On vérifie encore qu'il n'y a pas d'accroissement significatif du contenu du réservoir quand le débit en sortie est une fonction $y(t)^u$ du contenu y(t) du réservoir, avec u> 0,4.
Pour u=0 (débit fixe) les 571 ppm (ff(t) linéairement croissant) ou 759 ppm (ff(t) en logistique) de 2100 deviennent en 2200, 1208 ppm ou 1639 ppm, avec ff(2200)= 28,5 Gt-C/an (cas linéaire) ou 28,9 Gt-C/an (logistique).
Le contraste entre 1639 ppm et 484 ppm (en 2200 , pour la logistique) montre bien la différence entre un débit fixe en sortie et un débit en sortie qui croît avec le contenu du réservoir.

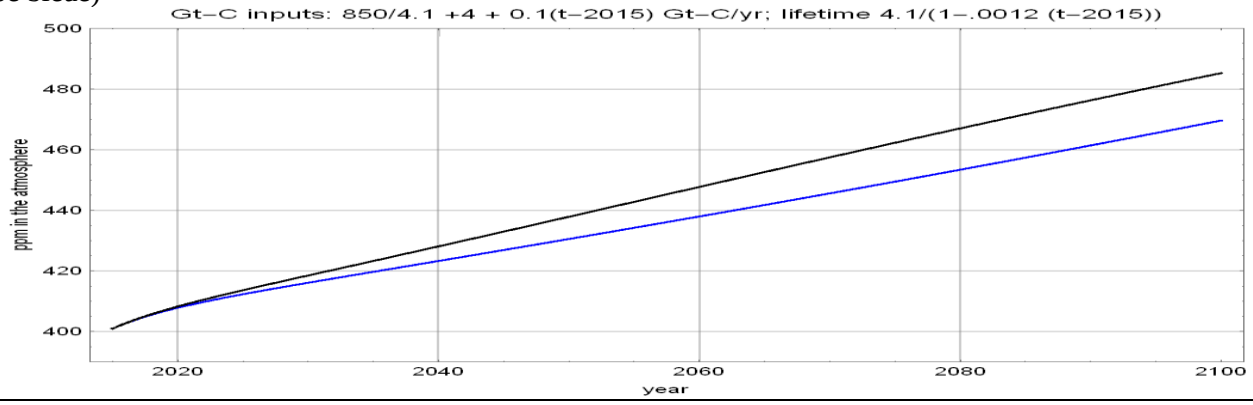
Figure 2 y(2100), CO_2 (ppm) total dans l'atmosphère en 2100, pour un débit en sortie de $850^{1-u}\ y(t)^u /5$, avec y(2015) =850 Gt-C, en fonction de l'exposant u, pour la logistique type RCP8.5 (courbe noire) et pour des émissions croissant linéairement (courbe bleue)



I-4) Durée de vie (1- b (t - t_0)) / a du CO_2 dans l'air croissant lentement dans le temps

Le GIEC AR5 [20] (figure 6-1 page 471) dit que le CO_2 absorbé par la végétation était de 109 Gt-C (préindustriel) avec depuis +14 Gt-C, le CO_2 absorbé par les océans 60 Gt-C (préindustriel) avec depuis +20 Gt-C, donc une durée de vie de 3,5 ans (préindustriel) et de 4,1 ans (2011), ce qui suggère une lente augmentation de la durée de vie en a/(1- b (t-t_0)) avec a =4,1, b= 0,0012, t_0= 2015.
Avec y(2015) =850 Gt-C, un flux entrant naturel constant de 201,4 Gt-C et les mêmes flux de combustibles fossiles qu'au tableau 1, la solution de dy/dt + y(t) (1- b (t - t_0)) / a = input(t) est tracée à la figure 3. Le CO_2 de l'atmosphère serait, en 2100, 470 ppm ou 485 ppm, valeurs proches de celles trouvées pour u=0.4.

Figure 3 Total dans l'atmosphère pour une durée de vie variable (GIEC AR5), un flux naturel entrant constant et des émissions de combustibles fossiles en logistique type RCP8.5 (courbe noire) ou croissant linéairement de 0.1 Gt-C/an (courbe bleue)



Il vient un réchauffement moindre qu'un demi-degré si l'on croit aux *"equilibrium climate response"* et *"transient climate response"* du GIEC et pas de réchauffement du tout si, comme on le verra, le dioxyde de carbone de l'air est l'intégrale des anomalies de température, une conséquence des cycles climatiques et ne peut donc en être la cause.

I-5) Deux réservoirs A & B: comparaison d'un débit fixe en sortie de A vers B et d'une sortie auto-adaptative de A vers B

Nous verrons au paragraphe VI ci-dessous comment on a, dans les années 1960, escamoté l'absorption par l'océan du dioxyde de carbone de façon à ne laisser pratiquement que deux réservoirs communiquant entre eux, l'atmosphère d'une part, la végétation et les sols de l'autre.
Même pour ce cas simple il y a une énorme différence entre une sortie fixe et une sortie auto-adaptative.
Soient $y_1(t)$ et $y_2(t)$ les contenus de ces réservoirs, avec $y_1(0) = y_2(0) =1000$ unités et entre eux des échanges de 100 unités/an; au temps t=0 on ajoute au flux entrant dans le réservoir atmosphérique (1) 10 unités/an de "carbone fossile".
La figure 4-a) montre les solutions de $y'_1(t) = y_2(t) /10 - y_1(t) / 10 +10$, $y'_2(t) = y_1(t) /10 - y_2(t) /10$: $y_1(t)$, la courbe bleue reste légèrement supérieure à la courbe noire $y_2(t)$ et environ 50% du volume du cumul du carbone fossile

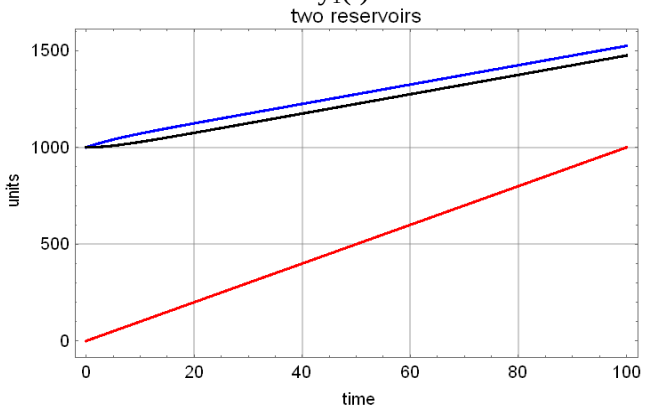
(courbe rouge) *"reste dans l'air"* car $y_1(100) = 1525$ unités, $y_2(100) = 1475$ unités. Ajouter un délai avec un dégazage en $y_2(t-10) / 10$ au lieu de $y_2(t)/10$ ne change presque rien: le carbone fossile se répartit également entre les deux réservoirs.

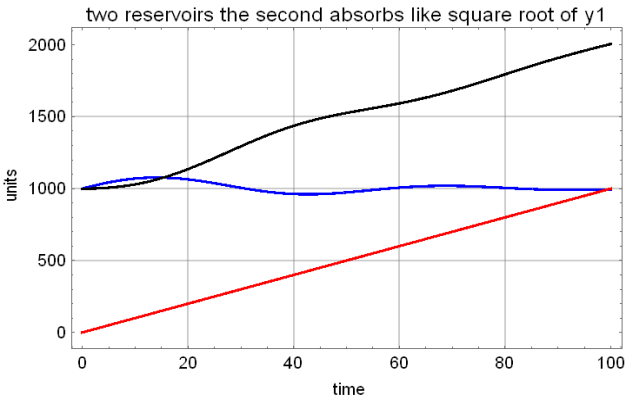
La figure 4-b montre les solutions des équations différentielles couplées avec une absorption par la végétation croissant comme la racine carrée du contenu de "l'atmosphère"

$$y'_1(t) = y_2(t-10)/10 - 100\,(y_1(t)/1000)^{0.5}\,(y_2(t)/1000) + 10,\quad y'_2(t) = 100\,(y_1(t)/1000)^{0.5}\,(y_2(t)/1000) - y_2(t-10)/10$$

Là c'est comme si tout le carbone des combustibles fossiles était passé dans le second réservoir "*végétation et sols*", quoique en réalité il fasse un tiers du contenu des chacun des deux réservoirs.

Figure 4 Deux réservoirs: courbe bleue $y_1(t)$ (atmosphère), courbe noire $y_2(t)$ (végétation), courbe rouge cumul des émissions "*anthropiques*" injectées dans le réservoir (1).
a) à gauche: les réservoirs échangent un dixième de leur contenu: b) à droite: le débit de y_1 (air) vers y_2 (végétation) croît comme la racine carrée de $y_1(t)$: tout l'accroissement est dans y_2 (courbe noire)





Un exposant de fertilisation moindre ne change guère le résultat. Tout l'accroissement du total circulant se retrouve en quantité dans le réservoir (2) "*végétation et sols*" avec des transitoires plus marquées si u diminue.

I-6) Oscillation saisonnière du contenu de l'air en CO_2

Chauncey Starr [44] et al. ont analysé l'amplitude de l'oscillation saisonnière de la quantité de dioxyde carbone dans l'air, tracée aux figures 5 en fonction des ppm tirés des séries mensuelles du Mauna Loa Observatory (MLO) et de La Jolla (CA) (LJO). Les meilleures approximations linéaires sont 5,55 + 0,0061 (x-320) (MLO), 8,58+ 0,057 (x-328) (LJO) et, à l'observatoire du pôle sud (SPO) (non représenté), 1,52 + 0,011 (x - 320).

L'oscillation saisonnière a crû de 8,7 % au MLO, mais de 27% à LJO pour une augmentation de 25% du dioxyde de carbone dans l'air, ce qui pointe vers l'effet fertilisant du dioxyde de carbone sur la végétation.

Représentons simplement le dégazage diminué de la partie variable de l'absorption par $c + d\,\mathrm{Cos}(2\,\pi(t-0.1))$;
$y(t)$ est solution de

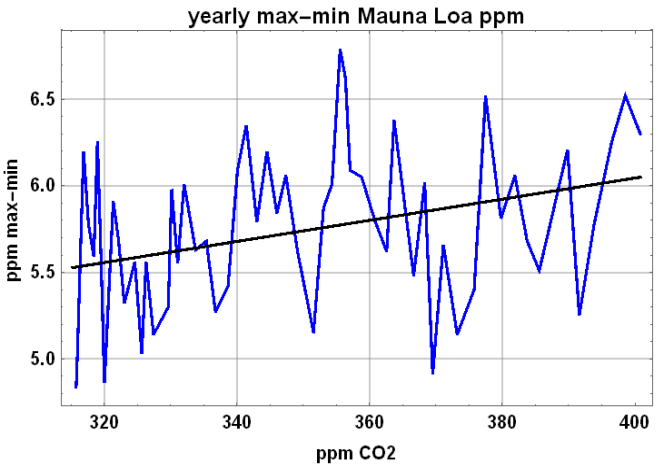
$$dy(t)/dt + y(t)/a = c + d\,\mathrm{Cos}(2\,\pi(t-0.1)),\ y(0) = y0$$

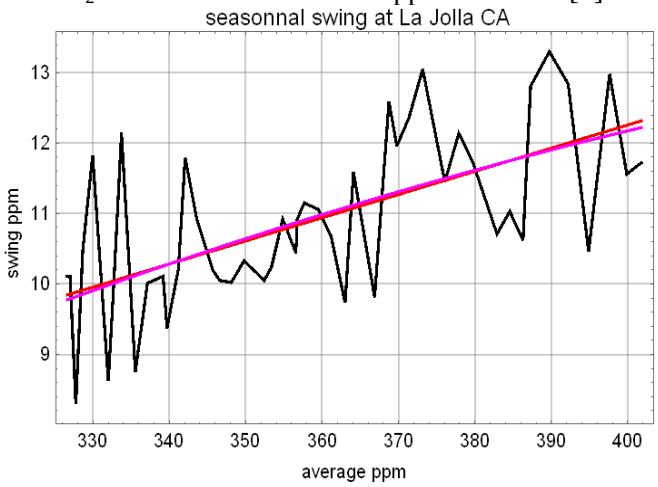
soit

$$e^{-\frac{t}{a}}\ y0 + a\ \ c\left(1 - e^{-\frac{t}{a}}\right) + a\ \ d\ \frac{(\mathrm{Cos}[2\pi(t-0.1)] + 2\,a\,\pi\,\mathrm{Sin}[2\pi(t-0.1)] - e^{-\frac{t}{a}})}{1 + 4a^2\pi^2}$$

L'oscillation de "dégazé moins absorbé" d'amplitude crête-crête (2 d) module y(t) en 0,15 (2 d) crête-crête, proche de $(2d)\ (2\,a^2\,\pi / (1+ 4\,\pi^2\,a^2))$.

Figure 5 Amplitude crête-crête de l'oscillation saisonnière de la concentration de CO_2 à Mauna Loa Observatory (MLO) et à La Jolla (LJO) en fonction de la moyenne annuelle du CO_2 de l'air. Séries de la Scripps Institution [8]





Les valeurs observées suggèrent des valeurs crête-crête (2 d) de 30 Gt-C (SPO), 85 Gt-C (MLO), 120 Gt-C (LJO 1969), 165 Gt-C (LJO 2007), reflets de l'environnement des observatoires (calotte de glace, océan, terre et océan) et de la fertilisation par plus de CO_2.

II) Absorption du CO_2 par les océans à surface froide, par les plantes et dégazage

II-1) flux de CO_2 entre l'atmosphère et les océans: Ils sont souvent exprimés ([49], [50], [51]) par

$k \times K_0 \times (pCO2eau - pCO2air)$ avec $k = 0.251(Sc/660)^{-0.5} < U^2 >$, où

$Sc = 2073.1 - 125.62\,SST + 3.6276\,SST^2 - 0.043219\,SST^3$, $< U^2 >$ est le moment du second ordre de la vitesse du vent et SST la température de surface de la mer (°C); $(Sc/660)^{-0.5}$ croît de 0.54 à 1.37 quand SST passe de -1.5°C to 32°C.

Tableau 2 Pression partielle du CO2 dans l'eau de mer selon http://biocycle.atmos.colostate.edu/shiny/carbonate/
Salinité 34,78 per mil, Alcalinité 2311µ eq/kg, (Dissolved Inorganic Carbon) 2000 µmol/kg & 2100 µmole/kg

DIC µmole/kg	2000	2100	2000	2100	2000	2100	2000	2100	2000	2100
Température °C	0°C	0°C	5°C	5°C	15°C	15°C	20°C	20°C	30°C	30°C
p_{CO2eau} µatm	129	217	162	272	251	419	310	515	464	763
CO_2 aq µmol/kg	8,1	13,7	8,4	14,1	9,4	15,7	10	16,6	11,6	19,2
HCO_3 µmol/kg	1789	1938	1781	1937	1775	1931	1772	1928	1967	1921
CO_3 µmol/kg	211	148	212	149	217	154	219	156	222	160
pH	8,46	8,27	8,38	8,19	8,22	8,03	8,14	7,96	7,99	7,81

La loi de Henry publiée en 1803 décrit la solubilité des gaz dans l'eau: elle décroît avec la température T(K) en exp(A / T). Comme l'équilibre ionique dans l'eau de mer est un peu plus compliqué que dans l'eau pure, nous n'emploierons pas ce nom pour p_{CO2eau}(µatm) en fonction de la température de surface de la mer et du DIC (Dissolved Inorganic Carbon).

p_{CO2eau}(µatm) va (tableau 2) de 120 ppm (DIC = 2000 µmole/kg & -1.5°C) à 763 ppm (DIC = 2100 µmole/kg & 30°C) alors que p_{CO2air} est une fraction de la pression de l'air sec en surface qui varie peu avec la position sur le globe.

La figure 6 montre des zones de dégazage (moyennes et hautes latitudes) bien séparées des zones d'absorption et suggère quelques effets biologiques du zooplancton.

Figure 6 (a) p_{CO2air} and (b) $p_{CO2water}$ figure 3.1 tirée d'une publication officielle de l'UE [1]

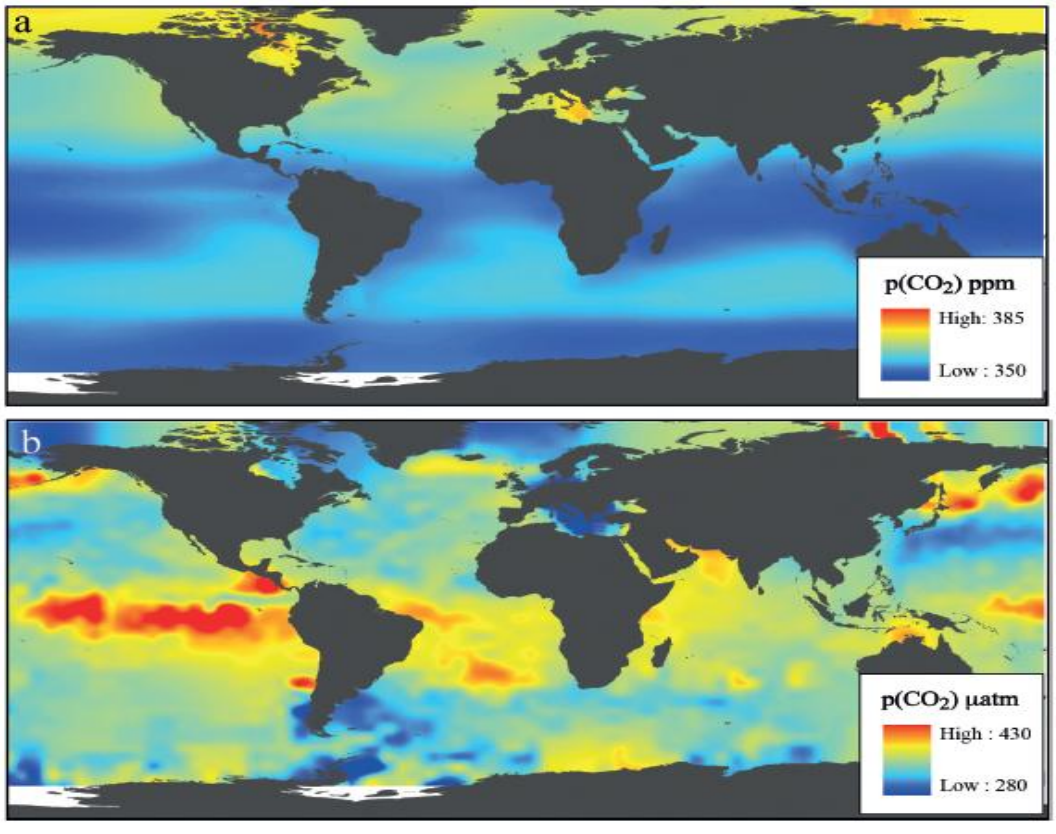


Figure 3.1 Carbon dioxide concentrations over the ocean. A. Atmospheric p(CO_2) levels (ppm). B. Surface p(CO_2) (µatm). Note the change in scale among plots. Data from Takahashi *et al.* (2009).

Le renouvellement du carbone de "l'océan de surface" (profond d'environ 100 m et contenant 900 Gt-C), carbone qui passe dans l'océan plus profond et en revient a été récemment réévalué par M. Levy et al. [24]: "***We find that climatological physical fluxes of dissolved inorganic carbon (DIC) are two orders of magnitude larger than the other carbon fluxes and vary over the globe at smaller spatial scale. At temperate latitudes, the subduction of DIC and to a much lesser extent (<10%) the sinking of particles maintain CO_2 undersaturation, whereas DIC is obducted back to the surface in the tropical band (75%) and Southern Ocean (25%).***
At the global scale, these two large counter-balancing fluxes of DIC amount to +275.5 Gt-C /yr for the supply by obduction and –264.5 Gt-C/ yr for the removal by subduction which is 3 to 5 times larger than previous estimates."

Donc le carbone absorbé et venant de l'air s'enfonce promptement dans l'océan: sa durée de vie en surface n'est que 450 Gt-C/ 265 Gt-C = 1,7 ans.
La durée de vie dans l'océan plus profond serait en moyenne de 38 000 Gt-C/ 270 Gt-C = 140 ans mais il y a de multiples processus avec des échelles de temps différentes, des décennies pour le transport sur les couche isopycnes d'égale densité qui affleurent en surface aux latitudes tempérées (55°N ou S) et se retrouvent à 500 m de profondeur dans les zones intertropicales des upwellings [9], et plus pour la bien plus lente circulation profonde (dite "thermohaline"). Une partie du carbone qui remonte peut , dans les gyres de surface, faire 3500 km en 500 jours [10]. Cette circulation par subduction et remontée (ou obduction) fait qu'il n'y a pas d'équilibre statique entre le dioxyde de carbone d'un " océan de surface" et l'atmosphère, mais comme le suggèrent la figure 6 et le tableau 2, un processus dynamique piloté par les températures selon un cycle continu d'absorption, de subduction, de transport, de remontée et de dégazage.

II-2) L'absorption du dioxyde de carbone par la végétation
Elle a crû avec la teneur de l'air en CO_2 comme montré par la figure 5 et rapporté par de nombreux observateurs :
- Idso [19] dont la base de données rapporte des centaines d'essais en serre ou en air libre avec plus de CO_2 dans l'air,

- Nemani et al. [31]qui a, sur 1982-1999, observé+6% sur la productivité primaire nette de la végétation terrestre alors que le CO_2 à l'observatoire du Mauna Loa croissait de 7,8% , avec une "*significant growth stimulation in both the tropics and the northern high-latitude ecosystems",*

- Pretzsch et al. [33]: *"Based on the oldest existing experimental forest plots in Central Europe, we show that, currently, the dominant tree species Norway spruce and European beech exhibit significantly faster tree growth (+32 to 77%), stand volume growth (+10 to 30%) and standing stock accumulation (+6 to 7%) than in 1960*" alors que le CO_2 passait de 320 ppm dans les années 1960 à 390 ppm en 2010,

- Zhu et al. [52]: *"we use three long-term satellite leaf area index (LAI) records and ten global ecosystem models to investigate four key drivers of LAI trends during 1982–2009. We show a persistent and widespread increase of growing season integrated LAI (greening) over 25% to 50% of the global vegetated area, whereas less than 4% of the globe shows decreasing LAI (browning). Factorial simulations with multiple global ecosystem models suggest that CO_2 fertilization effects explain 70% of the observed greening trend, followed by nitrogen deposition (9%), climate change (8%) and land cover change (LCC) (4%). CO_2 fertilization effects explain most of the greening trends in the tropics,"* alors que le CO_2 passait de 340 ppm en 1982 à 387 ppm en 2009,

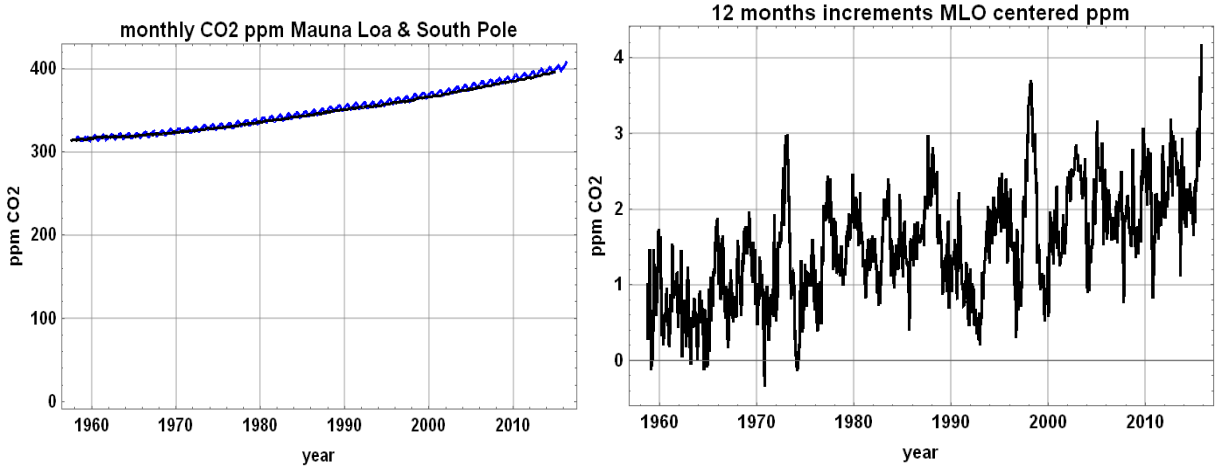
- de nombreux article de Myneni [29] sur le verdissement de la Terre observé par satellite,

- Donohue et al. [12]: *"Using gas exchange theory, we predict that the 14% increase in atmospheric CO_2 (1982–2010) ... Satellite observations ... in green foliage cover in warm, arid environments ... analyzed to remove the effect of variations in precipitation, show that cover across these environments has increased by 11%."*

- Graven, Keeling et al. [17] qui comparent des mesures faites en avion dans les années 2010 et 1960: *"An increase in* [seasonal] *amplitude at least as large as that detected at Barrow is found over a wide range of pressures and at all latitudes north of 45°N. The change in seasonal CO_2 amplitude north of 45°N is about +5 parts per million (ppm) at all pressures, representing a **57** ± 7% increase at 500 mb since 1958 to 1961 (~0.9 ± 0.1% year^{-1} over 50 years)* [c'est ce que montre la figure 5 à droite (LJO)]. *The seasonal CO_2 amplitude increase is smaller between 35° and 45°N at 500 mb, 26 ± 18%, whereas there is no distinguishable amplitude change south of 35°N".*

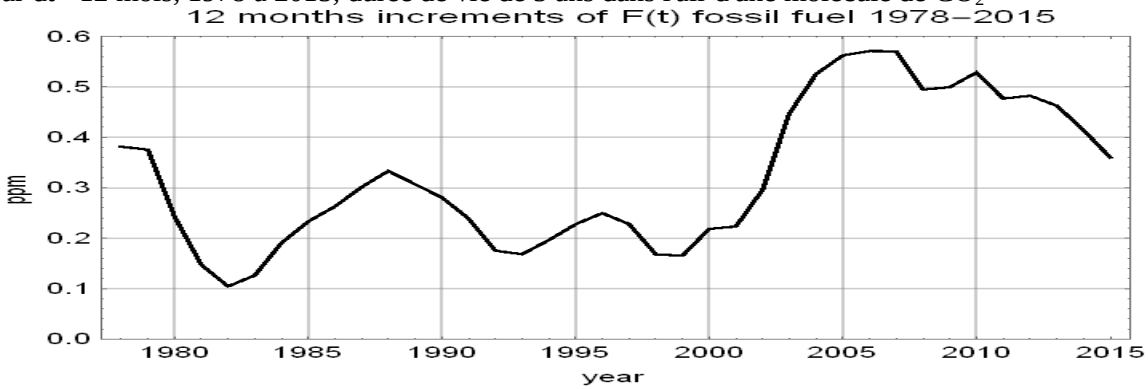
II-3) Incréments sur douze mois du dioxyde de carbone de l'air
La considération des incréments entre la moyenne mensuelle du CO_2 de l'air d'un mois et celle du même mois de l'année précédente évite de d'avoir à faire des hypothèses sur la forme exacte de l'oscillation saisonnière qui dépend de la position géographique du point d'observation. Les séries temporelles MLO et SPO sont tracées à la figure 7-a, les incréments sur 12 mois au MLO à la figure 7-b.

Figure 7 (a) ppm de dioxyde de carbone dans l'air à l'observatoire du Pôle Sud (SPO) et à l'observatoire du Mauna Loa (MLO) (b) incréments sur 12 mois au MLO centrés sur le 6ème mois.
Données de la NOAA et de la Scripps institution of Oceanography [39]



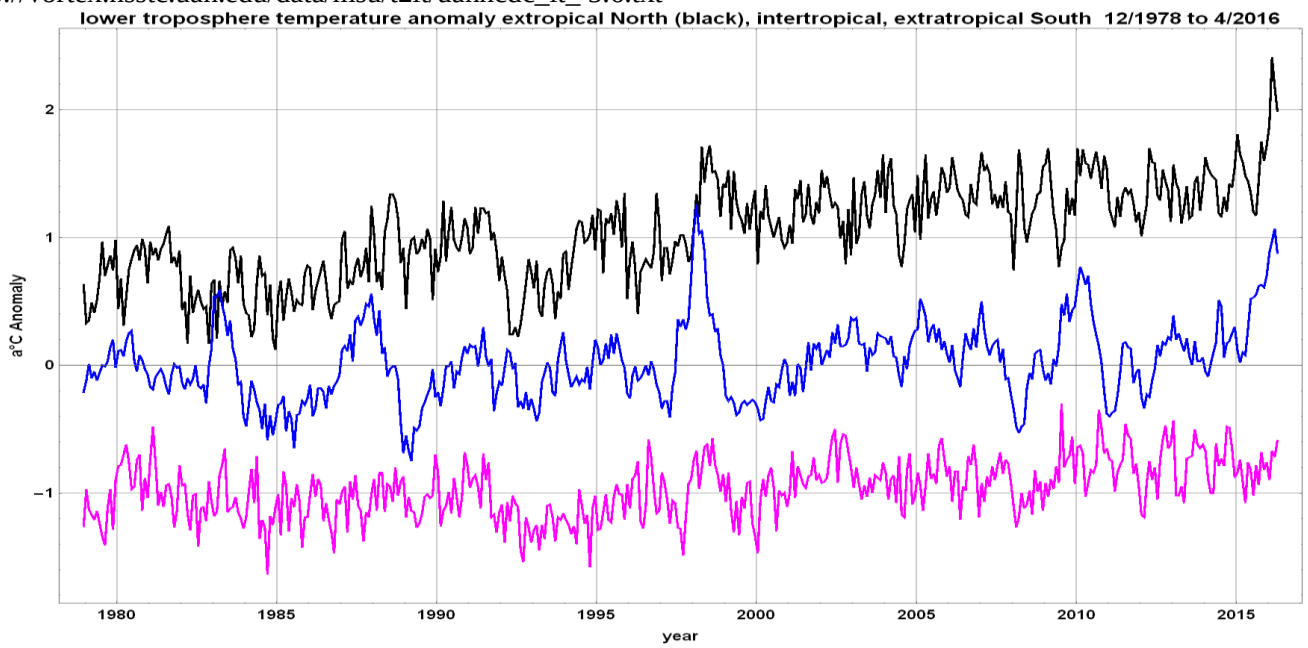
Supposons une durée de vie de 5 ans des molécules de CO_2 dans l'atmosphère: le "*carbone venant de combustibles fossiles et resté dans l'air*" F(t) se calcule avec la série temporelle ff(t) des consommations de combustibles fossiles ([6], [8]); ses incréments sur 12 mois sont tracés à la figure 8. La croissance de l'usage du gaz naturel dans les années 1980 et 1990, le presque doublement de la production de charbon de 2002 à 2010 et les récessions économiques (2008 par exemple) sont bien visibles.

Figure 8 Incréments en ppm/ (12 mois) du contenu de l'air en dioxyde carbone venant de combustibles fossiles soit dF(t)/dt pour dt =12 mois, 1978 à 2015, durée de vie de 5 ans dans l'air d'une molécule de CO_2



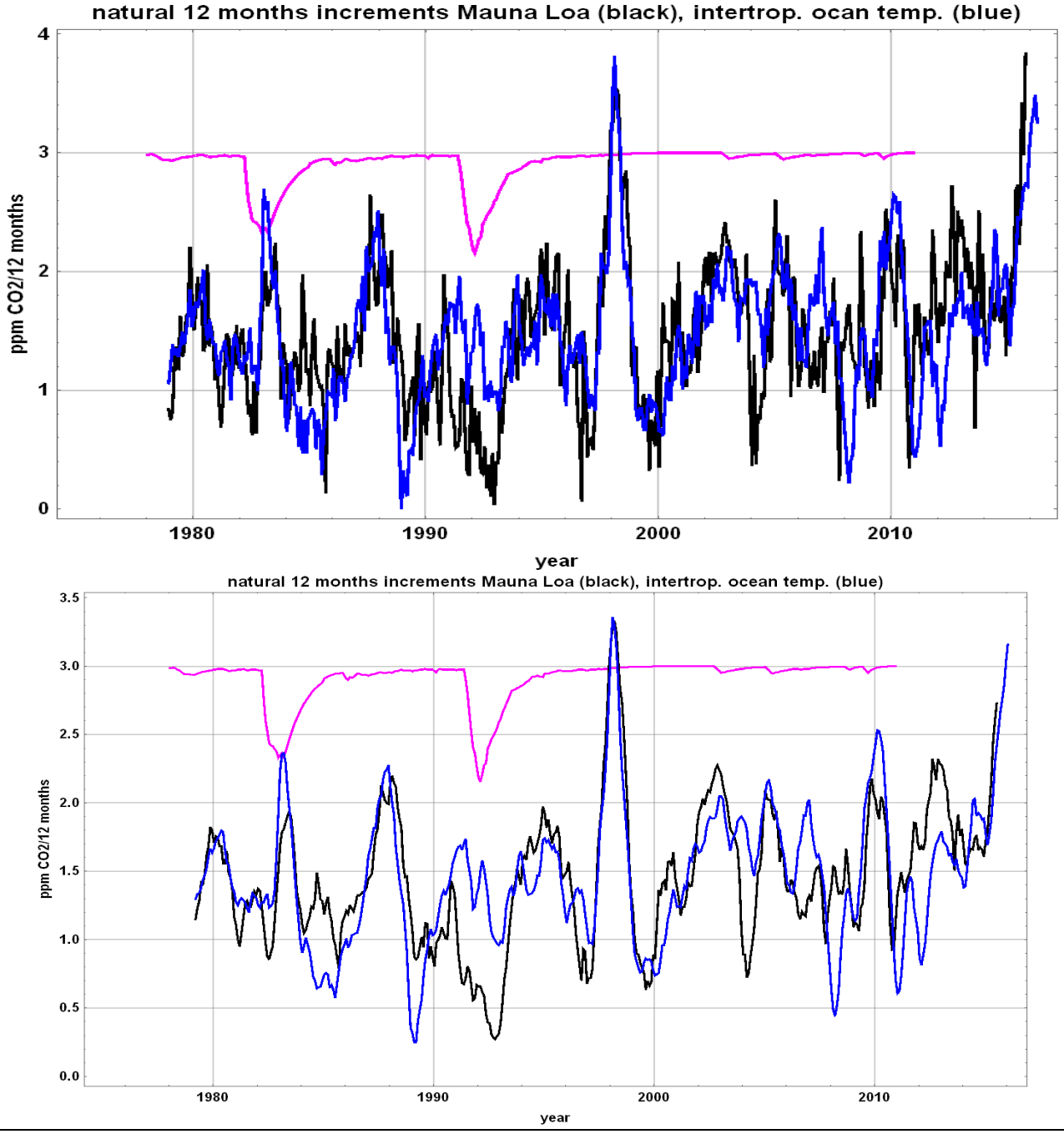
L'anomalie AT(t) des températures de la basse troposphère série UAH-MSU est tracée figure 9; AT(t) est la différence des températures mensuelles observées à la moyenne du même mois sur 1980-2010.

Figure 9 Températures de la basse troposphère série UAH-MSU [9] Hémisphère Nord extratropical (en noir) (décalé de +1°C), Intertropical (bleu), Hémisphère sud extratropical (magenta) (décalé de -1°C)
http://vortex.nsstc.uah.edu/data/msu/t2lt/uahncdc_lt_ 5.6.txt



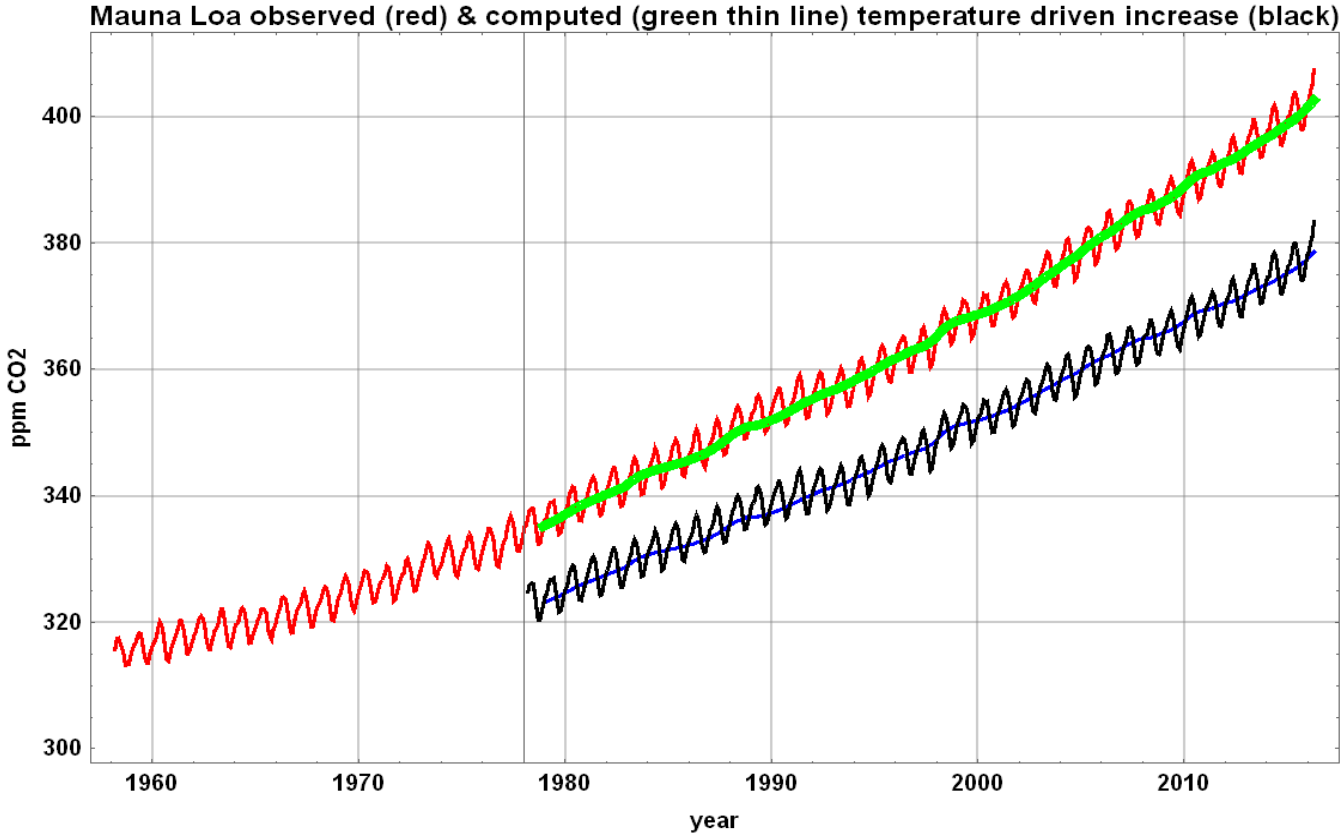
Soustraire le dF(t) /dt de la figure 8 des incréments d(N(t)+ F(t))/dt au MLO de la figure 7-b en centrant sur le 6ème mois donne la série dN(t)/dt des incréments "naturels" centrés pour dt =12 mois tracée en noir à la figure 10. Elle est en parfait synchronisme avec les oscillations de la température intertropicale (figure 9, courbe bleue au milieu) et avec son homothétique (a AT(t) + b) tracée figure 10, où AT(t) est l'anomalie de la température de la basse troposphère intertropicale.
Des cendres volcaniques (courbe magenta de la figure 10) perdurent quelques semestres dans la stratosphère des hautes latitudes; des températures de surface des océans moindres aux latitudes tempérées et hautes augmentent l'absorption (tableau 1) et diminuent les incréments dN(t)/dt. Quelques discordances depuis 2000 sont à rapporter à une moindre absorption aux hautes latitudes et/ou à un dégazage terrestre accru comme on le verra à la figure 15.

Figure 10 Incréments dN(t)/dt sur dt= 12 mois du CO_2 dégazé naturellement et resté dans l'air comparé à une fonction a AT(t) + b des anomalies des températures au dessus des océans de la basse troposphère intertropicale
* courbe noire: incréments naturels dN(t)/dt sur dt= 12 mois série MLO, centrés au milieu des 12 mois
* courbe magenta: indice de Sato des cendres volcaniques inversé et décalé (Hémisphère nord)
* courbe bleue: 1,8 (AT(t) + 0,8) où AT(t) est l'anomalie des températures (série UAH MSU [9])
courbes sans lissage (en haut) et courbes lissées sur 7 mois avec la pondération {1, 1, 2, 4, 2, 1, 1} (en bas)



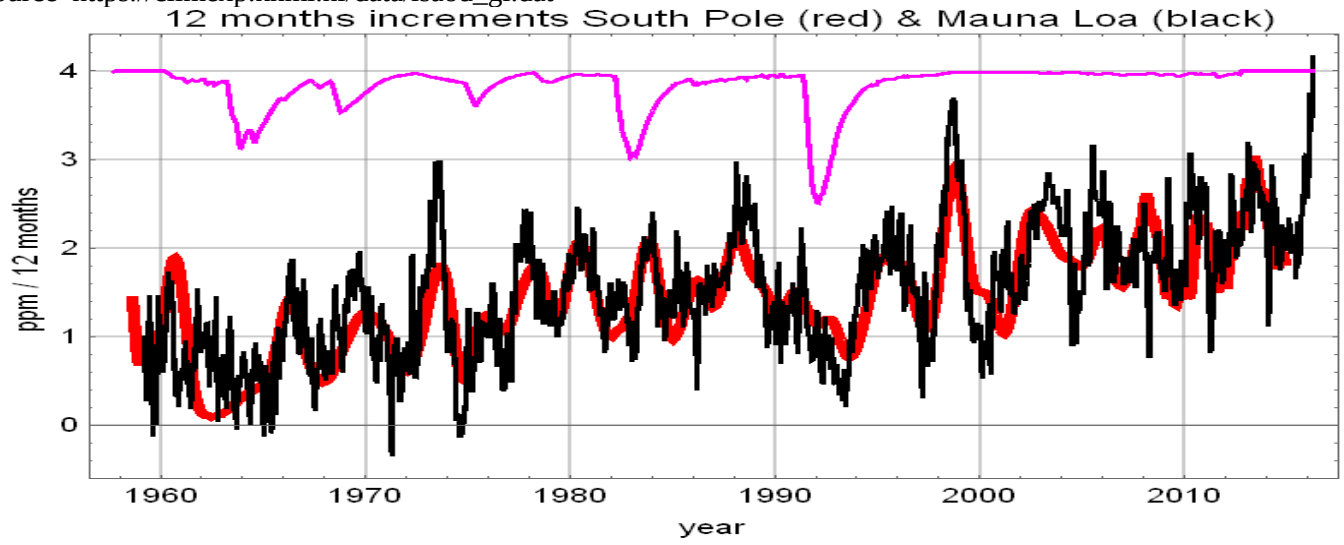
Intégrer sur le temps amène une bonne approximation des observations des derniers 38 ans comme montré à la figure 11 (courbe verte), malgré l'emploi de deux paramètres seulement {a, b} dans la transformation linéaire a AT(t) + b.

Figure 11 Série des teneurs moyennes mensuelles du CO_2 (ppm) observée au Mauna Loa en rouge , sa partie naturelle en noir, N(t) calculé par 323 ppm+ intégrale sur le temps de AT(t) + b (courbe bleue mince), et total calculé N(t)+ F(t) (courbe verte)



Les incréments au MLO au SPO (figure 12) sont synchrones, ce qui pointe vers une source naturelle commune entre 19°N et 35°S.

Figure 12 Incréments sur 12 mois de CO_2 dans l'air: Mauna Loa Observatory (1958,21 à 2016,29) (en noir) et South Pole Observatory (1957,63 à 2014,96) (ligne rouge) centrés sur le 6ème mois (non lissé)
Indice de Sato de l'épaisseur optique des aérosols stratosphériques (magenta)
Source https://climexp.knmi.nl/data/isaod_gl.dat

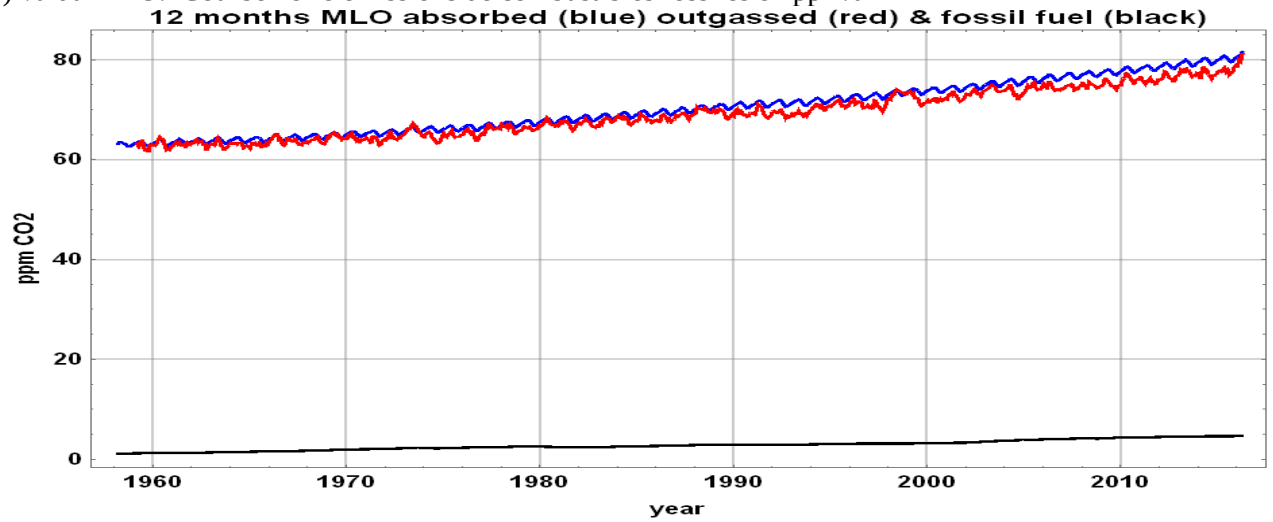


Des équations du type d(N(t) + F(t)) /dt = a AT(t) + b ont été trouvées à partir d'observations par Jeffrey Park (2009) [32], par Murry Salby [37] qui a considéré et les températures et les précipitations tirées de ré-analyses des situations météorologiques et par Beenstock, Reingewertz et Paldor (2009, 2012) [2]; tous emploient des séries AT[t] différentes et "globales". Mais ils n'ont pas soustrait F(t) des séries MLO ou autres avant de corréler dN(t)/dt et AT(t).

L'intégration sur le temps de a AT(t) + b avec pour AT(t) la série HadCRUT-4 depuis 1850 et a = 2.21 ppm/°C redonne correctement [3] la série Law Dome 1832-1978 des teneurs en CO_2 tirées des glaces antarctiques, série publiée avec un lissage par spline sur 20 ans [13]; noter que les données brutes des carottes de glace sont déjà très

fortement lissées sur le temps par le très long mécanisme de fermeture des pores entre les cristaux de glace dans le névé.
Des incréments allant jusqu'à 4 ppm/(12 mois) ont été vus au MLO de novembre 2015 à mars 2016, sans doute dus au "blob" de très hautes températures de surface des moyennes latitudes de l'océan Pacifique oriental alors observé, eau très chaude peut-être reste du El Niño avorté de 2014-2015.
Pour une durée de vie de 5 ans du CO_2 dans l'air, l'absorption naturelle, d'environ 63 ppm/an en 1958 et 80 ppm/an en 2015, est tracée à la figure 13 (courbe bleue), ainsi que le dégazage naturel (courbe rouge) et les émissions venant de combustibles fossiles (courbe noire).

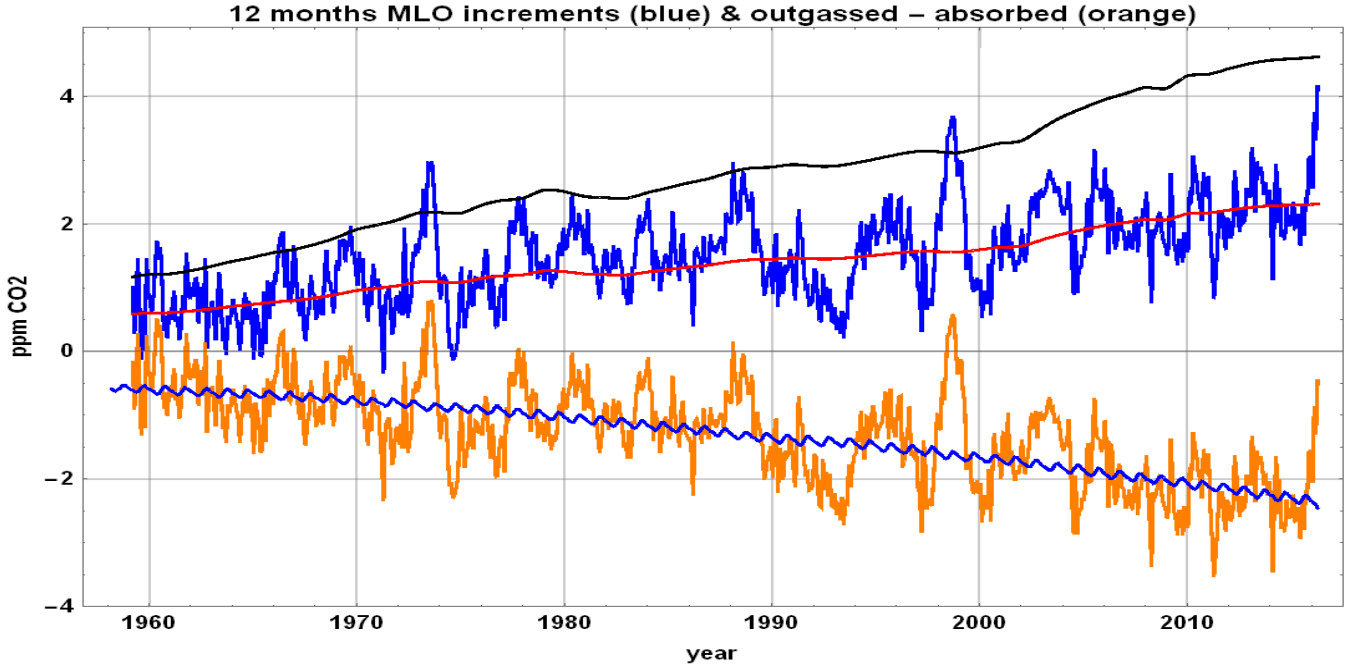
Figure 13 Courbe bleue: absorption sur 12 mois tirée de la série MLO Courbe rouge: dégazage naturel sur 12 mois (ppm) vu du MLO. Courbe noire émissions de combustibles fossiles en ppm/an



La figure 14 a été interprétée avec deux "*explications*" fort différentes des incréments sur 12 mois observés au MLO (figure 7-b):
- le flux naturel *"dégazage moins absorption"* (courbe orange), différence des courbes rouge et bleue de la figure 13,
- une "*airborne fraction*" de 50% des émissions de combustibles fossiles (courbe rouge figure 14) qui "*reste dans l'air*" pour toujours (voir § V et § VI); cette assertion est incompatible et avec la durée de vie de 4 à 5 ans du dioxyde de carbone dans l'atmosphère et avec les observations du delta^{13}C.

"Dégazage moins absorption" (courbe orange, figure 14) a été positif pendant quelques mois à El Niño avec peut-être de forts dégazages des forêts équatoriales (voir § III sur le delta^{13}C).
Une régression linéaire (courbe bleue en bas) sur la pression partielle du dioxyde de carbone $y_{MLO}(t)$ au MLO est -0.0204 ($y_{MLO}(t)_{ppm}$ -287 ppm) : plus forte la pression partielle dans l'air $y_{MLO}(t)$, plus grande l'absorption et la différence nette "*absorption moins dégazage* ".

Figure 14 Courbe noire: émissions venant de combustibles fossiles f(t) en ppm/an; courbe bleue: incréments sur 12 mois au MLO; courbe rouge: f(t)/2 ; courbe orange: *"dégazage moins absorption* " en ppm/(12 mois); courbe bleue du bas: approximation de *dégazage moins absorption* = -0.0204 (ppm_{MLO} - 287)



Le cumul de *absorption moins dégazage* depuis 1958,21 est -74 ppm, égal à
+86,6 ppm (somme des incréments au MLO) -160,6 ppm (cumul des émissions venant de combustibles fossiles).
L'attribution de "*dégazé moins absorbé* " aux océans et à la terre ferme a été discutée à partir des mesures des rapports O_2/N_2: voir [21] and [30].
La figure 6-12 de IPCC AR5 WG1 représente la croissance du CO_2 en fonction de la latitude; la figure 15 montre que cette carte temps-latitude reproduit assez exactement la carte des anomalies des températures de la basse troposphère sur la vignette en dessous. Les El Niño amènent de forts dégazages intertropicaux alors qu'aux hautes latitudes on a tantôt une plus forte absorption (après l'éruption du Pinatubo) et tantôt une moindre absorption (2003, 2006, 2008, 2010).

Figure 15 Localisation des variations des flux $f_{dégazé}$ (t) + $ff_{combustibles\ fossiles}$(t) - $f_{absorbé}$(t) (figure 6-12 de IPCC AR5 [26] page 494) et anomalies des températures de la basse troposphère en fonction de la latitude et du temps figure de Remote Sensing Systems tirée des MSU (Microwave Sensor Units) de divers satellites [36]

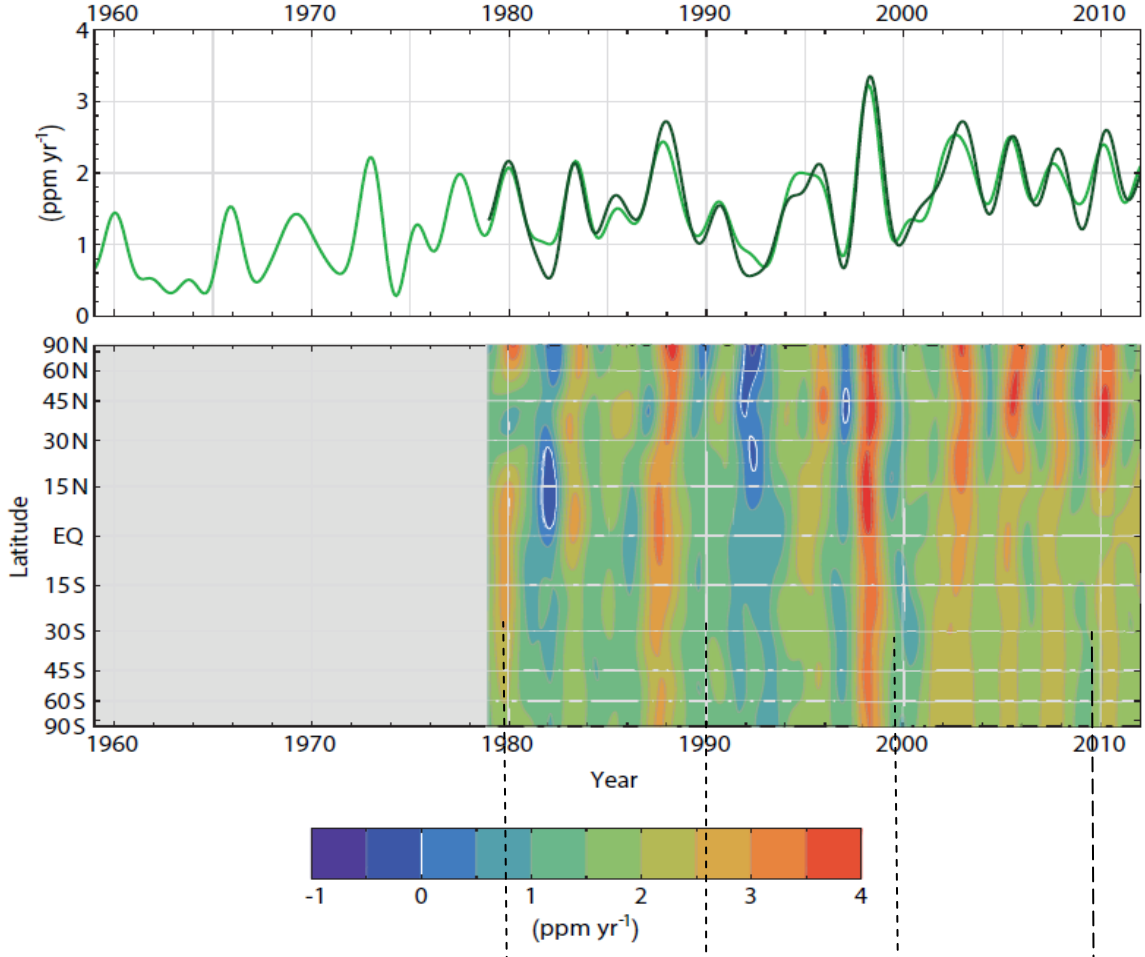
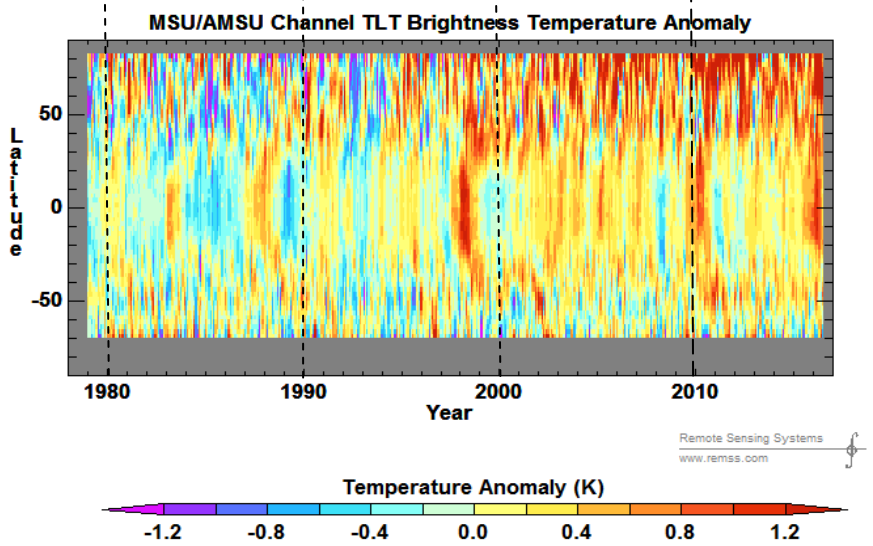


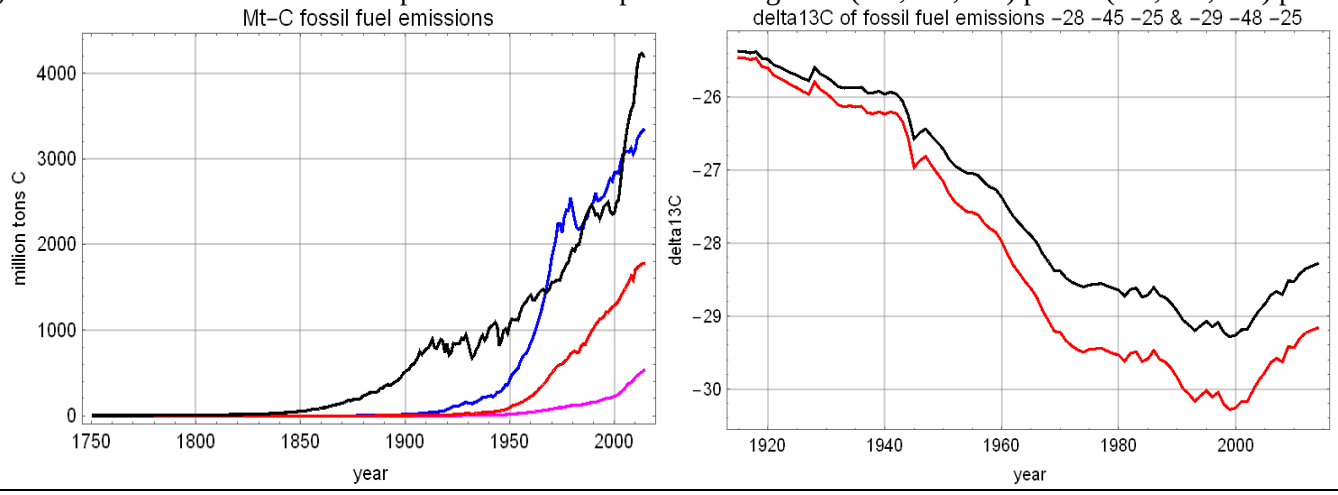
Figure 6.12 | (Top) Global average atmospheric CO_2 growth rate, computed from the observations of the Scripps Institution of Oceanography (SIO) network (light green line: Keeling et al. 2005, updated) and from the marine boundary layer air reference measurements of the National Oceanic and Atmospheric Administration–Global Monitoring Division (NOAA–GMD) network (dark green line: Conway et al., 1994; Dlugokencky and Tans, 2013b). (Bottom) Atmospheric growth rate of CO_2 as a function of latitude determined from the National Oceanic and Atmospheric Administration–Earth System Research Laboratory (NOAA–ESRL) network, representative of stations located in the marine boundary layer at each given latitude (Masarie and Tans, 1995; Dlugokencky and Tans, 2013b). Sufficient observations are available only since 1979.



III) Rapports isotopiques $^{13}C/^{12}C$ exprimés en delta^{13}C

Les données brutes disponibles sont les quatre séries temporelles :
(1) émissions venant de combustibles fossiles (figure 16-a) et (2) leur delta$^{13}C(t)$ (figure 16-b) en per mil (pm) [6, 8]
(3) CO_2 dans l'air $y_{total}(t)$ (figure 7-a) et (4) son delta$^{13}C_{total}(t)$ (figure 17) en per mil (pm) [39].

Figure 16 (a) Emploi des combustibles fossiles (charbon: noir; pétrole: bleu; gaz naturel: rouge) en Mt-C/an
(b) delta^{13}C de leurs émissions avec pour le charbon le pétrole et le gaz ou (-25, -28, -45) pm ou (-25, -29, -48) pm

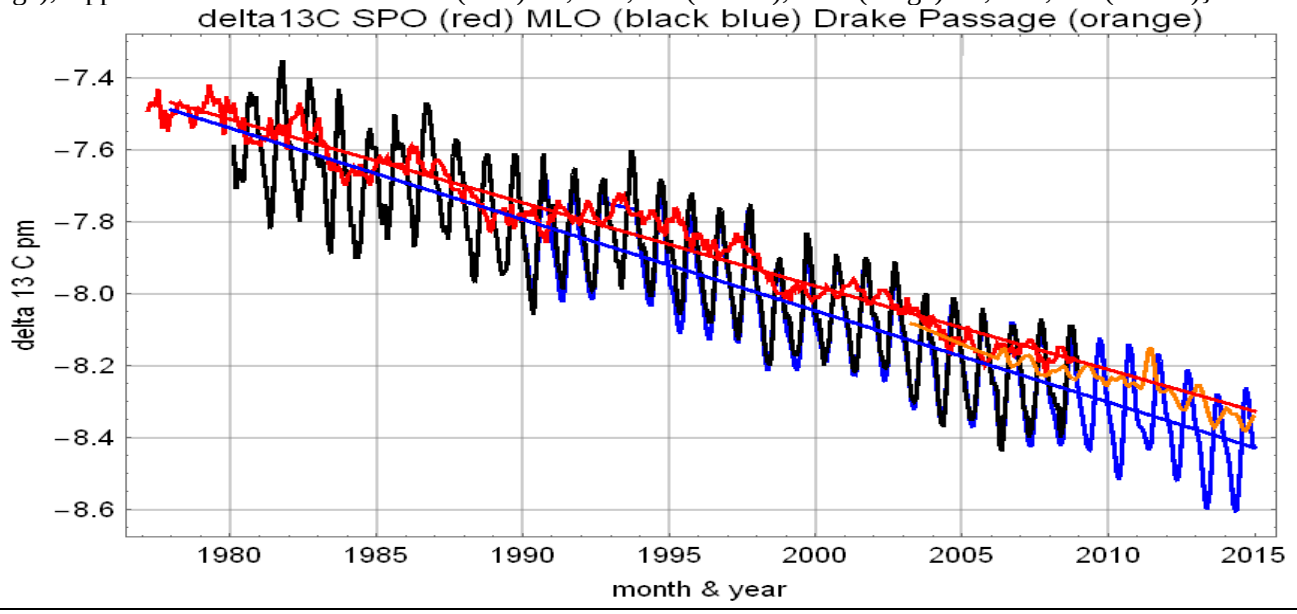


Convertir la série temporelle des émissions en une série F(t) du carbone "anthropique" resté dans l'air demande une durée de vie: prenons cinq ans. F(2015) vaut 6% du total $y_{total}(2015)$ et

6% (-29 pm) +94% (-7,1 pm) = (-8,4 pm).

En 1980 au MLO, F(t) était 3,8% = 13 ppm / 339 ppm et 3,8% (-29 pm) + 96.2% (-6,72 pm) = (-7,57 pm).
Ces chiffres correspondent aux observations tracées à la figure 17.
Le décalage de la caractéristique isotopique de N(t) de -6,72 pm en 1980 à -7,1 pm en 2015 est une conséquence de la dilution des anciennes émissions "anthropiques" absorbées il y longtemps et qui reviennent à l'air par dégazage naturel des décennies après leur absorption par les plantes après pourriture de la matière organique, ou par les océans après transit des zones d'absorption des latitudes tempérées aux zones intertropicales de upwelling et de dégazage.

Figure 17 Valeurs mensuelles du delta^{13}C au Pôle sud (rouge), au Mauna Loa (noir et bleu), et au passage de Drake (orange); approximations linéaires MLO (bleu): -7,54-0,025 (t-1980), SPO (rouge): -7,51-0,023 (t-1980)}



Les figures 18 et 19 montrent que les incréments sur 12 mois du delta^{13}C au SPO et au MLO, centrés au milieu des 12 mois, sont proches de l'anomalie inversée et décalée des températures intertropicales -0,2 - 0,12 AT(t), aux perturbations près dues aux éruptions du Pinatubo et d'autres volcans (courbes magenta des figures 10 & 12).

Voir l'article de R. Spencer [43] pour des tracés de ^{13}C versus ^{12}C et sa conclusion:
"If the C13/C12 relationship during NATURAL inter-annual variability is the same as that found for the trends, how can people claim that the trend signal is MANMADE? "

Figure 18 Incréments sur 12 mois, centrés, du delta^{13}C à l'observatoire du Pôle sud (en bleu en haut), anomalies des températures de la basse troposphère (UAH MSU) inversées et décalées (en rouge en bas).
Les segments orange marquent les mois avec une anomalie de température de plus de 1 °C sur la zone Nino3-4.

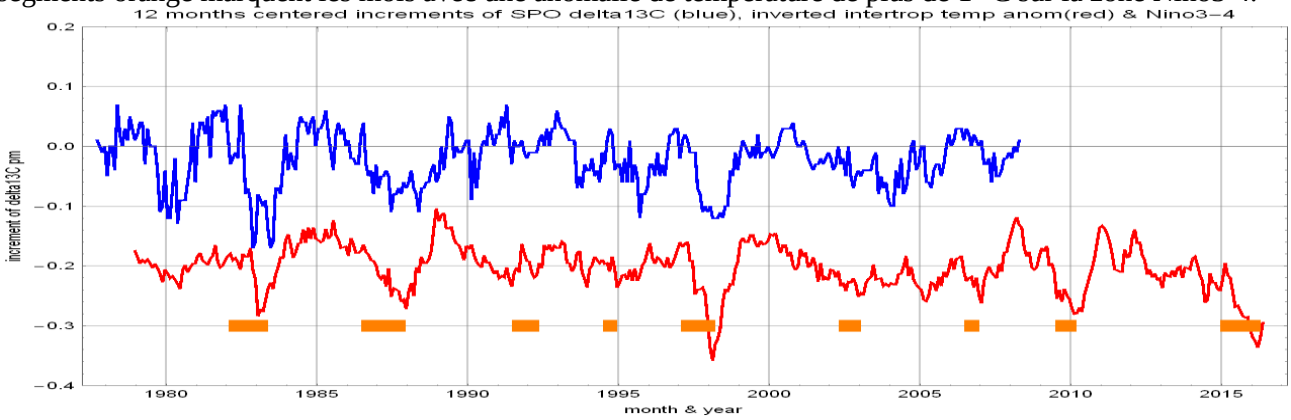
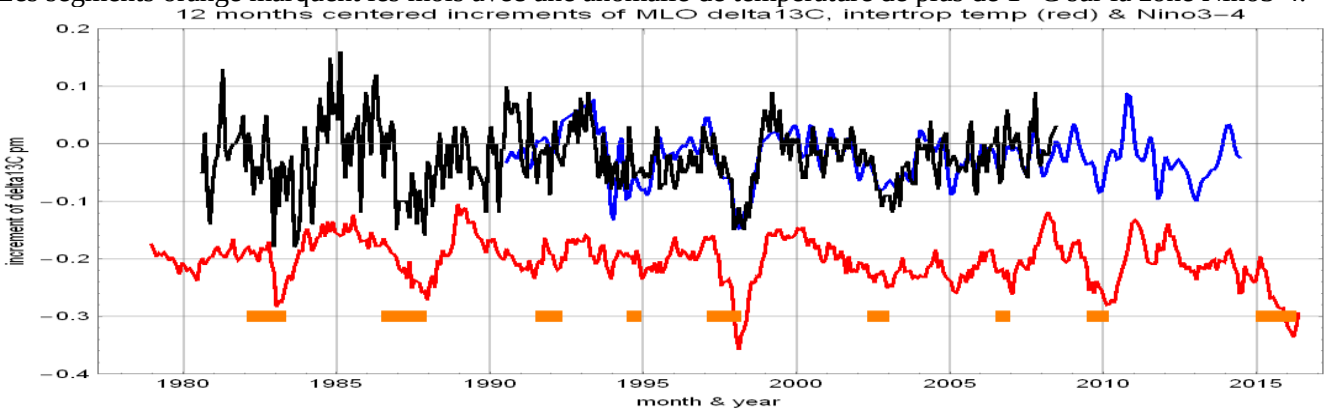
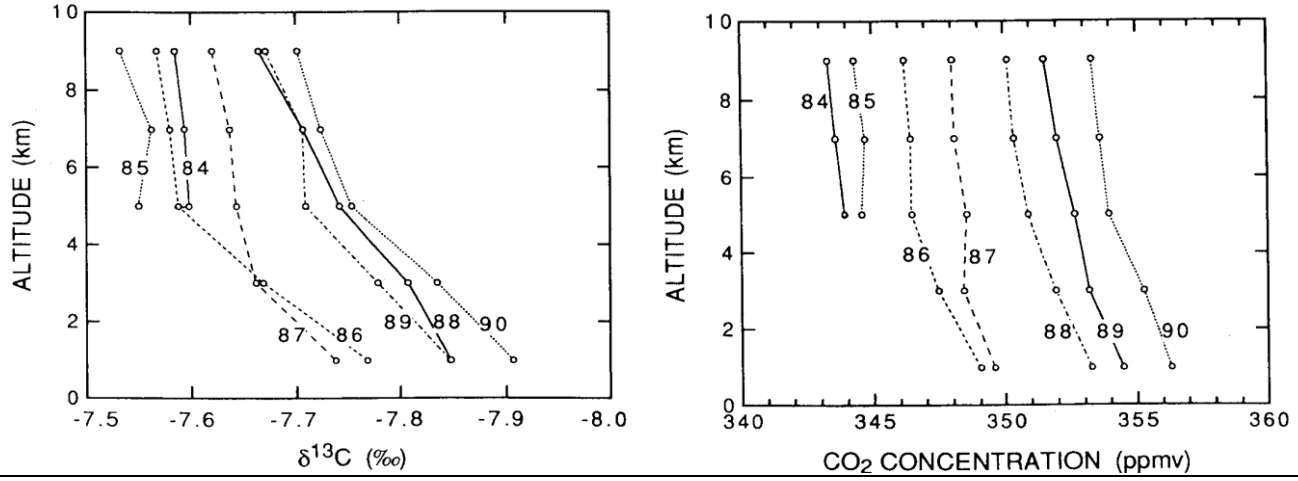


Figure 19 Incréments sur 12 mois, centrés, du delta^{13}C à l'observatoire du Mauna Loa (courbes noire et bleue), anomalies des températures de la basse troposphère (UAH MSU) inversées et décalées (en rouge).
Les segments orange marquent les mois avec une anomalie de température de plus de 1 °C sur la zone Nino3-4.



Une décroissance rapide du delta^{13}C de -0.1 pm, peut-être due au dégazage venant de matière organique vers -25 pm pendant des épisodes de sécheresse des forêts équatoriales lors d'un El Niño est suivie de phases à delta^{13}C stable voire légèrement croissant : plus de ^{13}C ou moins de ^{12}C ? La croissance continue de l'absorption par la végétation (effet fertilisant du CO_2 de l'air) vue au § II-2 et à la figure 5 pourrait l'expliquer.
Tom Quirk [34] donne une analyse détaillée sur 1977-2003. Nakazawa et al. [30] emploient des mesures en avion (figure 20) pour distinguer les dégazages terrestres des dégazages océaniques.

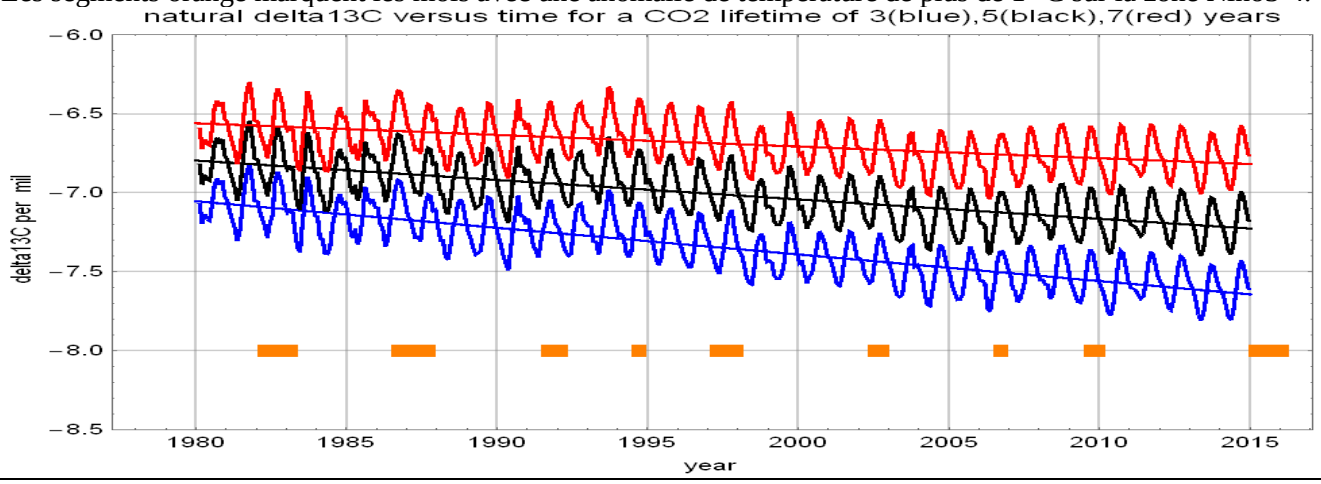
Figure 20: figures 11 and 10 de T. Nakazawa et al. [30] (Tellus, 1993): mesures aériennes du CO_2 et du delta^{13}C près du Japon 1984-1990. Noter la croissance du delta^{13}C en 1985 par rapport à 1984 et en 1987 par rapport à 1986.



La dilution du carbone "fossile" absorbé dans le volume bien supérieur du carbone "naturel" de la végétation des sols et des océans fait lentement décroître le delta$^{13}C_N$ de la partie N(t) comme montré à la figure 21; F(t) et delta$^{13}C_F$(t) sont calculés pour trois durée de vie supposées, 3, 5 et 7 ans et avec $y_{total}(t) = F(t) + N(t)$ et il vient

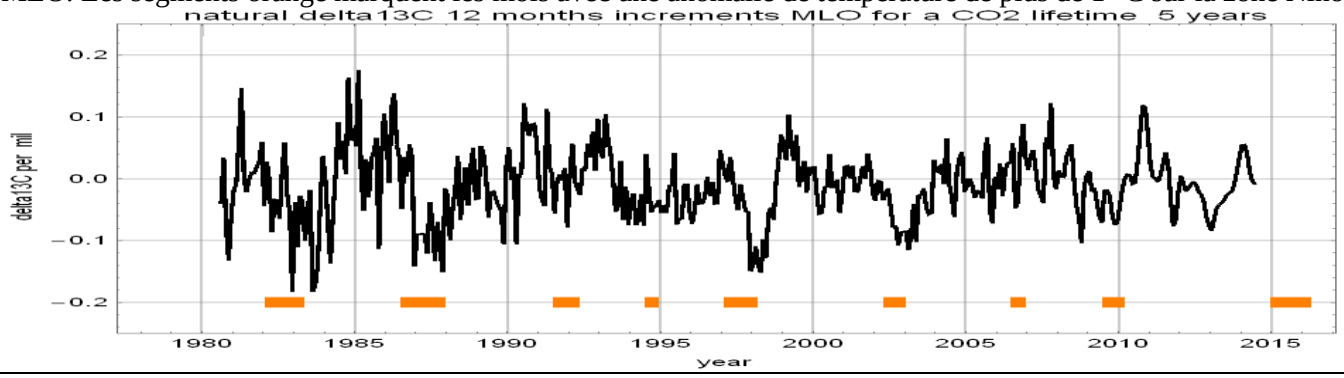
$$\text{delta}^{13}C_N(t) = (y_{total}(t)\ \text{delta}^{13}C_{total}(t) - F(t)\ \text{delta}^{13}C_F(t)\ ) / (y_{total}(t) - F(t))$$

Figure 21 delta$^{13}C_N$(t) de la partie naturelle N(t) du carbone de l'air pour des durées de vie dans l'air de 7 ans (rouge), 5 ans (noir) et 3 ans (bleu): le delta$^{13}C_F$(t) des émissions est celui de la courbe noire de la figure 16-b calculée avec pour le charbon le pétrole et le gaz naturel -25, -28 et -45 per mil, pondérés par les émissions de ces combustibles restées dans l'air pour la durée de vie considérée.
Les segments orange marquent les mois avec une anomalie de température de plus de 1 °C sur la zone Nino3-4.



Les incréments sur 12 mois centrés du delta$^{13}C_N$ (figure 22) sont proches de ceux des figures 18 and 19.

Figure 22 Incréments sur 12 mois, centrés, du delta$^{13}C_N$ du carbone naturel de l'air pour une durée de vie de 5 ans à MLO. Les segments orange marquent les mois avec une anomalie de température de plus de 1 °C sur la zone Nino3-4.



La décomposition de matière organique et le transit océanique de la surface des hautes latitudes aux upwellings intertropicaux peut prendre maintenant le même temps qu'au 20ème siècle.
Selon Böhm et al. [4] le delta^{13}C de l'air ambiant était -6,6 pm en 1900, -6,8 pm en 1930, -7 pm en 1950 et -7,2 pm en 1970.
Il faut quelques décennies pour que le delta^{13}C de l'air ambiant se retrouve être celui de la partie naturelle N(t) de l'air comme on le voit sur la figure de la figure 21:
- courbe bleue (durée de vie de 3 ans): 20 ans pour que le delta^{13}C of 1955-1960 devienne celui de N(1980), 35 ans pour que les -7.52 pm de la figure 17 se retrouvent dans N(2015)
- courbe rouge de la figure 21) (durée de vie de 7 ans): 80 ans pour que les -6,6 pm de 1900 deviennent ceux de N(1980), 85 ans pour que les -6,8 pm de 1930 deviennent ceux de N(2015)
- courbe noire de la figure 21 (durée de vie de 5 ans): 50 ans pour que les -6,8 pm of 1930 deviennent ceux de N(1980) et pour que les -7,2 pm of 1965 soient ceux de N(2015).
Pour cette durée de vie de 5 ans, en gros 63% de N(t) vient des dernières cinq années de dégazage et 86% des dernières dix années.

IV) Tests à appliquer aux séries temporelles : racines unitaires, tendances déterministes et co-intégration
Nous renvoyons à un autre texte la description détaillée de tests à appliquer aux séries temporelles et leur application aux séries des graphiques du présent article.

IV-1) Racines unitaires et co-intégration

Les séries temporelles ne sont pas souvent stationnaires et il faut ou retirer une tendance ou différencier une ou deux fois la série pour obtenir une série stationnaire qui se correlle valablement à une autre série; par exemple on a longtemps cherché pour les cycles de Milankovitch des épisodes glaciaires et interglaciaires une relation entre le volume des glaces et l'insolation ... jusqu'à ce que quelqu'un s'avise que l'insolation a un effet sur la dérivée par rapport au temps du volume des glaces, et non pas sur le volume des glaces lui-même; la théorie a alors parfaitement correspondu aux observations.

Citons seulement ici Beenstock et Reingewertz [2] au sujet des séries y(t) et AT(t) du § II-3: *"...la méthodologie de cointegration polynomiale sert à tester le AGW* [anthropic global warming]... *comme sur la période des observations (1880–2007) la température globale et l'irradiance solaire sont stationnaires après une différentiation alors que les forçages par les gaz à effet de serre par les aérosols sont stationnaires après deux différentiations ... .Nous montrons que quoique les forçages anthropiques aient une tendance stochastique commune cette tendance est empiriquement indépendante des tendances stochastiques des températures et de l'irradiance solaire. Et par conséquent les forçages par les gaz à effet de serre, les aérosols et les températures globales ne sont pas polynomialement cointégrés et la relation apparente entre ces grandeurs est un phénomène de régression parasite.*

Les lecteurs impatients pourront lire en français par exemple
Lubrano M. *Inférence et Tests dans les Modèles Cointégrés,* chapitre 5, 2007 dans http://www.vcharite.univ-mrs.fr/PP/lubrano/book.htm dans *Non-Stationary Time Series Econometrics with Financial Applications*
Russel Davidson, James G. MacKinnon *Estimation et Inférence en Économétrie* 850 pages en particulier chapitres 19 et 20 disponible sur http://russell.vcharite.univ-mrs.fr/ et http://russell.vcharite.univ-mrs.fr/EIE/

IV-2) Emploi des seules données d'observation et modèles de boîte noire

Pour faire parler des données sans préjugé sur la physique des phénomènes sous-jacents, sont employées des méthodes de recherche automatique de liens de cause à effet entre des grandeurs physiques observables; quand on a assez de données elles donnent de bien meilleurs résultats que les "*modèles*" du GIEC.

Un premier exemple en est les programmes de www. knowledgeminer.eu http://www.knowledgeminer.com/aboutyx.htm fondés sur des méthodes exposés dans le livre
Madala H.R., Ivakhnenko A.G., *Inductive Learning Algorithms for Complex System Modeling,* 1994, CRC Press, ISBN: 0-8493-4438-7., 350 pages

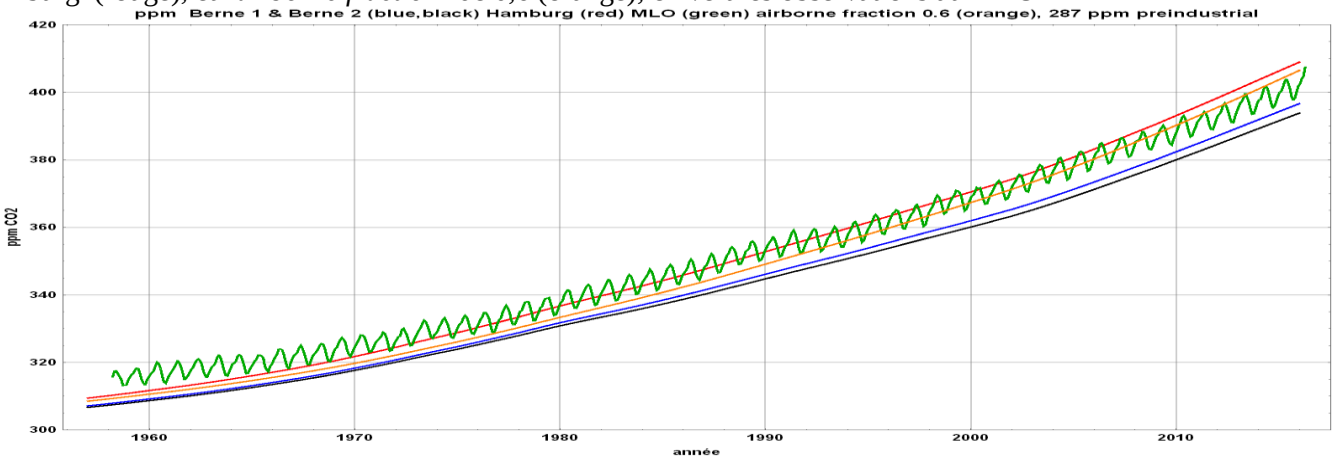
Un autre exemple est présenté en détail dans le livre de Philippe de Larminat , *Climate Change: Identifications and projections* ISTE éditions London 2014 (139 pages), versions anglaise et française disponibles en ligne sur http://iste-editions.fr/products/changement-climatique; il emploie les techniques d'identification des automaticiens et renvoie au manuel Ljung L. *System Identification, Theory for the User, Prentice Hall, 1999.*

V) Discussion

V-1) Sur l'approximation des observations MLO avec les seules "*anthropogenic emissions*"

Des fonctions de transfert à 6 ou 8 paramètres ajustables appliquées aux séries temporelles des émissions ff(t) de "carbone fossile" peuvent produire des séries ressemblant "presque" à celles du Mauna Loa (figure 7-a).
Le GIEC AR4, 2007 WG1 [20], page 213 note *a* of table 2-14 dit : "*The CO_2 response function used in this report is based on the revised version of the Bern Carbon cycle model used in Chapter 10 of this report (Bern2.5CC; Joos et al. 2001) using a background CO_2 concentration value of 378 ppm. The decay of a pulse of CO_2 with time t is*
Bern1(t) = 0.217 + 0.259 exp(-t/172.9) + 0.338 exp(-t/18.51) + 0.186 exp(-t/1.186) "
Des réponses impulsionnelles très voisines sont ([45], [22]):
Hamburg(t) = 0,131 + 0,201 exp(-t/363) + 0,321 exp(-t/74) + 0,249 exp(-t/17) + 0,098 exp(-t/1,9)
Bern2(t) = 0,18 + 0,14 exp(-t/420) + 0,18 exp(-t/70) + 0,24 exp(-t/21) + 0,26 exp(-t/3,4)
Airborne-fraction(t) = 0.6 et une approximation rationnelle de Bern2(t)
$(b_0 + b_1 t + b_2 t^2) / (b_0 + b_3 t + b_4 t^2 + b_5 t^3)$ avec $\{b_0, b_1, b_2, b_3, b_4, b_5\}=\{279400, 72240, 730.4, 107000, 3367, 1\}$
La durée de vie à 1/e= 37% est d'environ 100 ans pour toutes ces formules sauf la "*airborne fraction*".

Figure 23 Application des fonctions de réponse impulsionnelle aux séries historique de consommation de combustibles fossiles depuis 1751 en supposant 287 ppm en "préindustriel": Bern1 (courbe bleue), Bern2 (noire), Hamburg (rouge), et "*airborne fraction*" de 0,6 (orange); en vert les observations au MLO



La figure 23 suppose 287 ppm pour l'époque "préindustrielle" alors que le GIEC AR5 dit "*278 ppm [273 ppm to 283 ppm] in 1750*".
Appliquer Bern1(t) à la série ff(t) des émissions passées complétée par la logistique de la figure 1-a), conduit à 757 ppm in 2100, bien moins que les 935 ppm du scénario RCP8.5 "scenario" du rapport AR5, alors que l'on a à peu près les mêmes émissions cumulées de 2030 Gt-C in 2100. Ce désaccord important signalé au paragraphe I-1 suggère que ces formules prétendument fondées sur des modèles en compartiments ne relèvent pas de la physique, sont manipulables à volonté et, d'ailleurs, elles ont disparu du dernier rapport GIEC AR5.

Le rapport GIEC 2007 AR4 [20] page 139 dit "*...a scaling factor, the apparent 'airborne fraction', defined as the ratio of the annual increase in atmospheric CO_2 to the CO_2 emissions from annual fossil fuel and cement manufacture combined... this fraction has averaged about 60% since the 1950s. Assuming emissions of 7 Gt-C/yr and an airborne fraction remaining at about 60%, Hansen and Sato (2004) predicted that the underlying long-term global atmospheric CO_2 growth rate will be about 1.9 ppm/yr ...*"

Mais Hansen et al. (2013) [18] montrent que cette "airborne fraction" est passée de 60% à 45% entre 2002 et 2012 (figure 3 de cet article) et ils expliquent : "*... the surge of fossil fuel use, **mainly coal**, since 2000 is a **basic cause of the large increase of carbon uptak**e by the combined terrestrial and ocean carbon sinks. One mechanism by which fossil fuel emissions increase carbon uptake is by fertilizing the biosphere via provision of nutrients essential for tissue building, especially nitrogen, which plays a critical role in controlling net primary productivity and is limited in many ecosystems. Modeling and field studies confirm a major role of nitrogen deposition, working in concert with CO_2 fertilization, in causing a large increase in net primary productivity of temperate and boreal forests*".
Voilà qui conforte le § II-2, et montre que le concept d'une "*airborne fraction*" n'a pas de sens physique: s'il en avait le delta^{13}C de l'air serait -12 per mil puisque
$(400\ ppm_{2015} - 287\ ppm_{preindustrial})\ (-26\ pm_{fossil\ fuel}) + 287\ ppm_{preindustrial}\ (-6{,}5\ pm_{preindustrial}) = 400\ ppm\ (-12\ pm)$
La réalité est -8,4 per mil en 2015 (figure 17). La durée de vie du dioxyde de carbone dans l'air est de 5 ans environ et non pas l'éternité pour une fraction (45% à 60%) des émissions annuelles de carbone "fossile".

De plus comme vu au § I-5 figure 4-b, même une petite augmentation du débit sortant, c'est à dire de l'absorption par les plantes et par les océans de surface froide, en $y(t)^u$, avec u >0.2 fait passer dans le réservoir "végétation" tout l'équivalent en volume du cumul des émissions de "combustibles fossiles".
Le même texte de Hansen [18] infirme encore l'assertion suivante de GIEC AR5 WG1 page 495: " *A positive trend in airborne fraction of ~0.3%/yr relative to the mean of 0.44 (or about 0.05 increase over 50 years) was found by all recent studies (Raupach et al., 2008, and related papers; Knorr, 2009; Gloor et al., 2010) using the airborne fraction of total anthropogenic CO_2 emissions over the approximately 1960–2010 period (for which the most accurate atmospheric CO_2 data are available)*". La "*airborne fraction*" est passée de 60% à 45% entre 2002 et 2012 !

Wang Xuhui et al [47] écrivent: "*The observed positive correlation between CGR (carbon dioxide growth rate) and temperature reflects the direct* ***impacts of temperature variations in driving variations of tropical carbon fluxes rather than, in reverse, the greenhouse effect of atmospheric CO_2*** *... Thus, the problems present models have in reproducing the observed response of the carbon cycle to climate variability on inter-annual timescales may call into* ***question their ability to predict the future evolution of the carbon cycle*** *and its feedbacks to climate*".
Voila qui confirme le § II-3 et invalide les réponses impulsionnelles de Bern et Hamburg qui ignorent superbement que le dégazage naturel piloté par les températures (figure 1-b et tableau 2) et l'accroissement de l'absorption dû à une pression partielle accrue dans l'air expliquent la totalité des incréments de N(t) comme montré aux figures 10 et 11.

Wang Weile et al. [48] concluent: "*we emphasize that the coupling* [of growth of the CO_2 content of the air with the temperatures], *must be reproduced* ***by vegetation (or other related) models*** *to realistically simulate the current status of the global carbon cycle and* ***project its future changes****".*
Ou, en bon français, les modèles ne valent rien et les projections de 935 ppm en 2100 non plus !

V-2) Sur *"l'accumulation"* dans l'atmosphère des émissions anthropiques
La fraction directement anthropique, F(t) de 24 ppm en 2015 passerait à 60 ppm en 2100 (tableau 1 et figure 1-b, émissions en logistique, courbe rouge) ; F(t) vaut au plus cinq fois les émissions ff(t) de la dernière année considérée soit $F(t) \leq 5\ ff(t)$. Le partage vu au § I d'une même sortie entre F(t) et N(t) est sans effet pratique tant que le débit en sortie croît avec le contenu total y(t) = F(t) + N(t) du réservoir atmosphérique (figure 2: u> 0.4).

V-2-1) GIEC SPM AR5 WG1 § B.5 p 11: *" Of these cumulative anthropogenic CO_2 emissions,* ***240 [230 to 250] Gt-C have accumulated in the atmosphere,*** *155 [125 to 185] Gt-C have been taken up by the ocean and 160 [70 to 250] Gt-C have accumulated in natural terrestrial ecosystems*".
Si cette assertion était vraie le delta^{13}C de l'air alors fort différent de celui observé (-8.4 per mil, figure 17):

240 Gt-C (-26 per mil) + 610 Gt-C (6.5 per mil) = 850 Gt-C (- 12 per mil)

V-2-2) IPCC AR5 WG1 § 6 page 467: *"About half of the emissions remained in the atmosphere (240 Gt-C) since 1750 ... atmospheric concentration measurements began in 1958. Globally, the size of the combined natural land and ocean sinks of CO_2 approximately followed the atmospheric rate of increase, removing 55% of the total anthropogenic emissions every year on average during 1958–2011. {6.3, Table 6.1}."*
Le terme "*remained*" est incompatible avec les chiffres de la figure 6-1 du GIEC AR5 page 471, rapportés au § I-4. A moins que l'on suppose que les plantes et les océans ne mangent que des molécules de dioxyde de carbone présentant un certificat de naissance "*naturel*" !
En réalité (1/5) du CO_2 de l'atmosphère est absorbé chaque année et ce débit sortant du réservoir croît avec la pression partielle du CO_2 dans l'air.

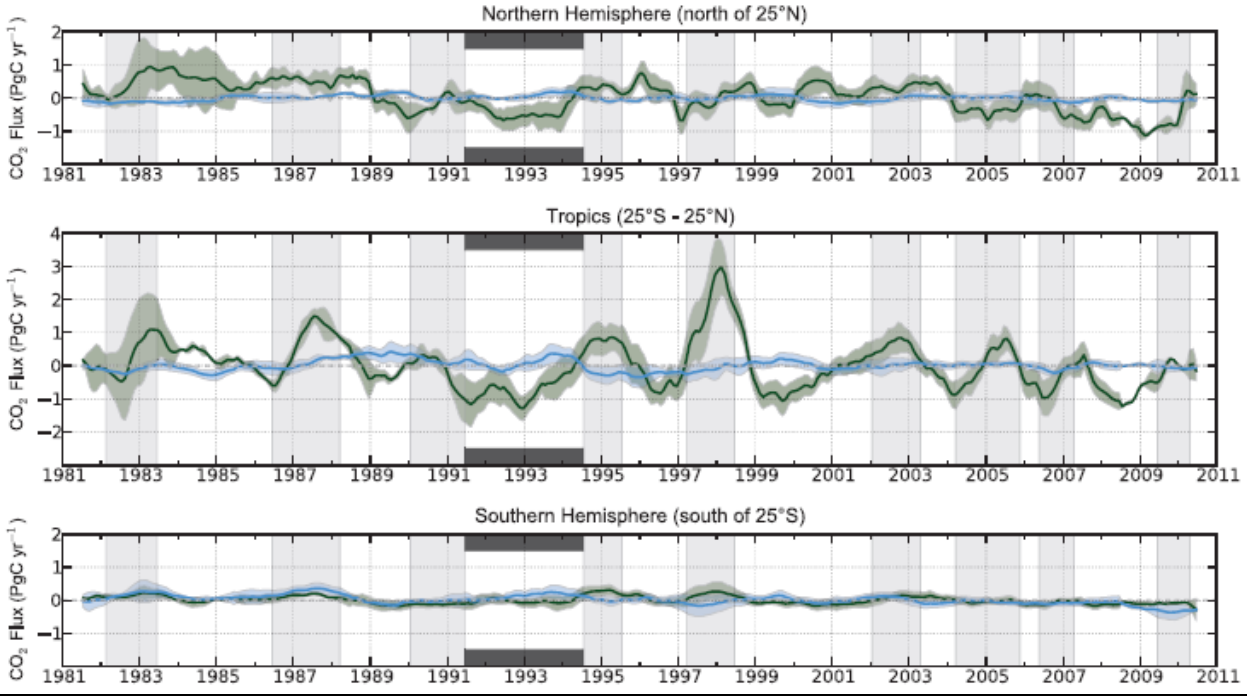
V-2-3) IPCC AR5 WG1 page 470: *"Reservoir turnover times, defined as reservoir mass of carbon divided by the exchange flux, range from a few years for the atmosphere to decades to millennia for the major carbon reservoirs of the land vegetation and soil and the various domains in the ocean*."
Page 472, Box 6-1: "*On an average, CO_2 molecules are exchanged between the atmosphere and the Earth surface every few years. This fast CO_2 cycling through the atmosphere is coupled to a slower cycling of carbon through land vegetation, litter and soils and the upper ocean (decades to centuries), deeper soils and the deep sea (centuries to millennia)...* "
Le *"reservoir turnover time"* selon la figure 6-1 page 471, est de 4,1 ans pour l'atmosphère (de 2011) et, en moyenne, de 16 à 26 ans pour la végétation (450-650 Gt-C) prise avec les sols (1500 -2400 Gt-C); pour ce réservoir "végétation et sols", la figure dit un dégazage de 119 Gt-/an dénommé "*total respiration and fire"*.
Les expressions "*emissions accumulated"* et *"remained"* sont donc de pures et simples tromperies.
77% de la croissance de la concentration en CO_2 est une conséquence évidente du léger accroissement des températures qui pilotent le dégazage naturel intertropical: voir la figure 11 pour les derniers 40 ans et la figure 1-b pour une anticipation.

V-2-4) IPCC AR5 WG1 page 472, Box 6-1: "*phase 1. Within several decades of CO_2 emissions, about a third to half of an initial pulse of anthropogenic CO_2 goes into the land and ocean, while the rest stays in the atmosphere ... Within a thousand years, the remaining atmospheric fraction of the CO_2 emissions (see Section 6.3.2.4) is between 15 and 40%, depending on the amount of carbon released (Archer et al., 2009b)*."

C'est là une ré-affirmation discrète des réponses impulsionnelles de Bern et Hamburg déjà montrées fausses et invalides tant par le delta^{13}C observé que par le *"reservoir turnover time"* de 4,1 ans.
Au bout d'un an il n'y a plus que exp(-1/4,1) = 78.3% , au bout de 5 ans exp(-5/4,1) = 29.5%, au bout de 15 ans 2.6% et au bout de 1000 ans 10^{-106} pas "*between 10% and 40%*".
Certes comme vu au § III et sur les tracés du delta$^{13}C_N$ de N(t) (figure 21), le dégazage naturel fait revenir à l'air du carbone fossile fortement dilué : pour une dilution à (1/50) , 2% des 180 Gt-C/ans dégazés sont ce carbone fossile "ressuscité" ce qui pour une durée de vie de cinq ans fait 5 ans x 2% x 180Gt-C= 18 Gt-C (9 ppm) à ajouter aux F(2015) = 50 Gt-C (24 ppm) qui eux sont véritablement "*remaining in the air*".
Et même avec 2000 Gt-C absorbées (en 2100 ou après) pour un stock circulant de 40 000 Gt-C, les émanations "naturelles" ne comporteront que 3% de carbone ci-devant "anthropique": pour des émissions en logistique atteignant 26,5 Gt-C/an en 2100, la tableau 1 dit y(2100)= 473 ppm dont F(2100) = 65 ppm: le dégazage y ajoutera en carbone fossile "ressuscité" 3% (473-65) = 12 ppm.
On a vu au § III que ces "revenants" provoquent une lente diminution du delta^{13}C de N(t) qui reproduit celui de l'air ambiant 50 ans plus tôt.

V-2-5) La figure 24 tirée du GIEC AR5 est comparable aux figures du § II-3 ci-dessus et reflète les variations des températures montrées aux figures 9, 10 et 15 (vignette du bas).

Figure 24 *Inter-annual surface CO_2 flux anomalies.* Figure 6-9 du GIEC AR5 WG1 page 488
Un flux positif représente une source de CO_2 dégazé plus forte que la normale ou un flux absorbé moindre.
Les années avec un El Niño sont notées par un ombrage gris, celles des effets de l'éruption du Pinatubo par des lignes noires épaisses.



V-3) Flux air-vers-océans et air-vers-végétation

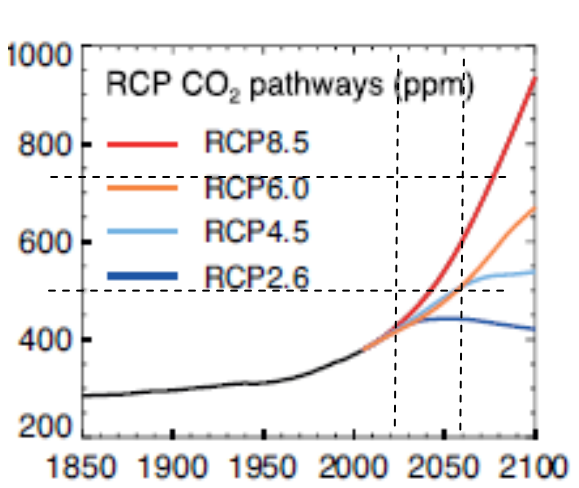
V-3-1) IPCC AR5 WG1 page 495: *" The uptake of anthropogenic CO_2 by the ocean is primarily a response to increasing CO_2 in the atmosphere and is limited mainly by the rate at which anthropogenic CO_2 is transported from the surface waters into the deep ocean (Sarmiento et al., 1992; Graven et al., 2012)."*
Ce limiteur entre l'océan de surface et les profondeurs est imaginaire et n'existe pas; le flux de carbone aux latitudes tempérées qui va de la surface vers les profondeurs, est selon l'article [24] cité au § II-1, d'environ 265 Gt-C/an pour 80 Gt-C/an absorbés venant de l'air. Et les océans ne discriminent par le CO_2 "*anthropique*" du CO_2 naturel.
Nous verrons au § VI que cette fraude fondatrice du cycle du carbone selon le GIEC remonte à R. Revelle (1965) [35].

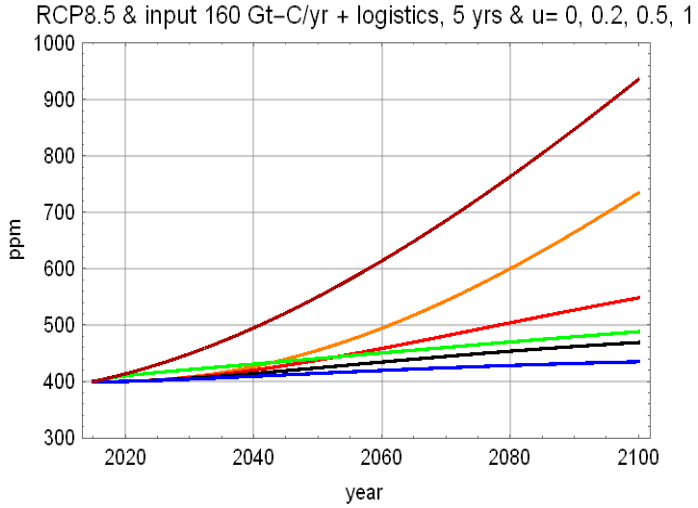
V-3-2) IPCC AR5 § 6.1.2.1 page 475: *" The rising CO_2 concentration implies a rising atmospheric CO_2 partial pressure (pCO2) that induces a globally averaged net air-to-sea flux and thus an ocean sink for CO_2 (see Section 6.3.2.5). On land, the rising atmospheric CO_2 concentration fosters photosynthesis via the CO_2 fertilization effect (see Section 6.3.2.6)."*
Le bilan global "dégazage naturel moins absorption naturelle" est tracé à la figure 14 (courbe orange).
L'accroissement de l'absorption découle de l'augmentation de la pression partielle dans l'air.
Focaliser l'attention sur un *"globally averaged net air to sea flux"*, différence de flux situés dans des zones éloignées (figure 6) avec un transport océanique qui prend des décennies entre la subduction aux latitudes tempérées et la remontée intertropicale (ou obduction) (§II-1) fait oublier que les flux naturellement dégazés et absorbés (figure 13) sont cinquante fois cette différence et sont pilotés par les températures.
Le texte précité est suivi du mantra habituel, et infondé: *"Multiple lines of evidence indicate that the observed atmospheric increase in the global CO_2 concentration since 1750 (Figure 6.3) is caused by the anthropogenic CO_2 emissions"*. Aucune *"line of evidence"* ne se trouve en effet dans ce texte !

V-3-3) IPCC AR5 WG1, FAQ 6.2 page 544: " *In the surface ocean, the carbonate chemistry quickly accommodates that extra CO_2. As a result, shallow surface ocean waters reach balance with the atmosphere within 1 or 2 years. Movement of the carbon from the surface into the middle depths and deeper waters takes longer—between decades and many centuries...*"
Ces affirmations sont démenties par le citation tirée de [24]: " *At temperate latitudes, the subduction of DIC and to a much lesser extent (<10%) the sinking of particles maintain CO_2 undersaturation, whereas DIC is obducted back to the surface in the tropical band (75%) and Southern Ocean (25%).*
At the global scale, these two large counter-balancing fluxes of DIC amount ***to +275.5 Gt-C /yr for the supply by obduction and –264.5 Gt-C/ yr for the removal by subduction which is 3 to 5 times larger than previous estimates***."
La durée de vie de 20 mois (450 Gt-C / 265 Gt-C) du carbone dans les eaux *"shallow cold surface waters"* où a lieu l'absorption fait qu'il ne saurait y avoir d'équilibre **statique** mais une absorption indéfinie puisque le carbone absorbé est emporté par subduction. Ce "*Movement of the carbon from the surface into the middle depths*" est continu sans "*balance*" ou équilibre entre ces zones fort éloignées où ont lieu les gros du dégazage et de l'absorption (figure 6).

V-3-4) IPCC AR5 WG1 pages 523-526: "*Projections of Future Carbon Cycle Response by Earth System Models under the Representative Concentration Pathway Scenarios*"
La projection RCP8.5 (figure 25-a) est celle d'un réservoir atmosphérique avec un débit sortant décroissant : elle est de 200 ppm (en 2100) au dessus de la courbe orange (u = 0) et de 450 ppm au dessus de la courbe noire (u=0.5) et de la courbe bleue (u =1).
Cet conjecture d'un débit sortant décroissant contredit les affirmations du GIEC AR5 page 475, citées au § IV-3-2 ci-dessus.

Figure 25 25-a) à gauche: concentrations future du CO_2 (tiré de la figure 6-25 page 527 de AR5 WG1)
25-b) à droite: ppm selon RCP8.5 (rouge foncé courbe du haut) et concentrations futures calculées avec un dégazage naturel de 160 Gt-C/an (supposé constant) plus des émissions de combustibles fossiles selon la logistique de la figure 1-a, pour plusieurs valeurs de l'exposant u qui exprime que l'absorption croît avec la pression partielle:
u= {0, 0.2, 0.5, 1} de haut en bas : courbes orange, rouge, noir et bleu, pour une durée de vie de 5 ans et pour une durée de vie lentement croissante (courbe verte) vue au § I-4.





On se reportera à la figure 1-b pour des projections qui tiennent compte du changement du dégazage naturel , 94% des flux entrant, selon les températures supposées continuer à varier selon des cycles climatiques naturels montrés à la figure 29.

V-3-5) IPCC AR5 WG1 page 525, figure 6-24 "*The cumulative uptake over 1850-2005*".
L'absorption naturelle cumulée est sur cette figure 6-24, nulle ou presque (5 ± 40 Gt-C) pour la végétation terrestre, et 140 ± 25 Gt-C pour les océans.
Des émissions cumulées de 374 Gt-C venant des combustibles fossiles brûlés de 1751 à 2011, 229 Gt-C ou 108 ppm devraient donc être encore dans l'air; la teneur au MLO était en 2011 de 392 ppm ... ce qui ramène à un préindustriel de 392-108 = 284 ppm au lieu des 287 ppm de la figure 23.
Ces assertions visent à faire oublier que l'absorption naturelle cumulée de 1958 à 2015 est **8667 Gt-C**.

L'hypothèse sous jacente de ces études sur le *"cumulative uptake"* des seules émissions des combustibles fossiles est que l'on doit absolument oublier les flux naturels supposés "*en équilibre*" et ne regarder que les "*flux anthropiques*" !

Concaténer les ppm observés au Law Dome (1834-1974) et au pôle sud (SPO) permet d'évaluer l'absorption cumulée par les océans et la végétation à **20 600 Gt-C de 1850 à 2005** (22000 Gt-C sur 1850-2014) dont à peu près la moitié par les océans; la figure 13 dit des absorptions totales de 60 ppm/an (127 Gt-C/an) dans les années 1960 et 80 ppm (170 Gt-C/an) en 2015.
L'absorption par la végétation terrestre a crû significativement ces derniers 60 ans: voir le § II-2 et la croissance de l'amplitude des oscillations saisonnières à la figure 5, et la citation de Hansen et al. [18] au § V-1; tout ceci dément l'affirmation d'une absorption cumulée par la végétation quasi-nulle: *"5 ± 40 Gt-C"*.

page 292: IPCC AR5 WG1 "*3.8.1.2 Changes in the Oceanic Inventory of Anthropogenic Carbon Dioxide" :*
"The C_{ant} inventory "best" estimate of 155 PgC (Khatiwala et al., 2013; Figure 3.16) corresponds to an uptake rate of 2.3 (range of 1.7 to 2.9) PgC/ yr from 2000 to 2010, in close agreement with an independent estimate of 2.5 (range of 1.8 to 3.2) PgC/ yr based on atmospheric O_2/ N_2 measurements obtained for the same period (Ishidoya et al., 2012)."

L'absorption cumulée par les océans et la végétation est de **20 600 Gt-C sur 1850-2005** (22000 Gt-C sur 1850-2014) dont à peu près la moitié par les océans.
Les 155 Gt-C "purement anthropiques" absorbés depuis 1850 par les océans selon *"Khatiwala et al., 2013; Figure 3.16"* font 1,5% de ce total; et même sur 2000-2010 ils ne sont *"connus"* qu'à 50% près *"entre 1,7 et 3,2 Gt-C/an"*.

En réalité un dixième de F(t) est, chaque année, absorbé par les océans soit 50 Gt-C/10 = 5 Gt-C/an; il faudrait en défalquer les 1% ou 2% des dégazages océanique, soit 1% x 80 Gt-C = 0,8 Gt-C/an qui correspondent à des carbones fossiles absorbés et "ressuscités" qui reviennent à l'air des décennies après leur absorption.

Répétons encore que ni les plantes ni les océans ne discriminent les molécules de CO_2 selon leur origine et que l'absorption des molécules "anthropiques" est simplement F(t) / (F(t)+ N(t)) fois l'absorption totale, donc, en 2015, 6% ce celle-ci !

Ces inventaires du carbone "*anthropique*" ne sont donc que des leurres visant à masquer les phénomènes réels découlant d'une absorption annuelle du cinquième du carbone contenu dans l'air.

V-3-6) Wang Weile et al. [48] trouvent *"a strong and persistent coupling ($r^2 \approx 0.50$) between inter-annual variations of the CO_2 growth rate and tropical land–surface air temperature during 1959 to 2011, with a 1 °C tropical temperature anomaly leading to a 3.5 Gt-C /yr growth-rate anomaly"* et concluent :
" This coupling cannot be justified by the delayed responses of mid- to high-latitude ecosystems to global temperature variations, nor may it be interpreted as an indirect reflection of the coupling between the CO_2 growth rate and tropical precipitation anomalies, which indeed is found to be weaker and less consistent."
Le lissage et le traitement appliqués par ces auteurs aux séries temporelles MLO (moyenne mobile sur 12 mois et soustraction d'une tendance) réduisent la valeur des pics de croissance en Gt-C/an par rapport à celle vue sur les figures 11 et 12 mais en confirment les résultats.
La conclusion de ces auteurs est, comme celle de Wang Xuhui [47] cité au § V-1, que les "modèles" du cycle du carbone employés jusqu'à présent par le GIEC doivent être abandonnés .

V-4) Le delta^{13}C dans les textes du GIEC AR4 & AR5
Rapport AR4 : Des tendances croissantes des émissions venant des combustibles fossiles et de la courbe inversée du delta^{13}C ont été prétendues "*prouver*" que tout l'accroissement de l'air en dioxyde de carbone est dû aux émissions anthropiques. Le GIEC AR4 WG1 page 139 écrit:
"*Thus, as shown in Prentice et al. (2001)* [this is a reference to IPCC AR3 2001 report pp. 184-238] *when CO_2 from fossil fuel combustion enters the atmosphere, the $^{13}C/^{12}C$ isotopic ratio in atmospheric CO_2 decreases at a predictable rate consistent with emissions of CO_2 from fossil origin.... Data presented in Figure 2.3* [figure 28-a below] *for the*

$^{13}C/^{12}C$ ratio of atmospheric CO_2 at Mauna Loa show a decreasing ratio, consistent with trends in both fossil fuel CO_2 emissions and atmospheric CO_2 mixing ratios (Andres et al., 2000; Keeling et al., 2005). "
Que des séries temporelles soient toutes deux croissantes ne signifie rien quant à une corrélation et encore moins quant à une relation de cause à effet: il y faut et des tests statistiques et de bonnes raisons physiques. Les manuels d'économétrie en donnent des exemples multiples.
Et le tracé avec toutes les données disponibles en 2015 (figure 26-b) montre que l'on a affaire à des séries non corrélées, l'une (la courbe noire des émissions) est due au développement économique en particulier celui de la Chine entre 2002 et 2012 et l'autre, la courbe rouge, tracé de -4 delta$^{13}C_{MLO}$ -25,3 reflète les températures rythmées par les El Niño comme le montre la figure 19.

Figure 26 26-a) à gauche : figure 2.3-b) du GIEC AR4 illustrant "*consistent with trends in both fossil fuel CO_2 emissions and atmospheric CO_2 mixing ratios";* en noir : émissions de l'année; en rouge: delta^{13}C.
26-b) à droite: la même figure tracée avec les données de 2003-2014 et l'échelle 0,25 per mil par Gt-C/an. Données de [36]

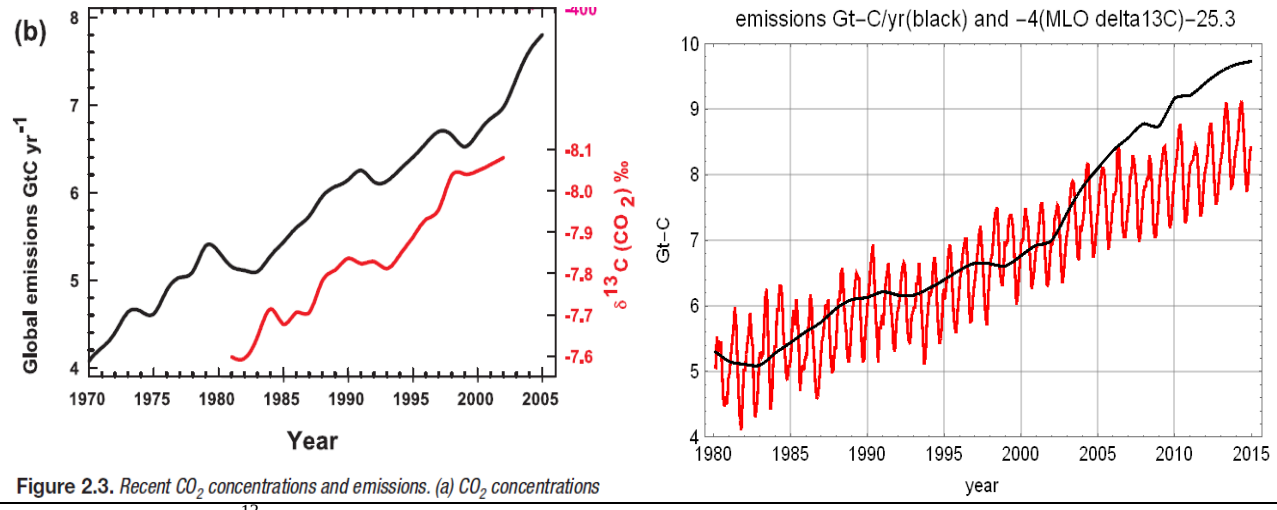
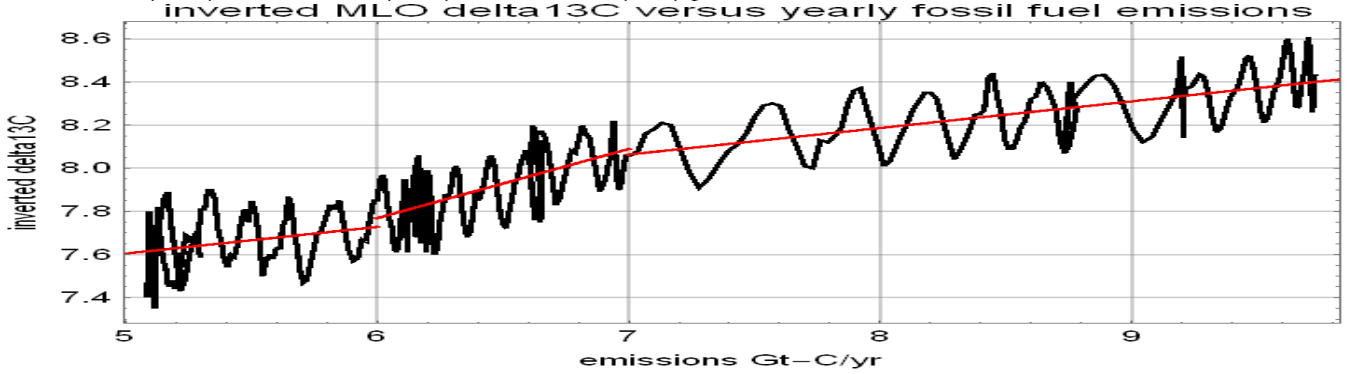


Figure 2.3. *Recent CO_2 concentrations and emissions. (a) CO_2 concentrations*

Le tracé figure 27 du delta^{13}C mesuré au MLO inversé en fonction des émissions de combustibles fossiles dément les affirmations *"predictable rate ...consistent with trends in fossil fuel emissions"*.

Figure 27 Tracé des moyennes mensuelles du delta^{13}C (per mil) observé au MLO en fonction des émissions en Gt-C/an de combustibles fossiles. Les lignes rouges des régressions linéaires sont :
7.60 +0.123 (x - 5), 7.77 +0.320 (x - 6), 8.06 +0.123 (x -7) pour les années 1980-1987, 1988-2001, 2002-2015



On voit sur 1988-2002, l'usage croissant du gaz naturel de très faible delta^{13}C (-45 per mil à -50 per mil) puis sur 2002-2015 l' effet du doublement de la production de charbon de delta^{13}C -25 per mil ou plus (figures 8 et 16).
La régression linéaire (ligne rouge) a une pente de 0,123 per mil /(Gt-C/an) sauf pour les 14 ans de début 1988 à fin 2001, où les émissions ont, du fait de l'usage croissant du gaz naturel, fluctué entre 6 Gt-C/an et 7 Gt-C/an: dF(t)/dt est alors passé de +0,3 ppm/an à +0,2 ppm/an (figure 8) et le delta^{13}C moyen des émissions a approché -30 per mil (figure 16-b). Des ordres de grandeur sont suggérés au tableau 3 calculé avec l'approximation grossière mais simple:
F(t) = 5 ans x (émissions ff(t) de l'année t).

Tableau 3 Examen des points d'articulation de la figure 29

année	émissions "fossiles" Gt-C/an	ppm MLO	F(t) en %	delta$^{13}C_{ff}$ des émissions per mil	N(t) en %	delta^{13}C de N(t) per mil	delta$^{13}C_{MLO}$ observé per mil
1980	5,3	339	3,7	-28,6	96,3	-6,80	-7,6
1988	5,96	352	4	-28,75	96	-6,92	-7,7
2002	7	373	4,4	-29,2	95,6	-7,12	-8,1
2015	9,7	401	5,7	-28,1	94,3	-7,21	-8,4

Sur les 14 années 1988-2001, le dégazage naturel a "ressuscité" du carbone de combustibles fossiles absorbé il y a longtemps et qui a contribué pour moitié à l'évolution du delta^{13}C de la fraction naturelle N(t) de -6,9 per mil à -7,1 per mil.
Un examen des chiffres (figure 27 et tableau 3) montre donc qu'ils correspondent à une durée de vie de 5 ans environ, infirment les assertions d'une "*accumulation dans l'air"* vues au § V-2 et suggèrent une forte dilution du carbone anthropique absorbé dans les vastes réservoirs naturels "végétation plus sols" et "océans".

Rapport AR5: Sans surprise, vu les figures 26 et 27, le rapport de 2013 ne propose plus cette "*line of evidence"*.

VI) Indications historiques: 1965, 1990, 2013

VI-1) En 1965:

Commençons par l'annexe Y4 "*Atmospheric Carbon Dioxide, The invisible pollutant"* du rapport *"Restoring the quality of our environment, Report of the Environmental Pollution Panel"* President's Science Advisory Committee, The White House, November 1965. [35]
Ses auteurs, Roger Revelle plus peut-être des membres du comité qu'il présidait, essaient de justifier leur idée d'une *"airborne fraction"* de 50% des "*émissions anthropiques*" par la considération d'un réservoir "air + végétation" de taille (en carbone contenu) double de celle de l'atmosphère, presque sans absorption par la surface de l'océan supposé implicitement être à une seule et même température et en équilibre statique avec l'air. La végétation est dite n'être pas fertilisée par plus de CO_2 dans l'air, parce que cela conduirait aux résultats de la figure 4-b où le volume de tout le supplément "anthropique" cumulé se retrouve dans la végétation et les sols, au lieu des 50% de la figure 4-a.
La relation de Revelle est $dp_{CO2} / p_{CO2} = 12.5\ d(DIC) / (DIC)$: DIC signifie Dissolved Inorganic Carbon qui est à 99% sous forme d'ions carbonate et bicarbonate et p_{CO2} est la pression partielle de CO_2 dans l'eau. Une très faible quantité supplémentaire de carbone dissous, par exemple le douzième de DIC, suffit à doubler la pression partielle car alors $dp_{CO2} = p_{CO2}$. L'équilibre statique supposé avec l'air fait que l'eau n'absorberait presque rien du carbone supplémentaire de l'air, avec les "bonnes" hypothèses sur "l'océan de surface" pour que son DIC ne soit pas trop grand.
Cette relation vaut dans une bouteille de laboratoire où un fond d'eau de mer est en équilibre avec l'air enfermé au dessus.
L'invocation de la relation de Revelle en oubliant de dire qu'elle ne s'applique qu'à une bouteille de laboratoire et non pas à l'océan réel est un tour de passe-passe qui a servi et sert continûment depuis 1960 à escamoter l'effet des températures montré au tableau 2.
Cette ruse peut être attribuée à Bert Bolin le président fondateur du GIEC, dans un article de 1959 [5], où la relation de Revelle est nommée *"buffer factor"* (voir T. Segalstad [40] pour une analyse historique détaillée)*: "a buffer mechanism acting in such a way that a 10% increase of the CO_2-content of the atmosphere need merely be balanced by an increase of about 1% of the total CO_2 content in sea water to reach a new equilibrium". . . . " The low buffering capacity of the sea mentioned by Revelle and Suess is due to a change in the dissociation equilibrium between CO_2 and H_2CO_3 on one hand and $HCO_3^{[-]}$ and $CO_3^{[2-]}$ ions on the other."*
L'extension à l'océan mondial d'une relation valide dans une bouteille de laboratoire suppose implicitement une unique température de surface de l'océan et l'hypothèse d'un océan statique stratifié sans obduction ni subduction: ainsi on fait disparaître à peu près l'absorption par l'océan et l'air n'échange plus qu'avec un réservoir "*végétation et sols*" de la taille qui convient pour avoir exactement 50% du volume des émissions qui reste dans l'air, comme vu au § I-5 figure 4-a, puisqu'est niée la fertilisation de la végétation par plus de CO_2.

VI-1-1) p. 113: *"... carbon dioxide is nearly transparent to visible light but is a strong absorber and back radiator of infrared radiation particularly in the wave lengths from 12 to 18 microns; consequently an increase of atmospheric carbon dioxide could act much like the glass in a greenhouse to raise the temperature of the lower air ..."*
VI-1-2) p. 118: *"Comparing the measured increase with the known quantity of carbon dioxide produced from fossil fuel combustion we see that almost exactly half of the fossil fuel CO_2 apparently remained in the atmosphere ...The calculation shows that if the oceanic layer mixing with the atmosphere is several hundred meters thick the amount of exchangeable carbon in the biosphere is less or about equal to that in the atmosphere. These are both "reasonable values".... In fact no increase in the biosphere has been noted. Perhaps the most stinking result is that the ocean takes up a relatively small fraction of the total added CO_2 probably about 15%.....*
VI-1-3) p. 124: *"Oceanic warming- The average temperature of the ocean cannot have increased by more than 0.15°C during the past century... a more probable upper limit is 0.05°C would correspond to 0.5°C in the top 400 meters. This would cause a nearly 3% rise in the CO_2 partial pressure... after equilibrium with the atmosphere the partial pressure in both the air and the uppermost ocean layer would be higher by about 2.5% ..."*
VI-1-4) p. 126: *"The CO_2 produced by the combustion is being injected in the atmosphere, about half remains there. The estimated recoverable reserves of fossil fuels are sufficient to produce nearly a 200% increase in the carbon dioxide content of the atmosphere."*

VI-1-5) p. 128:

(fractional change of the surface oceanic carbon content) = (fractional change of the atmospheric content)/12.5

Toutes ces affirmation du rapport *"Atmospheric Carbon Dioxide, The invisible pollutant "* de 1965 ont été répétées et répétées encore dans les rapports du GIEC: elles sont fausses et volontairement trompeuses. Voyons les en détail.

Sur VI-1-1): La fable de la vitre de la serre a, dès 1909, été montrée -expérimentalement- fausse par l'opticien Robert Wood, professeur à John Hopkins University. Le transfert radiatif de chaleur de la surface du sol de la serre vers l'air extérieur est en effet le même pour une vitre transparente en infrarouge thermique (par exemple une plaquette de NaCl transparente jusqu'à 16 µm ou mieux de KBr transparent jusqu'à 26 µm voire une feuille de polyéthylène) et pour une vitre opaque en infrarouge thermique.

Le transfert radiatif de chaleur entre deux corps A et B est:

(A-B) = (puissance rayonnée par A et absorbée par B) moins (puissance rayonnée par B et absorbée par A)

$(\text{surface- air})_{\text{verre transparent}} = (\text{surface- verre})_{\text{verre opaque}} + (\text{verre-air})_{\text{verre opaque}}$

par exemple en W/m² (400 - 300) = (400 - 350) + (350 - 300): le verre opaque à une température intermédiaire entre celle du sol de la serre et celle de l'air reçoit 400 de la surface et 300 de l'air et rayonne moitié vers le haut et moitié vers le bas.

Pour la serre horticole la convection et l'évaporation-condensation de la surface vers la vitre tant à l'intérieur qu'à l'extérieur seraient à considérer. Le sol de la serre ne se refroidit plus guère par évaporation et par convection, bloqués par la vitre, mais son bilan radiatif avec l'air ne dépend pas de la transparence ou de l'opacité de la vitre en infrarouge thermique.

Et il est absurde de vouloir assimiler comme le font encore nombre de manuels (dont celui de Delmas Mégie et Puech, 2005) le meilleur caloporteur, l'air turbulent , à une vitre suspendue dans le vide comme la paroi d'une bouteille thermos ou d'un vase Dewar.

Le rayonnement de l'air vers la surface ou *"back radiation"* ne saurait *"réchauffer"* la surface puisque le bilan radiatif net correspondant au transfert de chaleur (surface-air) est, en moyenne sur 24 heures, zéro or ou presque [26]: l'air humide est très opaque en infrarouge thermique et les basses couches de l'air dont le rayonnement arrive à la surface sont à une température proche de celle-ci.

Le coefficient d'émissivité de la surface en infrarouge lointain a été récemment revu à la baisse [14] pour les océans et surface d'eau (72% de la surface du globe) ce qui diminue de 10% les émissions thermiques de la surface et invalide les innombrables graphiques du type "*Kiehl & Trenberth*" où la surface est supposée être un corps noir ou radiateur idéal .

Les températures de la troposphère et de la surface sont tant sur Terre que sur Vénus [42], une conséquence du gradient de température gravitationnel $g/(C_p+|C_h|)$ et de la relation polytropique équivalente $T/T_0 = (P/P_0)^{R/(Cp+|Ch|)}$ où (T_0, P_0) représentent les température et pression "moyennes" de la couche qui, en haut de l'air, perd effectivement de la chaleur par rayonnement vers le cosmos. (T_0, P_0) sont pilotés par la vapeur d'eau et les nuages.

Le court cycle de la vapeur d'eau (8 jours entre évaporation et précipitation) fait qu'une "*radiative imbalance*" entre la chaleur venant du soleil absorbée par l'air humide, par les nuages et par la surface et le rayonnement infrarouge thermique du globe ne saurait perdurer.

Typiquement 288 K = 255 K $(1/ 0{,}53)^{0.19}$ sur Terre et 735 K = 230 K $(92/ 0{,}1)^{0.17}$ sur Vénus.

$|C_h|$ représente le chauffage en altitude venant de l'absorption par la vapeur d'eau d'une partie de l'infrarouge solaire et de sa quasi-totalité par les nuages, et du chauffage dû à la condensation de la vapeur d'eau, chacun contribuant environ 1 K/jour. Avec plus de vapeur d'eau dans l'air, $|C_h|$ augmente, le gradient passe de par exemple 6,5°C/km à 6°C/km, ce qui réduit le température de surface et l'évaporation en surface.

La chaleur solaire absorbée par les océans et les sols ou la végétation est convertie en chaleur latente par évaporation et évapotranspiration et en chaleur sensible par convection. Le transfert de chaleur par voie radiative de la surface vers l'air est à peu près nul, en bilan net (A-B), et le refroidissement radiatif de la surface par ce rayonnement infrarouge qui parvient au cosmos après voir échappé à l'absorption par la vapeur d'eau et les nuages est seulement de 20 W/m² en moyenne "globale" soit quelques 5% à 6 % du rayonnement "moyen" de la surface.

Sur VI-1-2): Pour la *"airborne fraction"* voir le § IV-1 ci-dessus. Les ruses sont:

a) L'emploi du "rapport de Revelle" de 12,5 entre les petits changements relatifs d(DIC)/(DIC) du contenu en carbone de la couche océanique superficielle et les changements relatifs 12,5 fois plus grands du contenu en CO_2 de l'air supposé en équilibre avec le CO_2 de l'eau (ce qui est dit page 128 du rapport); ainsi les océans n'absorbent pas de "*additional CO_2*". Les hypothèses implicites et tout à fait fausses sont

- une mince couche océanique de surface en équilibre avec l'air, ce que le tableau 2 montre impossible: les surfaces froides absorbent et les surface chaudes dégazent ; les températures de surface des océans vont de -2°C à +35°C,
- pas de subduction ni d'obduction entre l'océan de surface et l'océan moyen plus profond: selon le rapport GIEC AR1 (ou FAR) de 1990 on aurait 35 Gt-C/an en subduction et 37 Gt-C/an en obduction (au lieu de 265 et 275 Gt-C/an [24]) et le carbone de surface qui se échange avec celui de l'air n'est pas renouvelé.

b) Minimiser la taille de la biosphère, en oubliant la matière organique qui pourrit dans les sols.
Ainsi le CO_2 circule-t-il entre l'air et de petits réservoirs (voir le § I-5), et le flux air vers biosphère est pris constant comme sur la figure 4-a ! Et alors la moitié du volume des émissions de carbone venant des combustibles fossiles reste littéralement dans l'air. CQFD !

Sur VI-1-3): L' *équilibre* avec la couche de surface supposée uniforme d'un océan statique (pas de subduction ni d'obduction) n'a pas de sens, comme on vient de le voir. L'affirmation d'un accroissement de seulement 2,5% des ppm par dégazage thermique de l'océan se fonde sur l'hypothèse d'une couche de surface statique alors que obduction et upwelling apportent en permanence du carbone "neuf" au dégazage. Ce "*dégazé moins absorbé*" se cumule dans le temps comme l'intégrale sur le temps de a AT(t)+ b comme vu au § II-3.

Sur VI-1-4): Les *"recoverable reserves"* de 1965 sont dites le double des 680 Gt-C dans l'air en 1965, soit 1360 Gt-C. Un "*200% increase"* à 960 ppm demande +1356 Gt-C dans l'air au delà des 320 ppm de 1965: Revelle et al. assurent donc que 100% des émissions cumulées restent dans l'air "*remain in the air"* ! C'est absurde !
Le tableau 1 montre que pour une logistique proche du scénario type RCP8.5 des émissions cumulées de 1600 Gt-C entre 2015 et 2100 feraient croître le contenu de l'air en CO_2 de 37 ppm (débit en sortie du réservoir un cinquième du contenu du réservoir) ou de 73 ppm (débit en sortie du réservoir croissant comme la racine carrée du contenu).
Selon BP Statistical Review [6], les réserves prouvées en 2015 étaient d'environ 760 Gt-C.

Sur VI-1-5): Nous avons déjà discuté le" *rapport de Revelle"* (*"Revelle ratio"*) aussi appelé *"buffer factor"*.
C'est une ruse pour escamoter la relation entre la température et la pression partielle du CO_2 dans l'eau (ou loi de Henry) vue au tableau 2.
Le mot "loi de Henry" et la dépendance de p_{CO2eau} vis à vis de la température sont, aujourd'hui encore, absolument tabous pour les auteurs du GIEC.
Notons que Revelle et al. [35] ont employé le ^{14}C pour estimer la taille des réservoirs qui échangent avec l'atmosphère. La perturbation venant de la production de cet isotope par les essais de bombes H à l'air libre de 1952 jusque dans les années 1970 jette un doute sur ces spéculations. Une analyse détaillée par Munshi [28] montre que *"the data for ^{14}C in atmospheric CO_2 do not serve as empirical evidence that the observed increase in atmospheric CO_2 since the Industrial Revolution is attributable to fossil fuel emissions"*

VI-2) En 1990, 25 ans plus tard:
Le FAR (First Assessment Report), WG1, 1990 du GIEC [20] a les mêmes tabous absolus sur l'effet des températures de surface et sur la loi de Henry, introduit les réponses impulsionnelle de type Hamburg et analogues, dont la valeur à t = 100 est 1/e =37%, mais adhère en même temps à l'idée d'une "*airborne fraction*" pourtant incompatible avec les autres réponses impulsionnelles.

VI-2-1) chapter 1 *Greenhouse Gases and Aerosols* page 11, end of § 1.2.4.1: "*the sensitivity of atmospheric CO_2 levels to minor* [sic!] *climatic changes such as the Little Ice Age (lasting from the end of the 16th to the middle of the 19th century), when global mean temperatures probably decreased by about 1°C, is small"*
VI-2-2) page 12: *" The aqueous carbonate chemistry in sea water operates in a mode that if the atmospheric CO_2 concentration increases by e.g. 10% then the concentration of dissolved inorganic carbon in sea water increases by only about 1% at equilibrium. Therefore, the ocean is not such a powerful sink for anthropogenic CO_2 as might seem at first when comparing the relative sizes of the reservoirs (Figure 1.1)"*
VI-2-3) page 17 right: *" The time taken for atmospheric CO_2 to adjust to changes in sources and sinks is of order 50 to 200 years, determined mainly by the slow exchange of carbon between surface waters and deeper layers of the ocean. Consequently CO_2 emitted into the atmosphere today will influence the atmospheric concentration of CO_2 for centuries into the future. ... "*
VI-2-4) La figure I-2 page 9 montre des réponses impulsionnelles dont celle du *"3-dimensional ocean-circulation model of Maier-Reimer and Hasselmann (1987)"* réglée pour présenter une réponse en 1/e à t=100 ans.
VI-2-5) page 5 (gauche), "*executive summary*" du chapitre 1: "*The atmospheric increase during the past decade corresponds to (48±8) % of the total emissions during the same period with the remainder being taken up by the oceans and land. Indirect evidence suggests that the land and oceans sequester CO_2 in roughly equal proportions though the mechanisms are not all well understood....*
Three models have been used to estimate that even if anthropogenic emissions of CO_2 could be kept constant at present day rates [6.1 Gt-C in 1990] *atmospheric CO_2 would increase to 415 - 480 ppmv by the year 2050 and to 460 - 560 ppmv by the year 2100. In order to stabilize concentrations at present day levels* [354 ppm in 1990] *an immediate reduction in global anthropogenic emissions by 60 to 80 percent would be necessary."*
VI-2-6) page 14 of Chapter 1 § 1.2.5: *"Evidence that contemporary carbon dioxide increase is anthropogenic....*
(1) Ice cores...353 ppm is not observed during the past 160 000 years...

(2) The observed rate of increase closely parallels the accumulated emission trends from fossil fuel combustion...
(3) The observed isotopic trends of ^{13}C and ^{14}C agree qualitatively with those expected due to CO_2 emissions from fossil fuels and the biosphere and they are quantitatively consistent with the results from carbon cycle modeling.

Sur VI-2-1): Là le GIEC nous propose une *sensitivity of atmospheric CO_2 levels to climatic changes* quelque chose comme dN(t)/dT !
La sensibilité aux températures a été vue au § II-3, figures 11 à 15, et à la figure 1-b) du § I-2: le CO_2 de l'air est pour les quatre dernières décennies l'intégrale sur le temps de a AT(t)+ b, l'intégrale de la différence entre dégazage et absorption.
La teneur de l'air en CO_2 ne présente pas de corrélation avec les températures; c'est sa dérivée dN(t)/dt qui se correlle avec les températures T(t) et non pas avec dT(t).

Sur VI-2-2): Refus d'admettre que la température pilote $p_{CO2water}$ (cf. table 2) et hypothèse implicite d'une seule température de l'océan de surface en équilibre statique avec l'air comme s'il s'agissait d'une bouteille de laboratoire fermée avec un peu d'eau au fond.

Sur VI-2-3): Le *"slow exchange of carbon between surface waters and deeper layers"* est montré à la figure 1.1 p. 8 de ce FAR: subduction de 35 Gt-C/an, obduction de 37 Gt-C/an, soit 7,5 fois moins que dit par l'évaluation récente [24] citée au § II-1.

Sur VI-2-4): Quoiqu'après le FAR de 1990 les échanges entre l'océan de surface océan et l'océan profond aient été portés à 90 Gt-C/an (subduction) et 101 Gt-C/an (obduction), les fonctions de transfert du genre Bern et Hamburg ont été conservées sans changement et servent encore à dire le cumul des émissions à ne pas dépasser pour rester en dessous de la limite à +2°C [25] [46]. Ces fonctions semblent donc tout à fait indépendantes des "modèles" supposés les justifier; elles ne sont en réalité qu'une optimisation de la fonction de transfert entre la série historique ff(t) eet la série y(t) du MLO comme vu figure 23.

Sur VI-2-5): La formulation "*the remainder* [52% des émissions anthropiques] *being taken up by the oceans and land"* est incompatible avec une durée de vie de 4,1 ans ou de 5 ans. Pour des émissions anthropiques constantes et une durée de vie de 4,1 ans, 37% des émissions de la décennie seraient encore dans l'air et 63% auraient été déjà absorbées.
Si "*anthropogenic emissions were kept constant"* pour les débits en sortie auto-adaptatif y(t)/5 ou $y(t_0)^{0.5}$ $y(t)^{0.5}$ /5 du § I, y(2100) serait de 10 ppm ou de 20 ppm supérieur à y(1990) et vaudrait 354_{1990} + 20 = 374 ppm et non pas *"560 ppm by the year 2100"*.
L'auto-adaptation du débit en sortie du réservoir a un effet très considérable sur le remplissage ou non du réservoir.
La non-stabilisation des émissions au niveau de 1990 n'a, malgré les menaces et injonctions du premier rapport du GIEC ("*an immediate reduction in global anthropogenic emissions by 60 to 80 percent*"*)*, pas eu d'effet sur les températures comme montré aux figures 28 et 29 ci-dessous.

Sur VI-2-6) La preuve que l'accroissement actuel du dioxyde de carbone est l'effet de l'homme (" *evidence that contemporary carbon dioxide increase is anthropogenic*") n'existe pas et les trois points avancés relèvent de l'enfumage:
(1) La teneur en dioxyde de carbone trouvée dans les carottes de glace n'est pas celle du dioxyde de carbone dans l'air Le processus de diffusion gazeuse dans le névé avec une fermeture progressive des interstices entre cristaux amène un lissage temporel sur des millénaires et l'augmentation de la pression au voisinage du niveau de l'occlusion finale provoque l' évasion d'une partie du gaz.
(2) La vitesse de la croissance ("*rate of increase*") d(N(t) + F(t))/dt et les émissions ff(t) de combustibles fossiles ne sont nullement "*parallel*". La vitesse de la croissance du CO_2 de l'air ("*rate of increase*") est à la figure 14 la courbe bleue très dentelée des incréments sur 12 mois. Les "*accumulated emission trends*" sont la dérivée ("*trend*") du cumul des émissions, soit tout simplement les émissions ff(t) de l'année tracées à la figure 14, courbe noire. Pas de "parallélisme" du tout !
Munshi [27] a montré que : *" A statistically significant correlation between annual anthropogenic CO2 emissions and the annual rate of accumulation of CO2 in the atmosphere over a 53-year sample period from 1959-2011 is likely to be spurious because it vanishes when the two series are detrended. The results do not indicate a measurable year to year effect of annual anthropogenic emissions on the annual rate of CO2 accumulation in the atmosphere."*
(3) L'analyse quantitative du delta^{13}C au § V-4 et les données du § III montrent un accord quantitatif avec une durée de vie de cinq ans et une forte dilution du carbone de combustibles fossiles qui revient à l'air après un long transit dans les sols ou les océans. Ces deux points infirment les assertions du GIEC. L'accroissement de +20 ppm de F(t) sur 1958-2015 n'est qu'une petite fraction des +85 ppm observés au MLO sur 1958-2015.

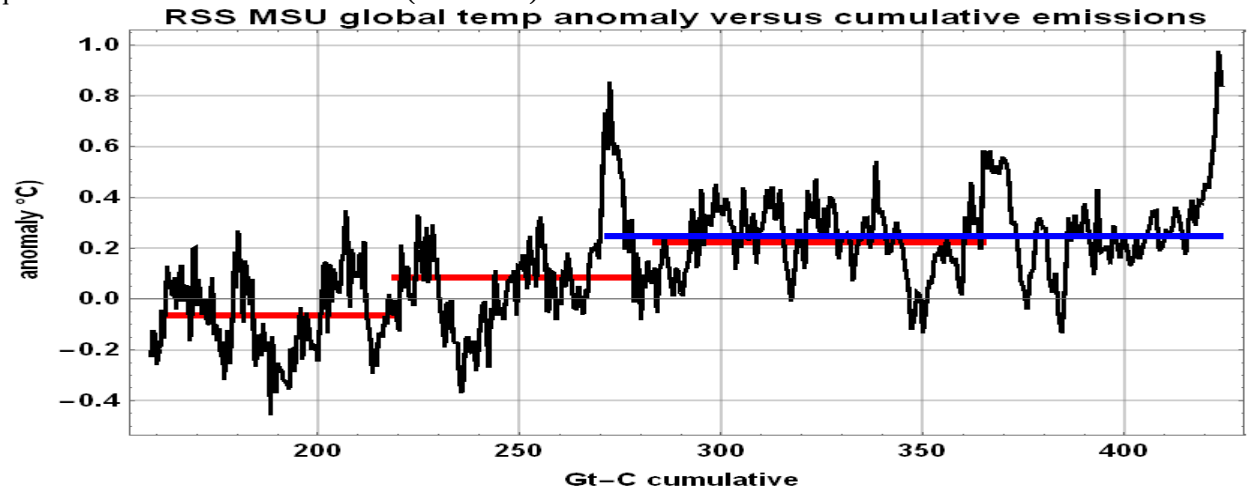
VI-3) En 2013, presque 50 ans plus tard:
Le rapport GIEC AR5 [20] emploie des scénarios en "*radiative forcing*" sans les rapporter directement à des émissions de combustibles fossiles; sa figure 6.25 p. 527 reproduite ici à la figure 25-a) ne se rattache plus explicitement à des réponses impulsionnelles genre Berne, discrètement mises au rancart.

Ce changement dans la présentation peut être dû à la faillite des "modèles" du cycle du carbone exprimée par les opinions de Hansen et al. [18], de Wang X. et al. [47], Wang W. et al. [48] citées au § V-1 et par Francey et al. [15] dont la figure 2 montre une net ralentissement de la croissance du CO_2 sur 2002-2012 malgré le quasi-doublement de 4 Gt/an à 8 Gt/an de la production mondiale de charbon.

La figure SPM.10 de AR5 (2013) montre un accroissement des températures moyennes globales en fonction des émissions anthropiques cumulées, pour dire qu'on ne saurait employer plus de 250 Gt-C des réserves de combustibles fossiles estimées en 2015 à 760 Gt-C (BP 2015, [6]) sans dépasser la limite à "*+2°C*".

Les données observées, tracées à la figure 28, montrent que ces affirmations du GIEC sont infondées: 36% des émissions cumulées entre les pics de deux grands El Niño n'ont vu aucun réchauffement et 62% des émissions cumulées (1978-2016) n'ont vu qu'un saut de température de 0,3°C environ dû:
(a) à une récupération après les refroidissements amenés par deux éruptions volcaniques majeures
(b) à un saut de 0,5°C en extratropical nord après le grand El Niño of 1997-98.
Aucun de ce événements n'a de rapport avec le *"CO_2 anthropique"*. De plus il y a eu, non représenté à la figure 28, un refroidissement de 0.2°C ou 0.3°C de 55 Gt-C à 138 Gt-C (1945 to 1975).

Figure 28 Anomalies des températures série RSS tracées en fonction du cumul des émissions anthropiques de combustibles fossiles (Gt-C)
Les moyennes sur dix années calendaires pratiquées par le GIEC (figure SPM.10 of AR5) sont les trois traits rouges horizontaux de températures -0.06°C, 0.08°C et 0.23°C. Le premier est le plus petit à cause de l'éruption du El Chichon; le second moyenne les effets de l'éruption du Pinatubo avec ceux du grand El Niño de 1997-98; le troisième segment rouge, sur 2000-2009, reflète l'augmentation, en un saut, des températures de l'hémisphère nord extratropical après le grand El Niño visible aux figures II-D and II-J (vignette du bas).
La ligne bleue est la régression linéaire sur les températures en fonction du temps entre les deux pics de 1998 et 2016: son équation est 0.24°C + 0.0008 °C/an (t-1998.29)



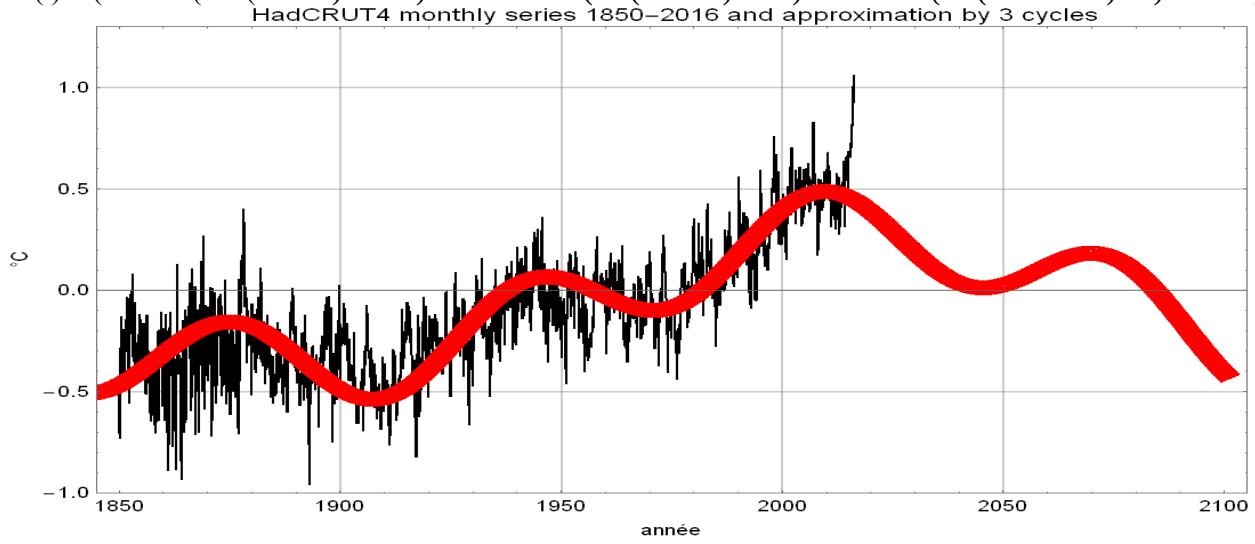
Pour les séries tracées à la figure 28 la moyenne sur l'année 1979 est -0.09°C, et la moyenne sur 1998,29 à 2016,15 est 0.24°C sans tendance, soit +0.33°C par rapport à 1979.
Pour les séries HadCRUT4 de la figure 29 la moyenne sur l'année 1979 est +0.06°C, la moyenne entre les pics des grands El Niño est 0.49°C avec une régression linéaire 0.38°C +0.012 (t -1998.29) soit +0.43°C par rapport à 1979.

Les données de la figure 28 sont cohérentes avec les résultats du § II-3: les 6% du dioxyde de carbone de l'air venant des émissions de combustibles fossiles n'ont aucun effet et les changements des ppm de CO_2 dans l'air sont une conséquence des cycles naturels des températures, l'intégrale sur le temps de a AT(t) + b intégrale qui croît même quand AT(t) est constante.

La figure 29 montre une approximation heuristique de la série HadCRUT-4 des anomalies mensuelles "globales" des températures par les cycles bien connus de périodes 1000 ans [10], 215 ans (cycle de de Vries du ^{14}C attribué aux fluctuations du champ magnétique solaire qui défléchit plus ou moins les rayons cosmiques), 60 à 67 ans de la Pacific Decadal Oscillation. Cette heuristique a servi au calcul de la courbe bleue de la figure 1-b du § I-2.

Figure 29 Anomalies moyennes globales des températures série HadCRUT4 depuis 1850 (courbe noire); cette série vient d'observations de navires et de stations météo en surface; la courbe rouge est une approximation heuristique par des cycles de périodes 1000 ans, 215 ans et 67 ans.

$$AT(t) = (0.9 \cos(2\pi (t-2015)/1000) + 0.211 \cos(2\pi (x-2015)/215) + 0.2 \cos(2\pi (x-2008.94)/67) - 0.828)$$



VII) Conclusions

Le contenu du réservoir atmosphérique de CO_2 est environ cinq fois le flux annuellement absorbé par les océans et la végétation et aussi cinq fois la somme des flux dégazés naturellement (environ 160 Gt-C/an) et des émissions venant de combustibles fossiles (10 Gt-C/an).

Les émissions pourraient atteindre un cumul de plus de 1600 Gt-C sur 2015 à 2100 sans provoquer une augmentation du CO_2 de l'air de plus de 40 ppm, si le débit sortant de l'atmosphère reste une fraction constante, un cinquième environ, du CO_2 de ce réservoir , voire de 75 ppm si le débit sortant ne croissait que comme la racine carrée du contenu de ce réservoir.

Le delta^{13}C observé suggère que 2% du dégazage naturel peut venir du carbone absorbé des décennies plus tôt et soumis au dégazage.
Le CO_2 de l'air qui est effectivement resté ("*remained*") d'émissions de combustibles fossiles, F(t), 24 ppm en 2015 et 6% du carbone de l'air, croît ou décroît comme la somme des émissions passées, émises m années avant l'année courante et pondérées par exp(-m/5).

Comme montré avec des outils différents par plusieurs scientifiques, M. Salby [37], R. Spencer [43], T. Segalstad [40], J. Munshi [27, 28], par des ingénieurs C. Starr [4], J. Glassman [16] et par des économistes et statisticiens M. Beenstock et Y. Reingewertz [2], le plus gros de la croissance du dioxyde de carbone dans l'air des derniers soixante ans est une conséquence directe du cycle naturel des températures montré aux figures 10, 11 et 29. Cette tendance devrait se poursuivre tant que la température ne diminuera pas trop (figures 29 et 1-b).

Le CO_2 "naturel" N(t) dans l'air est passé de 310 ppm en 1958 à 375 ppm en 2015, et est l'intégrale sur le temps d'une fonction a AT(t) + b de l'anomalie AT(t) des températures de la basse troposphère intertropicale.
C'est une conséquence des températures passées et présentes et n'en peut donc pas être la cause.

Références

[1] [Barry, 2010] James P. Barry, Toby Tyrrell, Lina Hansson, Gian-Kasper Plattner, Jean-Pierre Gattuso *Atmospheric CO_2 targets for ocean acidification perturbation experiments*, pp. 53-66 in *Guide to best practices for ocean acidification research and data reporting* , Edited by U. Riebesell, V. J. Fabry, L. Hansson and J.-P. Gattuso. 2010, Luxembourg: Publications Office of the European Union

[2] [Beenstock, 2012] M. Beenstock, Y. Reingewertz, and N. Paldor *Polynomial cointegration tests of anthropogenic impact on global warming*, Earth Syst. Dynam., 3, 173-188, doi:10.5194/esd-3-173-2012, 2012
http://www.earth-syst-dynam.net/3/173/2012/esd-3-173-2012.html
http://www.earth-syst-dynam-discuss.net/4/C118/2013/esdd-4-C118-2013-supplement.pdf.
http://wattsupwiththat.com/2014/06/24/pro-agw-economists-try-to-discredit-skeptics-succeed-in-discrediting-fellow-warmists/

[3] [Björnbom, 2013] Pehr Björnbom *Rekonstruktion av Murry Salbys teori för att koldioxidökningen är temperaturdriven*, 2013-06-24, http://www.klimatupplysningen.se/wp-content/uploads/2013/06/Rekonstruktion-av-Murry-Salbys-teori.pdf

[4] [Böhm, 2002] F. Böhm, A. Haase-Schramm, A. Eisenhauer, W.-C. Dullo, M. M. Joachimski, H. Lehnert, and J. Reitner, *Evidence for preindustrial variations in the marine surface water carbonate system from coralline sponges,* Geochem. Geophys. Geosyst., 3(3), doi:10.1029/2001GC000264, 2002.

[5] [Bolin, 1959] , B. Bolin, E. Eriksson,*Changes in the carbon dioxide content of the atmosphere and sea due to fossil fuel combustion.* In: Bolin, B. (Ed.): *The atmosphere and the sea in motion*, Scientific contributions to the Rossby Memorial Volume. The Rockefeller Institute Press, New York, 130-142 (1959): http://shadow.eas.gatech.edu/~kcobb/warming_papers/Bolin58.pdf

[6] [BP 2015] British Petroleum, *Data workbook statistical review 2015*
http://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy/downloads.html

[7] [Byrne, 2010] R. H. Byrne, S. Mecking, R. A. Feely, and X. Liu (2010*), Direct observations of basin-wide acidification of the North Pacific Ocean, Geophys. Res. Lett., 37,* L02601, doi:10.1029/2009GL040999 (figure 2, from CLIVAR and WOCE)

[8] [CDIAC, 2013] http://cdiac.ornl.gov/ftp/ndp030/global.1751_ 2010.ems *Global CO_2 Emissions from Fossil-Fuel Burning, Cement Manufacture and Gas Flaring:1751-2010*, July 30, 2013. Source: Tom Boden, Bob Andres, Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, Gregg Marland , Research Institute for Environment, Energy and Economics, Appalachian State University

[9] [Christy, 2013] John Christy, Roy Spencer, 2013, "Global Temperature Report," on line at *Earth System Science Center* [http://nsstc.uah.edu/climate/index.html].
http://vortex.nsstc.uah.edu/data/msu/t2lt/uahncdc_lt_5.6.txt
http://www.drroyspencer.com/2015/04/version-6-0-of-the-uah-temperature-dataset-released-new-lt-trend-0-11-cdecade/

[10] [Christiansen, 2012] Christiansen B. , and Ljundqvist F.C. , *The extra-tropical Northern Hemisphere temperature in the last two millennia: reconstructions of low-frequency variability* 2012, Clim. Past, 8, 765–786, 2012 doi:10.5194/cp-8-765-2012 See figure 5

[11] [Doblin, 2016] M. A.Doblin, and E. an Sebille *Drift in ocean currents impacts intergenerational microbial exposure to temperatures*, PNAS 2016, vol. 113 no. 20, 5700–5705, doi: 10.1073/pnas.1521093113

[12] [Donohue, 2013] Randall J. Donohue, Michael L. Roderick, Tim R. McVicar, and Graham D. Farquhar *Impact of CO2 fertilization on maximum foliage cover across the globe's warm, arid environments*, GRL, vol. 40, 3031–3035, doi:10.1002/grl.50563, 2013

[13] [Etheridge, 2008] Etheridge et al. http://cdiac.ornl.gov/trends/co2/lawdome.html
see as well http://residualanalysis.blogspot.fr/2010/01/smoothing-splines-and-law-dome-co2-data.html

[14] [Feldman, 2014] Daniel R. Feldman et al. *Far-infrared surface emissivity and Climate,* PNAS 2014, vol. 111, n°46

[15] [Francey, 2013] R.J. Francey et al. *Atmospheric verification of anthropogenic CO_2 emission trends,* Nature Climate Change, **3**, 764, 2013; corrigendum: http://www.nature.com/nclimate/journal/v3/n8/full/nclimate1956.html

[16] [Glassman, 2006] Jeffrey Glassman http://www.rocketscientistsjournal.com/2006/10/co2_acquittal.html

[17] [Graven, 2013] H. D. Graven , R.F. Keeling , S.C. Piper, P.K. Patra, Stephens BB, Wofsy SC, Welp LR, Sweeney C, Tans PP, Kelley JJ, Daube BC, Kort EA, Santoni GW, Bent JD. *Enhanced seasonal exchange of CO_2 by northern ecosystems since 1960,* Science, 2013 Sept. 6; 341(6150):1085-9. doi: 10.1126/science.1239207. http://science.sciencemag.org/content/341/6150/1085.full http://science.sciencemag.org/content/sci/suppl/2013/08/07/science.1239207.DC1/Graven.SM_Revised.pdf

[18] [Hansen, 2013] James Hansen, Pushker Kharecha, Makiko Sato *Doubling Down on Our Faustian Bargain* 29th March 2013, Environmental Research Letters, Volume 8, Number 1 http://www.columbia.edu/~jeh1/mailings/2013/20130329_FaustianBargain.pdf

[19] Idso, 2016] C. Idso *Plant growth database* at http://www.co2science.org/data/plant_growth/plantgrowth.php

[20] [IPCC] IPCC http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_and_data_reports.shtml

[21] [Ishidoya, 2012] Shigeyuki Ishidoya et al. *Oceanic and terrestrial biospheric CO_2 uptake estimated from atmospheric potential oxygen observed at Ny-Alesund, Svalbard, and Syowa, Antarctica,* Tellus B 2012, **64**, 18924

[22] [Joos, 2013] F. Joos et al. *Carbon dioxide and climate impulse response functions for the computation of greenhouse gas metrics: a multi-model analysis,* Atmos. Chem. Phys., 13, 2793–2825, 2013 www.atmos-chem-phys.net/13/2793/2013/

[23] [Keeling] ftp://aftp.cmdl.noaa.gov/products/trends/co2/co2_mm_mlo.txt published by NOAA ftp://aftp.cmdl.noaa.gov/data/trace_gases/co2/in-situ/surface/spo/co2_spo_surface-insitu_ 1_ccgg _MonthlyData.txt Source: R.F.Keeling, S. C. Piper, A. F. Bollenbacher and S. J. Walker, Carbon Dioxide Research Group, Scripps Institution of Oceanography http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/data.html

[24] [Levy, 2013] M. Levy, L. Bopp, P. Karleskind, L. Resplandy, C. Ethe, and F. Pinsard (2013), *Physical pathways for carbon transfers between the surface mixed layer and the ocean interior*, Global Biogeochem. Cycles, 27, 1001–1012, doi:10.1002/gbc.20092

[25] [Matthews, 1996] Ben Matthews thesis http://benmatthews.eu/benphd/chap1.html benmatthews.eu/confpres/Presentation_Arendal_May07_v5.ppt

[26] [Miskolczi, 2007] Dr. Ferenc M. Miskolczi *Greenhouse effect in semi-transparent planetary atmospheres*, IDŐJÁRÁS Quarterly Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 111, No. 1, January–March 2007, pp. 1–40. http://owww.met.hu/idojaras/IDOJARAS_vol111_No1_01.pdf figure 2

[27] [Munshi, 2015] Jamal Munshi *Responsiveness of atmospheric CO_2 to Anthropogenic Emissions: A Note* (Aug. 21, 2015) http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2642639

[28] [Munshi, 2016] Jamal Munshi *Dilution of Atmospheric Radiocarbon CO_2 by Fossil Fuel Emissions* (April 30, 2016) http://ssrn.com/abstract=2770539 http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2770539

[29] [Myneni] R. Myneni http://sites.bu.edu/cliveg/ http://sites.bu.edu/cliveg/people/professors/prof-ranga-b-myneni/myneni-publications/

[30] [Nakazawa, 1993] Takakiyo Nakazawa et al. *Time and space variations of the carbon isotopic ratio of tropospheric carbon dioxide over Japan,* Tellus,1993, 45B, pp. 258-274

[31] [Nemani, 2003] R. R. Nemani et al. *Climate-Driven Increases in Global Terrestrial Net Primary Production from 1982 to 1999,* Science, New Series, Vol. 300, No. 5625 (Jun. 6, 2003), pp. 1560-1563
"... Our results indicate that global changes in climate have eased several critical climatic constraints on plant growth, such that net primary production increased 6% (3.4 petagrams of carbon over 18 years) globally. The largest increase was in tropical ecosystems. Amazon rain forests accounted for 42% of the global increase in net primary production, owing mainly to decreased cloud cover and the resulting increase in solar radiation... Our satellite-based estimates of NPP, by contrast, show significant growth stimulation in both the tropics and the northern high-latitude ecosystems.."

[32] [Park, 2009] Jeffrey Park, *A re-evaluation of the coherence between global-average atmospheric CO_2 and temperatures at interannual time scales*, GRL 2009 Vol. 36, L22704, doi:10.1029/2009GL040975 see online supplement for a description of the coherence algorithm
"Roughly speaking, in the 1979-2008 time interval, interannual variations atmospheric CO2 at Mauna Loa follow a simple integral of global-average temperature fluctuations. This relationship applies to time scales where ocean-atmosphere quasi-cycles, such as ENSO, dominate global climate variations, and does not apply to the long-term secular increase in CO2 or fluctuations on time scales of a year or less."

[33] [Pretzsch, 2014] Pretzsch, H., Biber, P., Schütze, G., Uhl, E., Rötzer, Th., *Forest stand growth dynamics in Central Europe have accelerated since 1870*, (2014) Nat. Commun. 5:4967, DOI:10.1038/ncomms5967

[34] [Quirk, 2009] Tom Quirk *Sources and sinks of carbon dioxide* Energy & Environment vol.20 No. 1, 2009, pp. 105-121.
Tom Quirk *A mysterious CO_2 anomaly in the atmosphere - how 2.5Gt of carbon came in 1988 and went in 1992*
http://www.lavoisier.com.au/articles/greenhouse-science/carbon-dioxide/The-CO2-Bubble.pdf
An Almanac of the Atmosphere or The State of the Climate 2011 being a walk through observations, calculations and estimations of changes to the climate. (and a view through the looking glass) Compiled by Tom Quirk
http://www.lavoisier.com.au/articles/greenhouse-science/climate-change/quirk-2011-almanac-of-the-atmosphere.pdf

[35] [Revelle, 1965] Roger Revelle et al. appendix Y4 *atmospheric carbon dioxide* 1965 The White House
https://dge.stanford.edu/labs/caldeiralab/Caldeira%20downloads/PSAC,%201965,%20Restoring%20the%20Quality%20of%20Our%20Environment.pdf

[36] [RSS 2016] Remote Sensing Sytems inc. http://images.remss.com/msu/msu_data_monthly.html
click on history

[37] [Salby 2015] Murry Salby http://hockeyschtick.blogspot.fr/2015/03/a-recent-seminar-presentation-by.html
https://www.youtube.com/watch?v=rCya4LilBZ8 ; http://talks.cam.ac.uk/talk/index/44760
http://www.youtube.com/watch?v=2ROw_cDKwc0
http://www.youtube.com/watch?v=ZVCps_SwD5w&index=3&list=PLILd8YzszWVTp8s1bx2KTNHXCzp8YQR1z
https://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=YrI03ts--9I
http://scef.org.uk/attachments/article/532/salby01-20131107_u2.pdf; http://scottishsceptic.co.uk/2013/11/08/thanks-prof-salby/
http://hockeyschtick.blogspot.fr/2013/06/climate-scientist-dr-murry-; http://motls.blogspot.fr/2013/06/murry-salby-co2-is-integral-of.html
https://meteolcd.wordpress.com/2012/04/29/the-part-of-natural-co2-emissions-dynamite-conference-by-prof-murray-salby/

[38] [Sarmiento, 1995] J.L.Sarmiento, C. Le Quéré *Limiting future atmospheric carbon dioxide*, Global Biogeochemical Cycles, 9, n°1, pp. 121-137, March 1995
http://www.gfdl.noaa.gov/bibliography/related_files/jls9501.pdf

[39] [SCRIPPS] http://scrippsco2.ucsd.edu/data/atmospheric_co2
http://scrippsco2.ucsd.edu/data/atmospheric_co2.html http://cdiac.ornl.gov/trends/co2/iso-sio/iso-sio.html

[40] [Segalstad, 1998] Segalstad, T. V. 1998: *Carbon cycle modelling and the residence time of natural and anthropogenic atmospheric CO_2: on the construction of the "Greenhouse Effect Global Warming" dogma. In* Bate, R. *(Ed.)*: *Global warming: the continuing debate.* ESEF, Cambridge, U.K. (ISBN 0952773422), pp. 184-219. also http://folk.uio.no/tomvs/

[41] [Solomon, 2009] Susan Solomon, G. K. Plattner, R. Knutti, P. Friedlingstein *Irreversible climate change due to carbon dioxide emissions*, PNAS Feb. 10, 2009-, vol. 106, n°6
They assume an exponential 2%/yr increase from 8.7 Gt-C in 2008 up to 54 Gt-C in year 2100, cumulative emissions of 2277 Gt-C (1074 ppm) with 76% of those "*remaining in the air*" as they assume 1200 ppm in 2100 instead of 386 ppm in 2008,
"On the time scale of a millennium addressed here, the CO_2 equilibrates largely between the atmosphere and the ocean and, depending on associated increases in acidity and in ocean warming (i.e., an increase in the Revelle or ''buffer'' factor, see below), typically _20% of the added tonnes of CO2 remain in the atmosphere while 80% are mixed into the ocean."

[42] [Sorokhtin, 2011] O.G.Sorokhtin, GV Chilingarian and N.O. Sorokhtin *Evolution of Earth and its Climate, Birth, Life and Death of Earth*, Elsevier 2011, 576 pages (see chapter 13)

[43] [Spencer, 2008] Roy Spencer
http://www.drroyspencer.com/2009/01/increasing-atmospheric-co2-manmade%E2%80%A6or-natural/
" a 1.98 ppm/yr for every 1 deg. C of temperature change. ... This means that most (1.71/1.98 = 86%) of the upward trend in carbon dioxide since CO2 monitoring began at Mauna Loa 50 years ago could indeed be explained as a result of the warming, rather than the other way around." ; https://wattsupwiththat.com/2008/01/28/spencer-pt2-more-co2-peculiarities-the-c13c12-isotope-ratio/

[44] [Starr, 1993] Chauncey Starr *Atmospheric CO_2 Residence Time and the Carbon Cycle*, Energy Vol. 18, No. 12. pp. 1297-1310, 1993 - Appendix by Michael B. Guthrie and Scott P. Smith, School of Engineering, Stanford University

[45] [Tans] Pieter P. Tans, NOAA Earth System Research Laboratory *Today's carbon cycle as revealed by observed CO2 records* http://esrl.noaa.gov/gmd/co2conference/pdfs/tans.pdf

[46] [van Ypersele, 2006] J.P. van Ypersele, Ben Matthews
B.J.H. Matthews, J.P. van Ypersele (email: matthews@climate.be) http://www.chooseclimate.org/
UNFCCC Article 2, Stabilisation and uncertainty: engaging citizens with a web-based climate model
www.chooseclimate.org/confpres/FirenzeA2StabUncert.ppt
Linking Article 2 & Article 6 Experiences from a role-play of future climate negotiations with students from UCL Belgium, using the interactive Java Climate Model
http://www.climate.be/users/vanyp/presentations/2008-4-17_jpvy__ulb_leon_7__accumulation_des_gaz.pdf
"The currently accepted overview of the global carbon cycle, as presented in the IPCC 2nd assessment report (1995) is based largely on the budget calculated by Siegenthaler and Sarmiento (1993) and references therein. Of the 6 billion tonnes of CO_2 emitted each year from fossil fuel burning and tropical deforestation, about half remains in the atmosphere, about a third enters the ocean, and the remainder is probably taken up by increased growth of trees and grasslands, mainly in northern temperate latitudes"

[47] [Wang, 2014] Xuhui Wang et al *A two-fold increase of carbon cycle sensitivity to tropical temperature variations*, Nature Research Letters 2014

[48] [Wang, 2013] Weile Wang et al. *Variations in atmospheric CO_2 growth rates coupled with tropical temperature*, PNAS 2013 http://www.pnas.org/content/early/2013/07/17/1219683110.abstract & http://www.pnas.org/content/110/32/13061.full.pdf
" ... 2/3 of the interannual variance of the CO2 growth rate is explained by the delayed response of the terrestrial biosphere to interannual variations of temperature and precipitation ..."

[49] [Wanninkhof, 1999] R. Wanninkhof, W.R. McGillis, *A cubic relationship between air-sea CO_2 exchange and wind speed*, GRL , vol. 26, n°13, pp.1889-1892, July 1999

[50] [Wanninkhof, 2013] R. Wanninkhof et al., *Global ocean carbon uptake: magnitude, variability and trends*, Biogeosciences, 10, 1983 – 2000, 2013; www.biogeosciences.net/10/1983/2013/doi:10.5194/bg-10-1983-2013

[51] [Woolf, 2013] D.K. Woolf, P. E. Land, J. D. Shutler, L. M. Goddijn-Murphy, C. J. Donlon *On the calculation of air-sea fluxes of CO_2 in the presence of temperature and salinity gradients*, JGR Oceans vol. 121, Feb. 2013, pp. 1229-1248

[52] [Zhu, 2016] Zaichun Zhu et al. *Greening the Earth and its drivers*, Nature Climate Change (April 2016) doi:10.1038/nclimate3004 http://sites.bu.edu/cliveg/files/2016/04/zhu-greening-earth-ncc-2016.pdf