

Notes et remarques sur

COURS 1 BILAN RADIATIF L3 et diplôme de l'ENS Sciences de la Planète Terre, 2017

Les 64 slides du cours de Monsieur Bernard Legras (legras@lmd.ens.fr; www.lmd.ens.fr/legras) intitulé « *Physique de l'atmosphère bilan radiatif* » 2017, sont, comme bien d'autres exposés, une somme indécente d'absurdités, visant à faire croire à l'existence d'un effet de serre jamais défini et de forçages radiatifs qui ignorent la vapeur d'eau, le tout enrobé dans un formalisme emprunté à l'astrophysique et parfaitement déplacé pour l'atmosphère terrestre remplie de vapeur d'eau, et de températures entre 200 et 300 K bien différentes de celles des photosphères des étoiles, elles entre 30 000 K et 3000 K !

Les commentaires ci-dessous renvoient au numéro de la slide (à gauche) et (à droite) aux passages pertinents du livre « La physique du climat » ou de ses annexes.

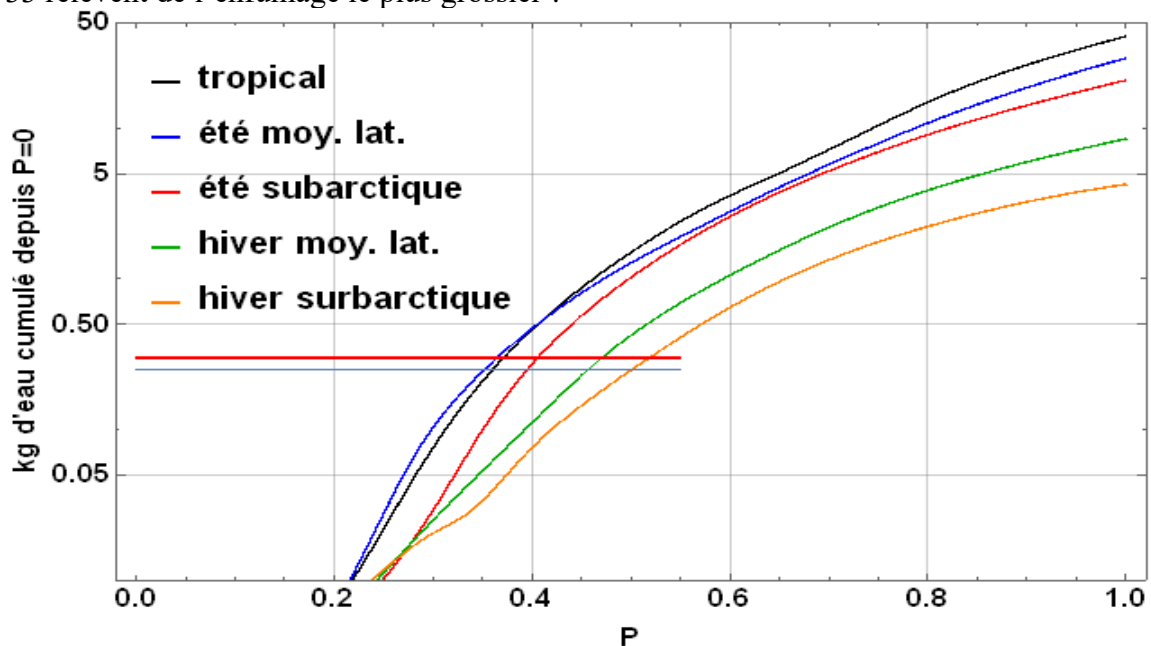
Slide	Commentaire	Référence au livre
3	Prendre la moyenne du flux solaire sur le globe n'a pas de sens ; la Lune donne le corrigé +120°C sous le soleil au zénith et -200°C sur la face obscure.	§5-3 p. 28
3	Les 1367 W/m ² de la constante solaire seraient à remplacer par 1361 W/m ² valeurs préférées depuis 10 ans environ.	
15	La présentation en transmission et non pas en épaisseur optique (qui est le logarithme de la transmission) est un véritable enfumage.	§ 8.1.2
18	Même remarque : cette présentation vise à donner un rôle majeur au flux d'infrarouge thermique surface à cosmos qui, à cause des nuages, ne fait que 22 W/m ² en moyenne mondiale !	§ 8.1.5
19	Cette modélisation du flux radiatif air vers surface entre 600 cm⁻¹ et 1300 cm⁻¹ « oublie » de dire qu'en dehors de la fenêtre le flux air vers surface est assez proche du flux de la surface absorbé par l'air.	§8.1.2 p. 42 figure
21	La suite de la slide 3 : le « <i>en l'absence d'effet de serre</i> » ne signifie rien et on ne saurait croire que la racine quatrième de la moyenne des puissances quatrième est égale à la moyenne : exemple : moyenne de 1, 2 et 3 = (1 + 2 + 3)/3 = 2 et racine quatrième de la moyenne des puissances quatrièmes [(1+ 16 + 81)/3] ^{1/4} = 2,39 Et l'albédo de 0,3 (en fait entre 0,28 et 0,34) dépend essentiellement des nuages et suppose des océans et de la vapeur d'eau !	
22	Ces graphiques « vicieux » visent à faire oublier qu'un transfert de chaleur par voie radiative est émis par A et absorbé par B moins émis par B et absorbé par A Les 288 K sont simplement l'effet de la pression avec 212 K à 200 mbar parce que le flux radiatif en tireté est, vers la surface, égal au flux de la surface absorbé par l'air. La surface (à 71% océanique) se refroidit essentiellement par évaporation et par convection !	§ 3.3
23	Noter que le 10 janvier 2011, selon ces observations, le flux infrarouge thermique air vers surface varie entre 316 W/m ² et 235 W/m ² avec des maxima nocturnes alors que le solaire a un maximum vers 729 + 81 = 810 W/m ² (en regardant dans la direction du soleil) vers 12 heures et une <i>global irradiance</i> sur une surface horizontale de 350 W/m ² .	
25	La vitre de la serre « <i>la surface est réchauffée par la présence de l'atmosphère</i> » C'est là un gros enfumage ! La surface n'est pas « <i>réchauffée</i> » ce qui impliquerait un apport de chaleur ; la température de surface est supérieure à la température moyenne de rayonnement de 255 K par effet de la pression et non par des effets radiatifs ou des apports de chaleur ! Et le 255 K est une fiction absurde car faisant la moyenne des rayonnements parvenant au cosmos depuis la surface (22 W/m ² en moyenne globale), depuis la troposphère (200 W/m ²) et depuis la stratosphère (18 W/m ²) qui ont des mécanismes et des températures d'émission totalement différents ! La température de surface est, dans la troposphère, déterminée par le poids de l'atmosphère selon la relation polytropique entre pression et température $T \sim P^{R/(C_p - C_v)}$ L'application numérique donnée sur la slide avec T _{surface} = 303 K dit que 2/(2- epsilon) = 1,99347 et epsilon = 0,996725 et que donc l'atmosphère est entièrement opaque en infrarouge thermique, mais ne le serait pas en zone tempérée (!) car si T _{surface} = 288 K, epsilon = 0,771 .	

	La relation entre température et pression, absolument tabou pour la secte réchauffiste dit : en polytropique en équatorial $303 / 196 = (1 / 0,1)^{0,19}$ en zone tempérée $288 / 212 = (1 / 0,2)^{0,19}$	
25	L'absurdité de cette représentation est confirmée par le texte surligné en jaune <i>La différence est due à "l'effet de serre" : absorption du rayonnement thermique par l'atmosphère</i> Or le rayonnement de l'air vers la surface est en gros égal au rayonnement de la surface absorbé par l'air : l'absorption du rayonnement thermique de la surface par l'atmosphère n'a donc aucun effet ou un effet très faible en transfert de chaleur ; le transfert de chaleur par voie radiative est de quelques W/m ² en faveur de l'air mais est fort petit faible par rapport à l'évaporation et à la convection ! Incidentement on apprend (!) que la différence entre les températures d'émission du globe (les 255 K) et de la surface (303 K ou 288 K ?) serait due à l' <i>absorption du rayonnement thermique par l'atmosphère</i> !!!	
26	Le prétendu « modèle » est une ineptie qui ignore l'évaporation et la convection ! Sur Terre il y a de la vapeur d'eau et des océans ! L'application numérique avec le epsilon de 1 de la slide précédente amène : $2 \times 241 \text{ d epCO}_2 = (4 / 303) (5,67 \text{ } 3,03^4) - 2 \times 241 \text{ d epH}_2\text{O} / \text{dT}_{\text{surface}}) \text{ dT}_{\text{surface}}$ Soit $\text{dT}_{\text{surface}} = \text{d epCO}_2 / (2,386 - \text{d epH}_2\text{O} / \text{dT}_{\text{surface}})$ Avec $\text{d epCO}_2 + \text{d epH}_2\text{O} / \text{dT}_{\text{surface}} = 0$, puisque $\text{epH}_2\text{O} + \text{epCO}_2 = 1$ selon la slide 25, il vient : $2,386 \text{ dT}_{\text{surface}} + \text{d epCO}_2 = \text{d epCO}_2$ de solution $\text{dT}_{\text{surface}} = 0$!	
26	L'invocation d'un « vrai calcul » non dévoilé qui ferait passer le réchauffement de +1,2°C à +2,2°C, sans doute pour un doublement de l'épaisseur optique du CO ₂ , laisse pantois ! L'auteur admet-il que tout ce qui précède est de l'enfumage ou <i>des faux calculs</i> ?	
27	« L'effet de serre bloque le rayonnement sortant ». Encore une affirmation stupide ! L'air est rendu opaque par la vapeur d'eau et le rayonnement de la troposphère vers le cosmos est en pratique celui du haut de la vapeur d'eau vers 9 km, en dehors de la fenêtre spectrale de la vapeur d'eau entre 23 THz et 36 THz, et vers 2 km dans la fenêtre où le rayonnement est celui de la face supérieure des nuages. L'effet de serre ne bloque rien du tout ! Il faut un gaz nommément défini pour « absorber » et non pas « bloquer (sic !) » le rayonnement de la surface ! Par ailleurs le rayonnement de la surface est de 10% ou moindre que celui du corps noir car les océans ont une émissivité en infrarouge thermique de l'ordre de 0,8 en infrarouge lointain (voir Feldman , PNAS 2014). Les calculs en $5,67 (T_{\text{surface}} / 100)^4$ sont simplement dépourvu de sens tout comme l'expression $G = \sigma T_{\text{surface}}^4 - \text{OLR}$ dépourvue de toute signification en transfert de chaleur	
28	L'équation du transfert radiatif est intéressante pour une étoile vers 10 000 K mais n'a guère de sens sur Terre entre 200 K et 300 K !	
29	L'introduction de la profondeur optique comme les 5/3 de l'épaisseur optique cumulée depuis le haut de l'air ? IL n'est pas dit que c'est en fait une approximation grossière pour passer en rayonnement diffus.	
30	L'épaisseur optique de l'atmosphère est, en dehors de la fenêtre de la vapeur d'eau, de plusieurs centaines ou dizaines, pas de 4 !	annexe 6
31	L'altitude d'émission serait à représenter séparément pour la vapeur d'eau et pour le CO ₂ Pour la troposphère, il faut relier l'épaisseur optique à la quantité de vapeur d'eau cumulée depuis le haut de l'air : voir ci-dessous la figure dans le commentaire sur la slide 33	
32	M. Legras oublie de signaler que le flux rayonné par l'air vers la surface est pour des conditions isothermes rigoureusement égal au flux de la surface absorbé par l'air !	
33	Le rapport $\text{OLR} / (\sigma T_{\text{surface}})^4$ est selon la formule proposée où γ est l'exposant polytropique de la troposphère 0,19 qui d'ailleurs n'a été ni justifié ni rapproché du gradient thermique de -6,5 K/km puisque la relation simple entre température et pression est absolument tabou ! Ce rapport vaut $(e^{-\tau_{\infty}} + (\Gamma(1 + 4 \gamma, 0) - \Gamma(1 + 4 \gamma, \tau_{\infty})) \tau_{\infty}^{-4\gamma})$ tracé ci-dessous	



Pour $\tau = 4$, valeur suggérée à la slide 30, ce rapport vaut 0,318, et donc pour OLR = 241 W/m² il faudrait un rayonnement de la surface de 757 W/m² et une température de surface de 340 K ! (+67°C !)

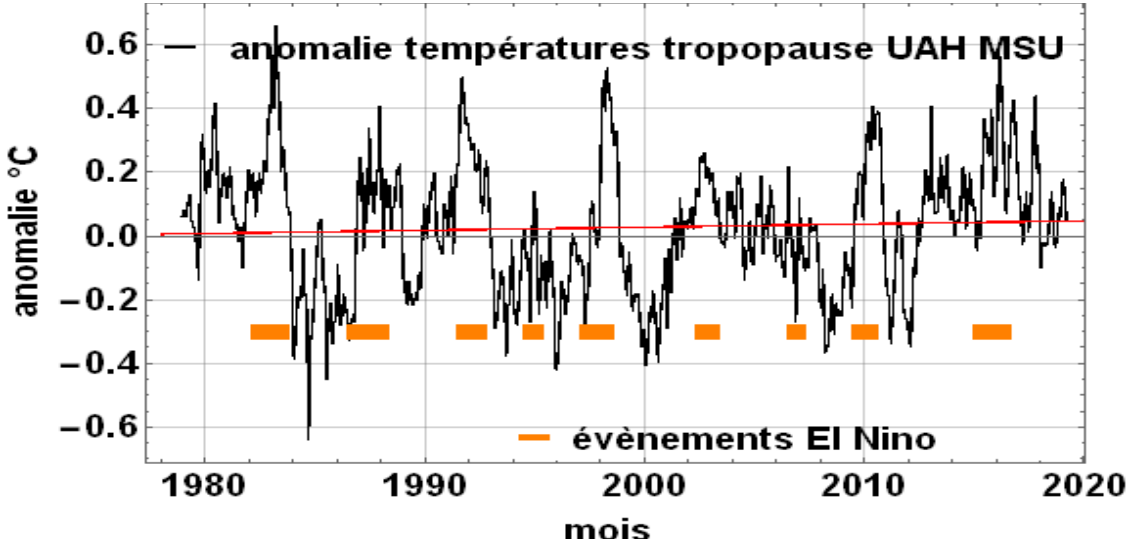
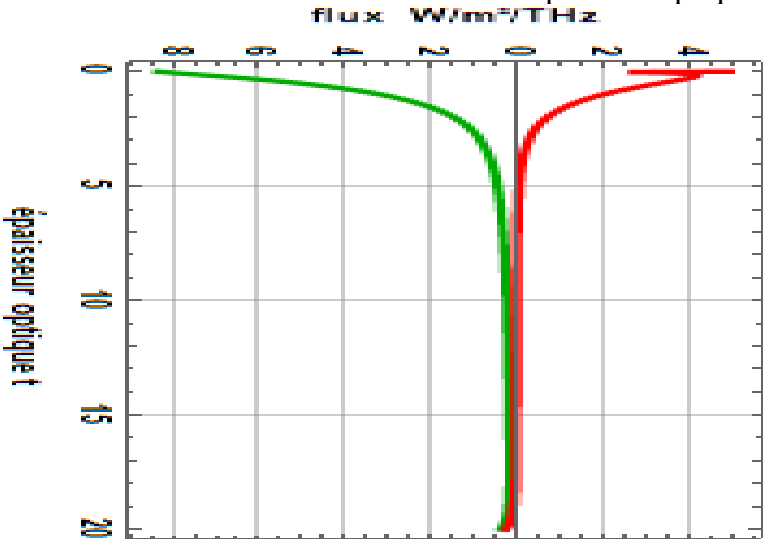
- 33 Il n'est nulle part mentionné que la teneur de l'air en vapeur d'eau est très variable avec la pression et que la relation utilisée pour ce calcul est dépourvue de sens ! La quantité de vapeur d'eau et l'épaisseur optique depuis la haut de l'air varient non pas en P comme l'implique la relation $d\tau = -k dP$ (101325/g) mais, en cumulé depuis le haut de l'air en $P^{6,5}$ entre 200 et 400 mbar. P est là la pression réduite qui vaut 1 en surface. Comme la vapeur d'eau fait 200 W/m² ou 84% du rayonnement du globe et 90% du rayonnement de ce qui est en dessous de la tropopause, les histoires racontées à la slide 33 relèvent de l'enfumage le plus grossier !

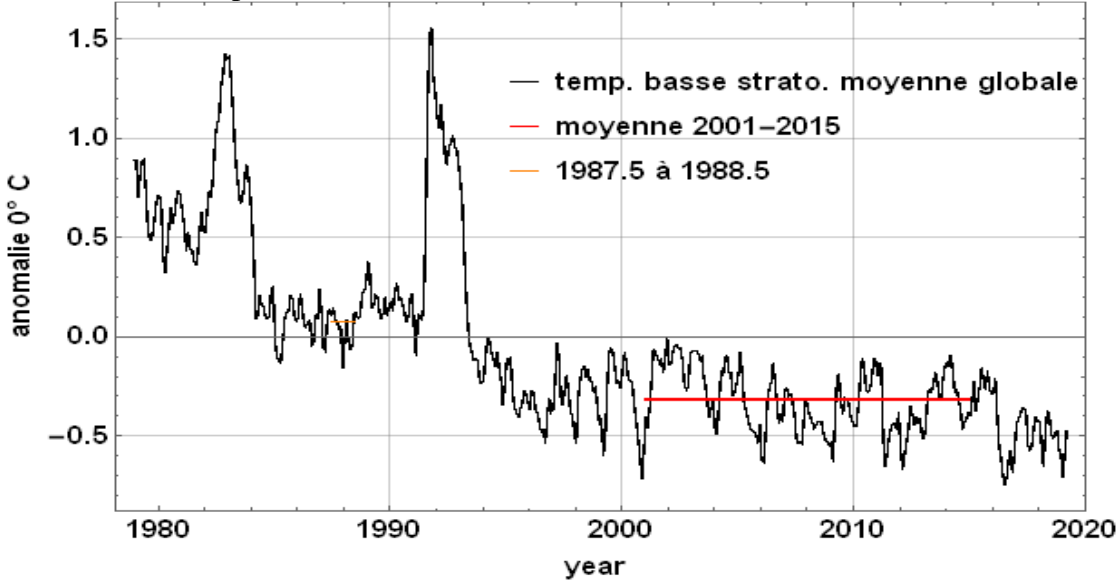


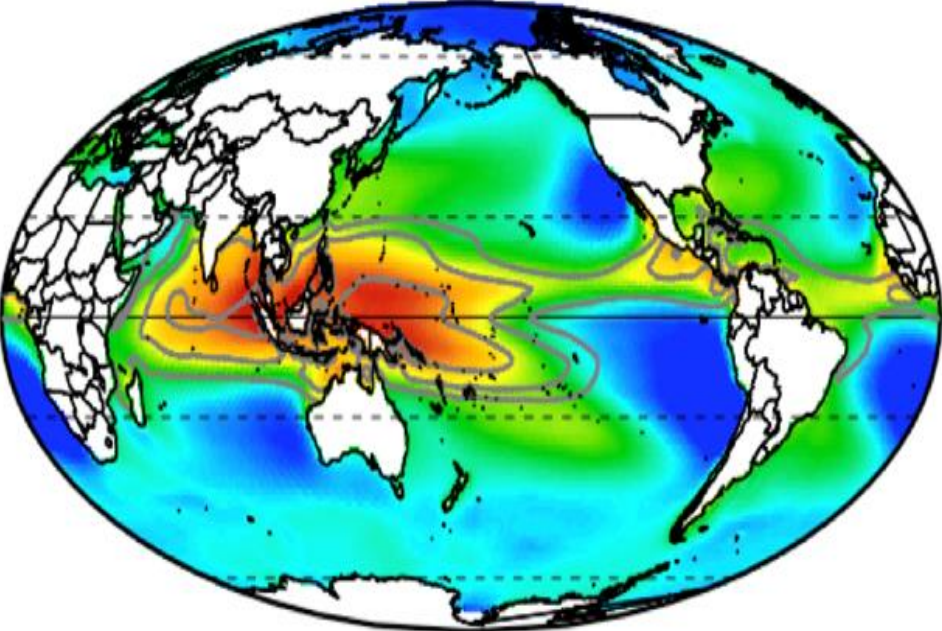
Par exemple pour le cas tropical ci-dessus la décroissance du cumul de la vapeur d'eau depuis le haut de l'air est en $P^{6,5}$ au-dessus de 400 mbar et en $P^{4,5}$ en dessous ; le trait horizontal est à 300 grammes de vapeur d'eau.

- 34 A ne pas distinguer la vapeur d'eau et le CO₂ troposphérique et à prétendre que dT/dz est fixé par la convection (alors le gradient serait de 9,8 K/km !), M. Legras arrive à des âneries grossières : un coup d'œil sur les altitudes d'émission du CO₂ et de la vapeur d'eau montre que si l'altitude d'émission Z_e du CO₂ **troposphérique** augmente c'est sur **sur 1,5 THz** que son rayonnement arrivant au cosmos depuis le dessous la tropopause diminuera, ce qui sera corrigé par moins de vapeur d'eau autour de 300 mbar. Les températures de la tropopause mesurées depuis 40 ans ont d'ailleurs été remarquablement stables (pente de plus un dixième de degré par siècle !) malgré des teneurs en CO₂ passées de 337 ppm en 1979 à 410 ppm fin 2018.

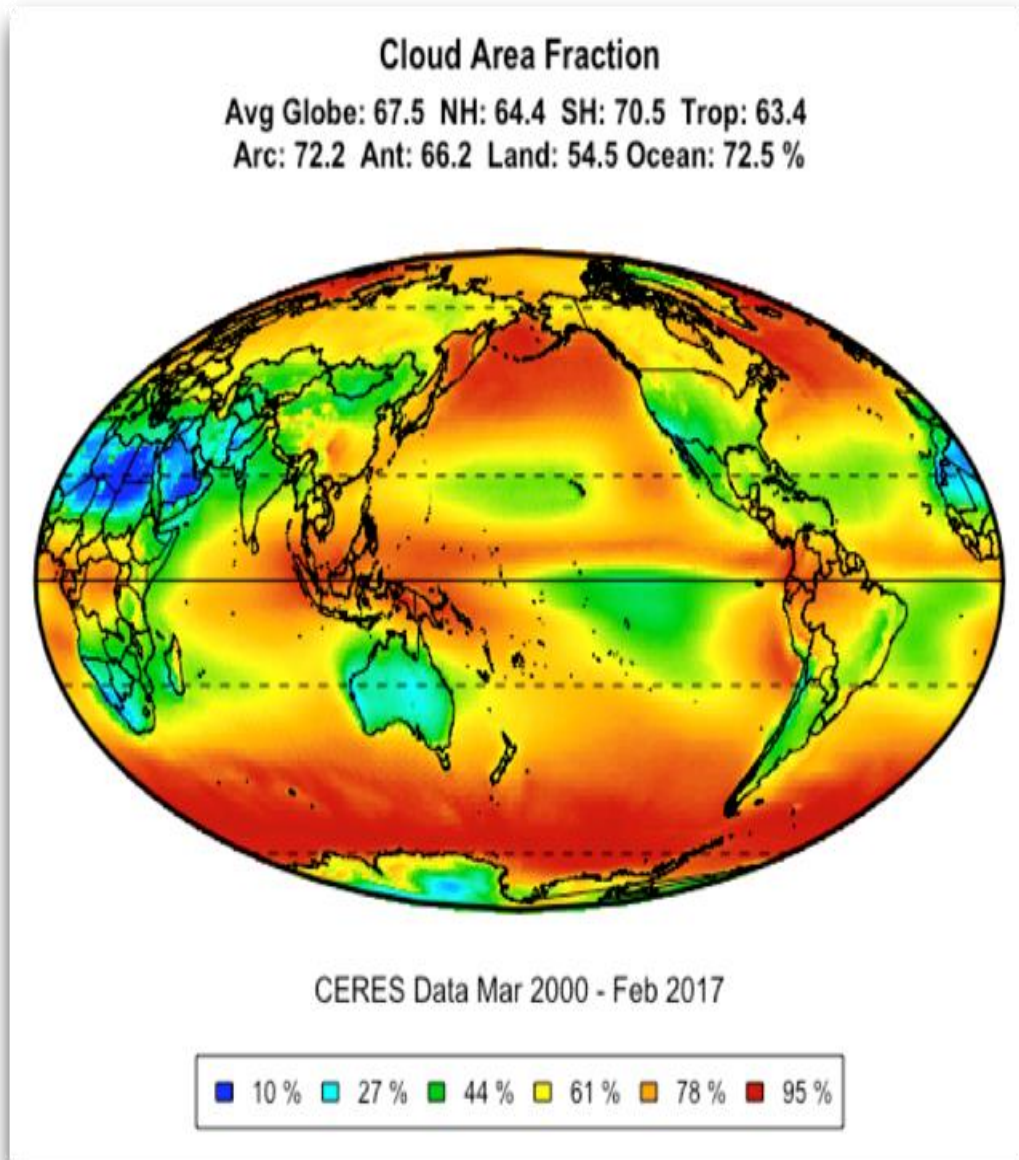
Annexe 6
Figure 6
p. 5

	<p>Ce n'est, selon ces observations, pas la température qui varie mais la teneur en vapeur d'eau.</p>  <p style="text-align: center;">anomalie températures tropopause UAH MSU</p> <p style="text-align: center;">— évènements El Nino</p>	
35	<p>M. Legras recopie là les inepties du manuel de John Houghton <i>Physics of the atmospheres</i>. En réalité dans un corps opaque tel que l'air chargé de vapeur d'eau les flux montant et descendant sont en gros égaux sauf en haut de la troposphère sur les deux dernières couches d'épaisseur optique 1</p> <p>Le « pur équilibre radiatif » est évidemment dépourvu de tout sens physique dans une atmosphère où l'évaporation-condensation et la convection assurent l'apport de l'énergie reçue du soleil par la surface à la mince couche (ou « peau ») qui en haut de la vapeur d'eau rayonne effectivement vers le cosmos.</p> <p>Ci-dessous :</p> <p>en vert, la différence des flux montant et descendant pour de la vapeur d'eau vers 15 THz; cette différence est nulle sauf sous la tropopause dans la couche supérieure d'épaisseur optique deux ou trois ;</p> <p>en rouge, à droite, le refroidissement de l'air par rayonnement vers le cosmos : il se produit pratiquement dans les deux dernières couches d'épaisseur optique un.</p> 	Annexe
35	336 K ou 63°C, température de surface ?	
36	Le transport de chaleur ne se fait pas tant par convection que par évaporation et condensation !	Figure p. 43
37	Le transport de chaleur latente essentiellement est enfin reconnu ! Les slides 15 à 36 devraient donc être dites un pur enfumage car ignorant la vapeur d'eau ! ... Mais ça ne semble pas perturber M. Legras !	Annexe 7 p. 3 fig. 2 & 3
38 39	Quel est l'objectif de cette excursion dans la haute troposphère intertropicale ?	

40	<p>Les observations montrent l'effet des poussières volcaniques mais nullement le réchauffement annoncé avec un modèle absurde ; chaque couche de la stratosphère rayonne autant que ce qu'elle absorbe ; avec des poussières elle absorbe plus de solaire : les maxima sont l'effet des éruptions des volcans El Chichon et Pinatubo avec une très lente retombée des poussières.</p> 	§11.1 p. 62
41	Cette slide qui ne mentionne pas les grandes éruptions volcaniques dont celles de 1963, 1982 et 1992 peut-elle montrer le refroidissement stratosphérique par plus de CO ₂ ?	
42	<p>Cette slide reconnaît que tout ce qui précède est de l'enfumage mais continue à ignorer la relation température pression !</p> <p>L'idée que le rayonnement infrarouge thermique en surface <i>contrôle et limite l'évaporation</i> est absolument infondée ; l'évaporation est exprimée par la formule de Dalton : elle dépend de la différence des pressions de vapeur d'eau, à saturation sur la surface de l'océan et de celle observée dans l'air qui vient lécher cette surface et de la vitesse moyenne du vent.</p> <p>Les quelques W/m² que la surface perd par voie radiative ne <i>contrôlent</i> pas les 90 à 200 W/m² (en tropical) perdus par évaporation !</p> <p>Voir aussi un article de Hansen de 1981 dans la revue Science, page 962, figure 4-a, qui assure que "The radiative warming of the troposphere decreases the convective flux (latent and sensible heat) from the ground by 3.5 W/m² as a consequence of the requirement to conserve energy". alors même que son graphique ne montre pas de changement du bilan entre surface et air des flux radiatifs tombant sur la surface</p>	Annexe 1 §5 et Note 3
43	<p>Il faudrait préciser qu'il n'y a sur Terre que 6,2 kg/m² de CO₂ et que la figure « pure CO₂ » ne dit pas si l'air placé dans l'appareil de mesure contient aussi N₂ et O₂</p> <p>Un k de 10 m²/kg fait une épaisseur optique de 62, et le 1/62 de l'air qui est contenu dans les premiers 166 kg d'air ou les premiers 16 mbar proches de la surface qui sont, par exemple, entre 1013 mbar et 1013-16 = 997 mbar.</p> <p>La relation $z(\text{km}) = 288/6,5(1-p/1013,25)^{287 \times 6,5 \times 0,0001 / 9,81}$ dit que la pression a diminué de 17 mbar à l'altitude $z = 98$ m ... la profondeur d'absorption visée (200 m) serait-elle donc de 2 ?</p> <p>Noter que la tropopause vers 200 mbar délimite plus de 80% de l'épaisseur optique du CO₂ supposé uniformément réparti dans l'air.</p>	Annexe 1 p. 4
44	On ne peut, à partir du spectre de transmission présenté entre 0 et 1 deviner la position de la couche qui rayonne effectivement vers le cosmos ; il y faut l'épaisseur optique qui semble être un autre tabou !	§ 8.2.1
45	<p>Grosse erreur : pour 300 ppmv uniformément distribués on a : $300 \cdot 10^{-6} \times 44 / 28,96 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3 = 4,7 \text{ kg/m}^2$ de CO₂ et non pas 3 kg/m² !</p> <p>Rappel : sur Mars on a 185 kg/m² de CO₂</p>	§4.5 p. 22

48	<p>L'affirmation : « pendant la nuit, l'effet dominant est le blocage de l'émission infra-rouge (→ réchauffement) » n'a guère de sens : la face supérieure du nuage rayonne vers le cosmos s'il y a peu de vapeur d'eau au-dessus du nuage. .</p> <p>La fermeture de la fenêtre de la vapeur d'eau par le nuage limite le refroidissement radiatif de la surface dans la fenêtre, mais sur tout le reste du spectre, ce n'est pas un « blocage de l'émission infrarouge » concept absurde quand on est au milieu d'un corps opaque tel que l'air chargé de vapeur d'eau ; un corps opaque ne transporte pas de chaleur par voie radiative, du moins aux températures de la surface et de l'atmosphère de la Terre</p>	
54	<p>La notion de <i>forçage radiatif</i> n'a guère de sens</p> <p>En zone tropicale la convection démarre en fin de matinée et thermostatise la surface par évaporation et convection ; la couverture nuageuse est là corrélée positivement avec la température de surface !</p> <p>Au-dessus des continents au contraire l'effet parasol des nuages prédomine et la corrélation nuage-température est négative ; le nuage, là, fait décroître la température de surface</p>	Annexe 8 Figure 2 Fig. 3
54	<p>Une description plus exacte et précise de l'effet des nuages peut se faire avec quelques graphiques et sans passer par les fables des forçages</p> <p>https://wattsupwiththat.com/2018/02/12/glimpsed-through-the-clouds/</p> <div data-bbox="288 853 1286 2011" style="border: 1px solid black; padding: 10px; text-align: center;"> <p>Cloud Top Altitude</p> <p>Avg Globe: 4 NH: 4.4 SH: 3.7 Trop: 4.7 Arc: 2.5 Ant: 3.2 Land: NaN Ocean: 4 km</p> <p>Gray lines show temperatures of 27, 28, and 29°C.</p>  <p>CERES Data Mar 2000 - Feb 2017</p> <div style="display: flex; justify-content: center; gap: 10px;"> ■ 2 km ■ 3 km ■ 4 km ■ 6 km ■ 7 km ■ 8 km </div> </div>	Sur la régulation par l'albédo Voir Annexe 8 p. 4

<https://wattsupwiththat.com/2018/02/12/glimpsed-through-the-clouds/>



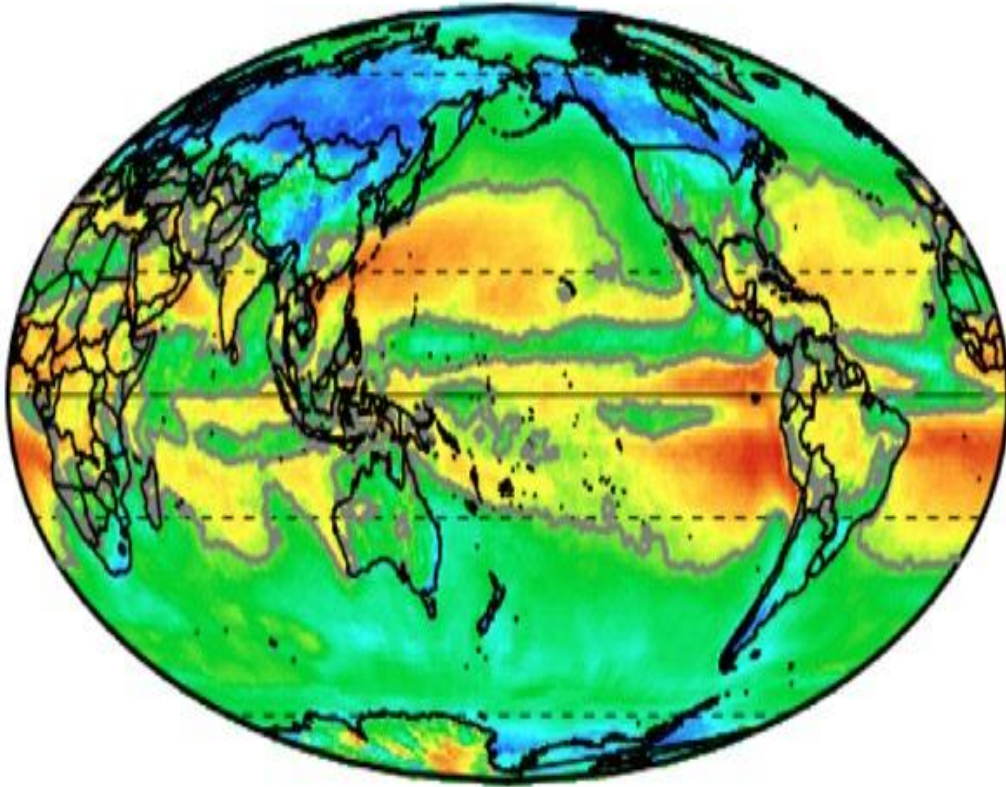
Sur le CRE (Cloud Radiative Effect): *This is measured as something called the net cloud radiative effect (CRE), which is the sum of the solar and longwave radiation from the clouds. There is general agreement that as a global average the CRE is negative with a value of about -21 W/m^2 , meaning that in general the clouds cool the earth.*

<https://wattsupwiththat.com/2016/09/04/cloud-feedback-2/>

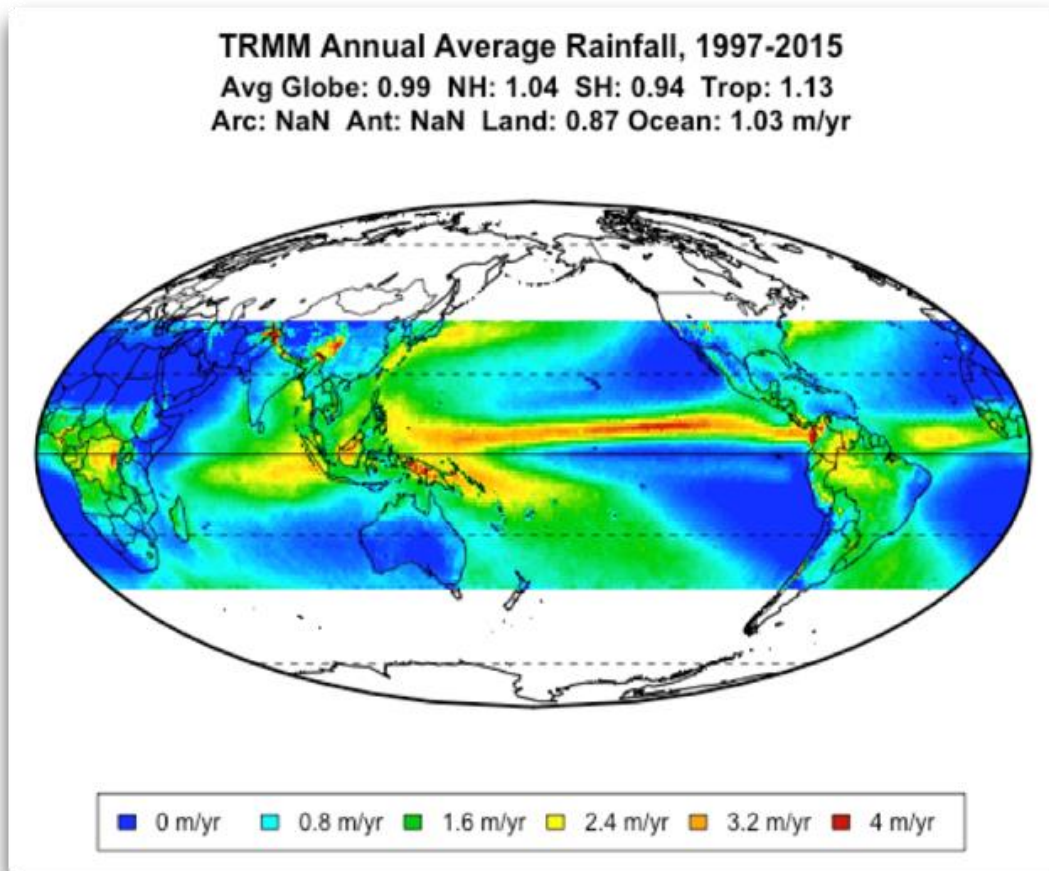
<https://wattsupwiththat.wordpress.com/2015/08/18/cooling-and-warming-clouds-and-thunderstorms/>
<https://wattsupwiththat.wordpress.com/2015/08/18/cooling-and-warming-clouds-and-thunderstorms/>

**Correlation, Net CRE and Temperature
CERES Data Mar 2000 - Feb 2015**

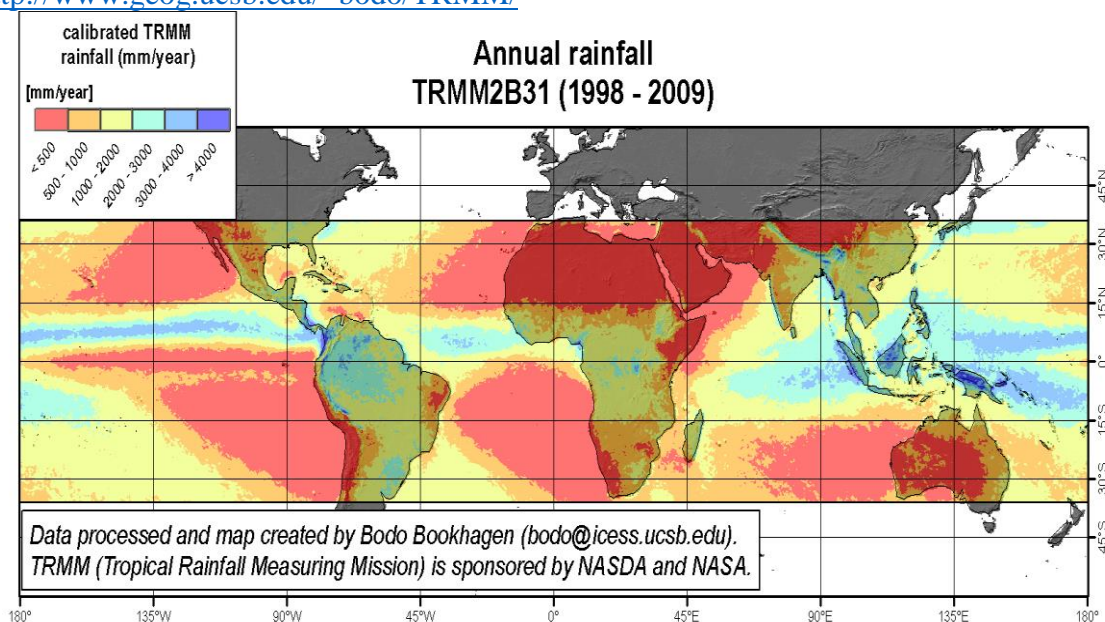
The gray colored contour lines show 0 correlation.



<https://wattsupwiththat.wordpress.com/2015/08/18/cooling-and-warming-clouds-and-thunderstorms/57> les précipitations sont en mètre d'eau par an ; les zones en bleu foncé sont -abusivement- étendues à tout ce qui est en dessous de 800 mm/an (entre 0 et 0,8 m/an)



Pour d'autres représentations des observations de TRMM voir par exemple <http://www.geog.ucsb.edu/~bodo/TRMM/>



57

Ce schéma de Kiehl et Trenberth est trompeur et invalide.
 Le flux de la surface est de 10% moindre : la surface n'est pas un corps noir !
 La différence entre le flux rayonné par la surface et le flux rayonné par l'air est de l'ordre de $360 - 350 = 10 \text{ W/m}^2$ selon les observations GEBa
 Le flux de chaleur latente est sous-estimé comme les précipitations sur les océans.

Annexe 5
 p.4
 figure 2

	Le solaire en surface est proche de 150 W/m ² voire un peu moins (Wild et Ohmura). Il serait bon de séparer la stratosphère et la troposphère qui ont des mécanismes totalement différents	
59	<p>« <i>L'origine anthropique de ces variations ne fait pas de doute</i> »</p> <p>En fait sur ce graphique la concaténation de mesures « tirées des glaces » lissées ou moyennées sur des millénaires par la physique de la fermeture des pores dans le névé et de mesures instantanées relève de la fraude; il ne s'agit pas de la même grandeur physique !</p> <p>Le graphique ci-dessous prouve que les dégazages naturels nets sont pilotés par les températures de la zone intertropicale ; ils font la plus grosse partie de la croissance des ppm de CO₂ observée au Mauna Loa (ou au Pôle Sud) depuis 1958</p> <p>Le CO₂ de l'air est une conséquence des températures de la zone de dégazage océanique ce qui est en accord avec la physico-chimie des carbonates dans l'eau de mer où la pression partielle de CO₂ varie d'un facteur 4 ou presque entre -2°C et +32°C selon une formule approchée en 250 (DIC/2000)^{10,5} (T/288,15)^{12,2} μatm</p>	Annexe 7 § 4 à 7
60	Le delta ¹³ C au Mauna Loa est, de 1980 à 2011, passé de +7,3 per mil à -8,4 per mil On a donc bien : (-30 per mil, combustibles fossiles)) 5% + (-7,1 per mil, dégazages naturels) 95% = - 8,3 per mil observé ce qui confirme qu'il n'y a dans le CO ₂ de l'air que 6% qui vienne des combustibles fossiles.	Annexe 7 p. 7
61	Cette présentation du forçage radiatif suppose que le CO ₂ seul change alors que l'humidité ou ne change pas ou augmente ! En réalité comme vu au sujet de la slide 34 ce n'est pas la température sous la tropopause qui augmente mais la quantité de vapeur d'eau autour de 300 mbar qui diminue légèrement Le réchauffement de la surface est une simple effet de l'insolation en surface, qui a un peu augmenté depuis 1980, et nullement l'effet de changements de la température sous la tropopause (voir figure dans le commentaire sur la slide 34)	Livre pages 62 et 63
63	L'équilibrage des effets de plus de CO ₂ par ceux de plus d'aérosols est un exercice où la quantité d'aérosols est non contrainte ; le « modélisateur » a toute liberté de prendre en aérosols ce qu'il lui faut pour corriger les erreurs commises ailleurs dans sa modélisation ... c'est bien commode ! Cet exercice ne peut donc rien prouver ! Ici M. Legras montre une gaussienne autour de -1 W/m ² allant de -3W/m ² à +0,5 W/m ² ;	

	<p>D'où les protestations de Björn Stevens qui veut restreindre l'effet des aérosols à une plage entre 0 et -1 W/m²</p> <p>https://journals.ametsoc.org/doi/full/10.1175/JCLI-D-14-00656.1</p> <p><i>Based on research showing that in the case of a strong aerosol forcing, this forcing establishes itself early in the historical record, a simple model is constructed to explore the implications of a strongly negative aerosol forcing on the early (pre-1950) part of the instrumental record. This model, which contains terms representing both aerosol–radiation and aerosol–cloud interactions, well represents the known time history of aerosol radiative forcing as well as the effect of the natural state on the strength of aerosol forcing. Model parameters, randomly drawn to represent uncertainty in understanding, demonstrate that a forcing more negative than -1.0 W m^{-2} is implausible, as it implies that none of the approximately 0.3-K temperature rise between 1850 and 1950 can be attributed to Northern Hemisphere forcing. The individual terms of the model are interpreted in light of comprehensive modeling, constraints from observations, and physical understanding to provide further support for the less negative (-1.0 W m^{-2}) lower bound. These findings suggest that aerosol radiative forcing is less negative and more certain than is commonly believed.</i></p>	
64	<p>Cette comparaison en forçages radiatifs est dépourvue de sens ; la vapeur d'eau autour de 300 mbar assure la régulation du rayonnement du globe vers le cosmos</p>	Annexe 6 pp. 4 à 8