

Comprendre les mécanismes et phénomènes dus aux gaz à effet de serre

par Marcel Terrier

- à partir d'une vidéo de [David Louapre](#) parue sur YOU TUBE
- suite à des échanges avec [Guy Gistau-Baguer](#) (A&M † 2024)
- avec des commentaires de [Camille Veyres](#) (X, Mines)

Terrier Marcel le 29 août 2024

1

La vidéo est de Monsieur Louapre Professeur à l'ENS.

Les diapos au-delà de la conclusion 2 sont de Monsieur Camille Veyres.

La climatologie est une science qui demande des compétences dans beaucoup de domaines. C'est pourquoi, tout un chacun pour peu qu'il soit formé dans différentes spécialités, peut tenter de suivre les développements de ceux qui s'en font une spécialité.

Notre Terre a en ce moment une température moyenne au sol de $+15^{\circ}\text{C}$ et intercepte une énergie de $340\text{W}/\text{m}^2$, en moyenne sur toute sa surface, venue du soleil. Mais seuls $240\text{W}/\text{m}^2$ sont absorbés par la Terre, le reste est renvoyé dans l'espace et ne compte donc pas.

Il s'avère que les climatologues ne parviennent pas à se mettre d'accord ne serait-ce que sur les calculs à faire, connaissant le rayonnement solaire, la distance au soleil, la composition de l'atmosphère, les propriétés optiques des différents gaz la constituant, pour retrouver ces valeurs de $+15^{\circ}\text{C}$, et cet albédo de 30%.

D'où les controverses sur les fluctuations climatiques qui nous attendent quand un des éléments varie sous l'effet des activités humaines ou des événements naturels.

Ce power point se donne pour objectif d'explorer quelques arguments échangés entre spécialistes pour aider tout un chacun à comprendre quelques points délicats des débats en cours.

Nous allons parler d'un argument climato-sceptique (mais pas des climato-réalistes) qu'on entend assez régulièrement: L'effet de serre serait « saturé »! L'effet de serre serait déjà à son maximum! On pourrait donc ajouter autant de CO2 qu'on le souhaite dans l'atmosphère sans provoquer le moindre réchauffement en plus **de ce qu'il est actuellement.**

Cet argument est intéressant parce qu'il repose sur un raisonnement à partir d'un phénomène physique parfaitement exact. Il est donc convaincant!

Pour démontrer qu'il n'est pas correct, nous voilà contraint de comprendre le vrai effet de serre atmosphérique!

Nous allons partir de cet argument comme prétexte pour introduire des phénomènes physiques intéressants et importants.

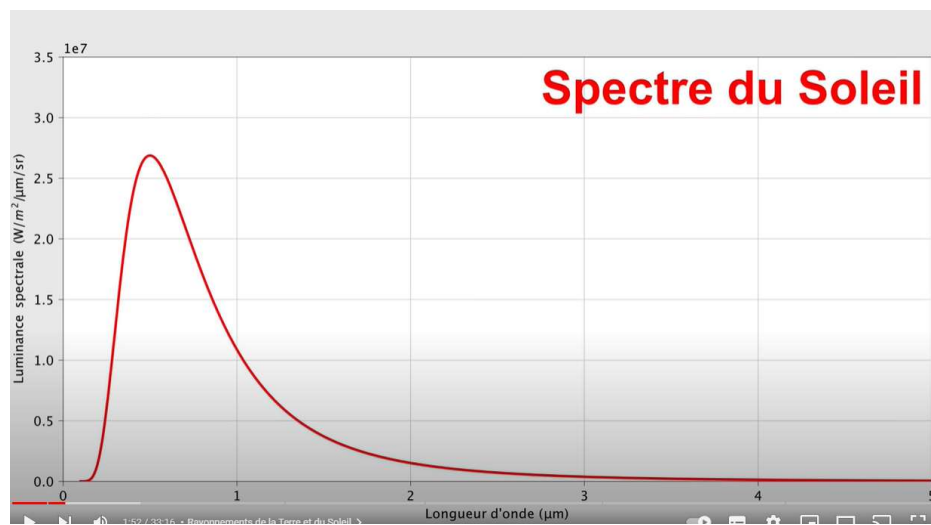
On sait déjà que le nom « Effet de serre » est mal choisi car ce qui se passe dans l'atmosphère est très différent de ce qui se passe dans une serre.

Commençons avec le soleil, c'est lui qui fournit à la Terre la grande majorité de l'énergie qu'elle utilise. Il le fait par rayonnement. La chaleur est transmise de plusieurs façons:

- **par convection :**
dans ce cas il peut s'agir de chaleur sensible ou de chaleur latente transmises par le mouvement d'un fluide,
- **par conduction :**
dans ce cas la chaleur transite des parties chaudes vers les parties froides, et
- **par rayonnement:**
dans ce cas la transmission dépend des fréquences et des températures.

Entre le Soleil et la Terre, la transmission ne se fait que par **rayonnement**.

Le soleil émet sa lumière dans une certaine plage de longueurs d'ondes. On peut représenter cette plage par une courbe qui montre l'intensité du rayonnement en fonction des longueurs d'onde.

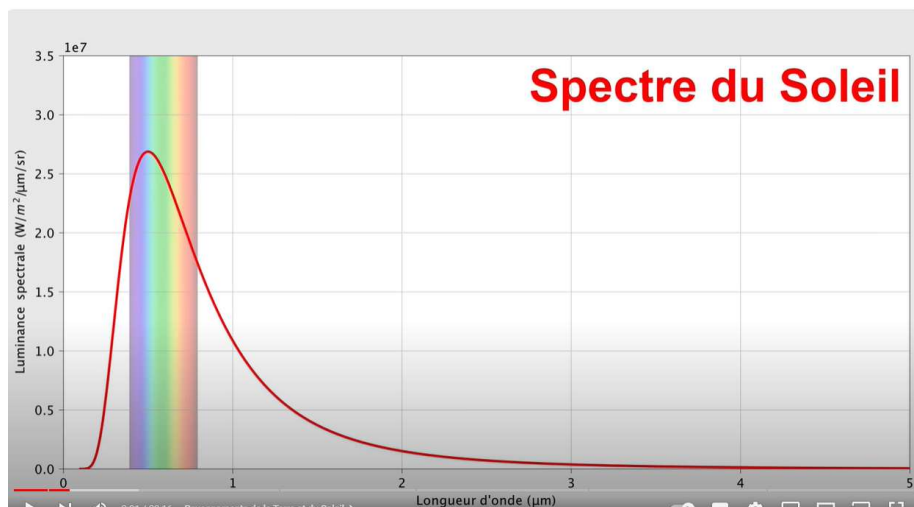


En ordonnée: l'intensité ou luminance spectrale en $\text{W/m}^2/\text{micromètre}/\text{stéradian}$, en abscisse : la longueur d'onde en micromètre

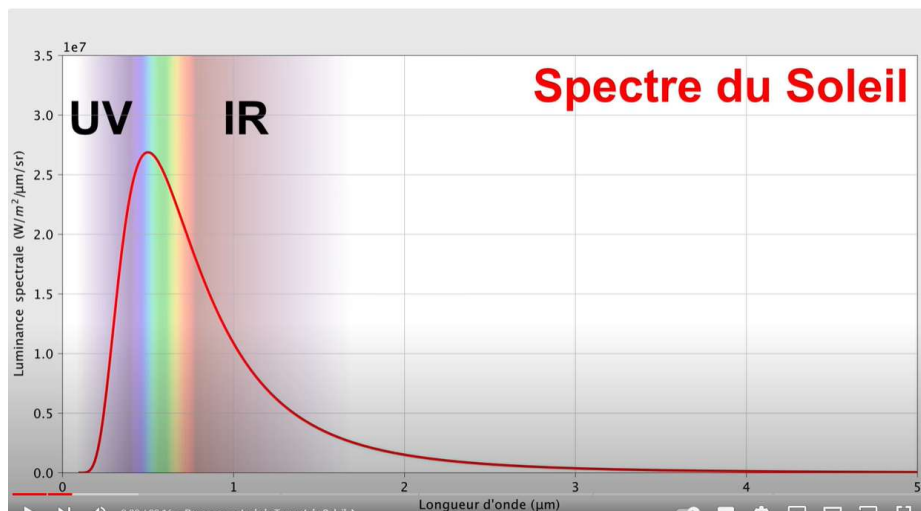
Terrier Marcel le 29 août 2024

5

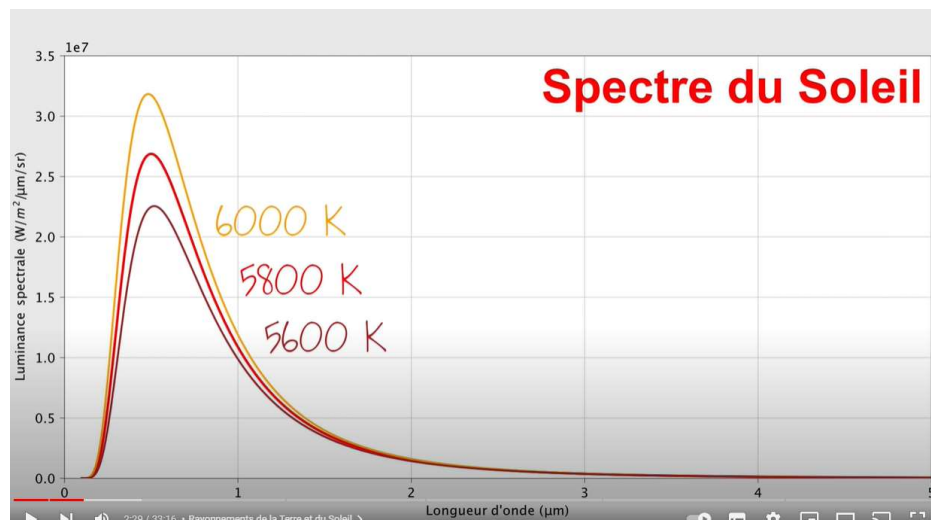
Il faudrait écrire l'unité ainsi $\text{W m}^{-2} \text{micromètre}^{-1} \text{Stéradian}^{-1}$ Mais j'ai fait le choix de l'écrire en fraction successive!



Au **centre** on a la lumière visible entre 0,4 et 0,8 microns de longueur d'onde.



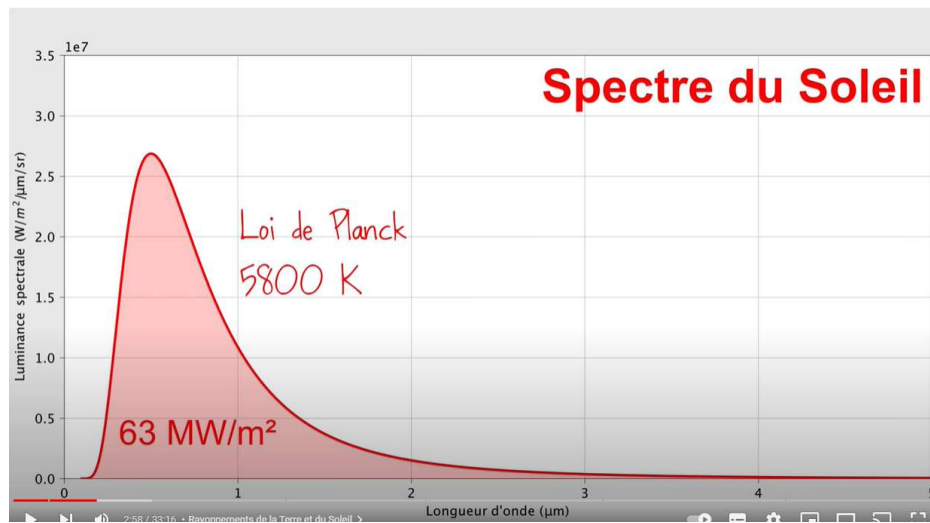
Dans les plus courtes longueurs d'ondes on a les UV, et dans les plus longues, les infra rouges et infra rouges lointains. Pour l'occasion nous assimilerons la surface du soleil à un corps noir qui suit la loi de Planck pour une température de 5800°Kelvin



Si la température change, la courbe change aussi, les courbes de températures plus élevées enveloppent les plus froides. La courbe de Planck est une bonne approximation de la courbe réelle du soleil. Chaque point choisi sur la courbe donne pour une longueur d'onde la valeur de l'intensité du rayonnement. La surface sous la courbe donne la puissance émise par un m^2 pour l'ensemble des longueurs d'ondes dans une direction donnée.

Terrier Marcel le 29 août 2024

8



Pour le soleil, l'aire sous la courbe représente 63 méga watt par m^2 , si on veut la puissance totale du soleil il faut multiplier par sa surface, et multiplier par 2π pour avoir la puissance émise au total dans toutes les directions. (une demi-sphère)

Terrier Marcel le 29 août 2024

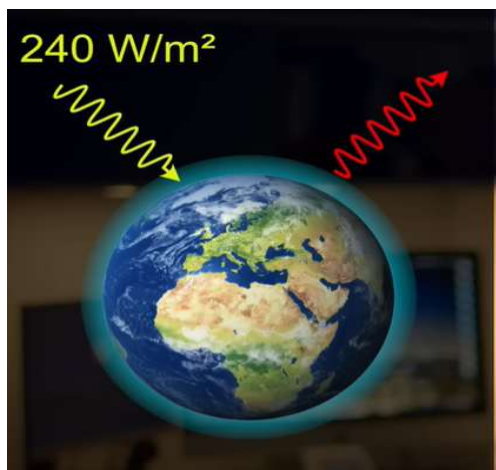
9



La Terre, dans son orbite, se trouve à une distance telle qu'elle intercepte 1360 W/m^2 de rayonnement solaire. Cependant, en considérant sa surface totale (éclairée ou non), la valeur moyenne de l'énergie solaire interceptée est de 340 W/m^2 , Mais elle en réfléchit et n'absorbe donc 240 W/m^2 environ sur l'ensemble de longueurs d'ondes que le soleil émet.

C'est ce qui réchauffe la Terre.

Si la Terre n'évacuait pas la même quantité de chaleur elle se réchaufferait indéfiniment.

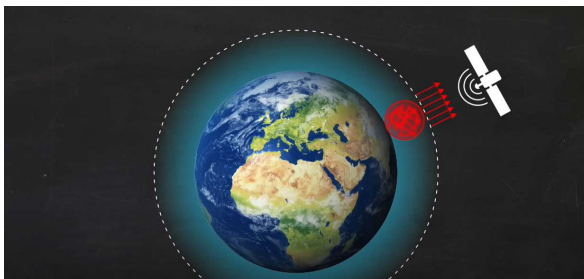


La terre pourrait fondre si elle ne pouvait pas renvoyer vers le cosmos cette chaleur pour éviter son accumulation. Elle le fait par son propre rayonnement électromagnétique en émettant dans l'infrarouge et l'infrarouge lointain. Mais la courbe de Planck correspondante est différente. C'est le rayonnement de ce spectre infrarouge qui va nous intéresser car c'est grâce à lui que la température de la Terre est contrôlée.



Mais nous, tout ce qui nous intéresse à la fin, c'est ce qui sort au sommet de l'atmosphère.

Il se passe des phénomènes complexes entre le sol de la Terre et l'altitude où cette chaleur est évacuée.



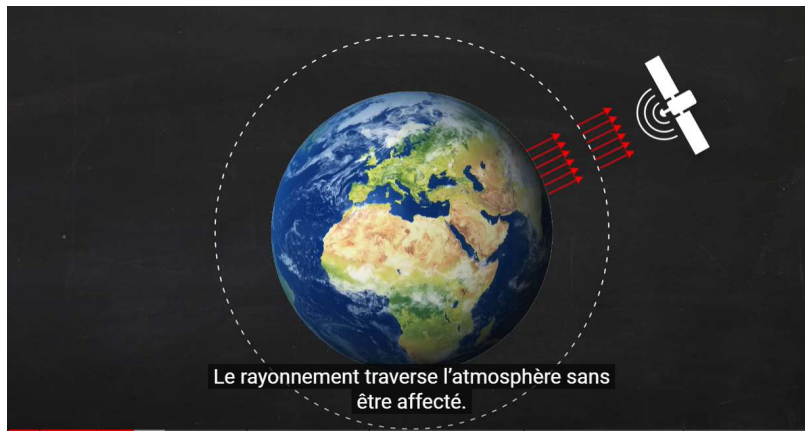
On peut avec des satellites mesurer en moyenne ce rayonnement qui s'échappe de la Terre. On n'obtient un spectre qui doit être interprété. Comment?

Terrier Marcel le 29 août 2024

12

L'atmosphère est soumise à la gravité terrestre si bien que les mouvements de convections qui transportent l'air froid de son sommet à sa base (Le sol), provoque une compression adiabatique qui en augmente la température au fur et à mesure de la redescente, les changements de températures de l'air ne sont donc pas du aux seuls rayonnements. De plus, au sol l'eau s'évapore et augmente l'humidité de l'air ascendant qui est plus léger que l'air sec, l'air humide perd au cours de son parcours de montée son eau qui se condense et provoque la transmission au cosmos de ses chaleurs latentes et sensibles transportées par l'air. Les forces de Coriolis dues à la rotation de la terre provoque des vents horizontaux qui transportent de l'énergie des zones tropicales vers les pôles.

Nous nous apprêtons à faire une hypothèse osée et il faut avoir conscience de cette complexité.



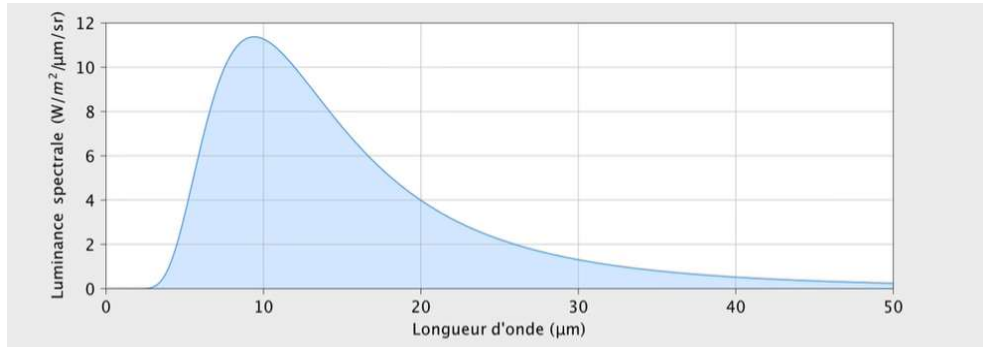
Dans ce qui suit, on oublie et la gravité et la convection qui rendent fausse l'affirmation ci-dessous pour pouvoir mettre en évidence des faits mal compris sur les transferts radiatifs.

Imaginons une Terre sans effet de serre. Dans ce cas le rayonnement issu du sol traverse l'atmosphère sans être modifié (voir note de droite). Pour définir ce rayonnement sortant **il suffit dans ce cas imaginaire** de connaître le spectre du rayonnement émis par la surface de la Terre. On suppose, et on a des raisons pour cela, (Mesures par ballons sondes depuis le sol jusqu'à la stratosphère) que la Terre émet aussi un rayonnement **(Selon la courbe)** de Planck.

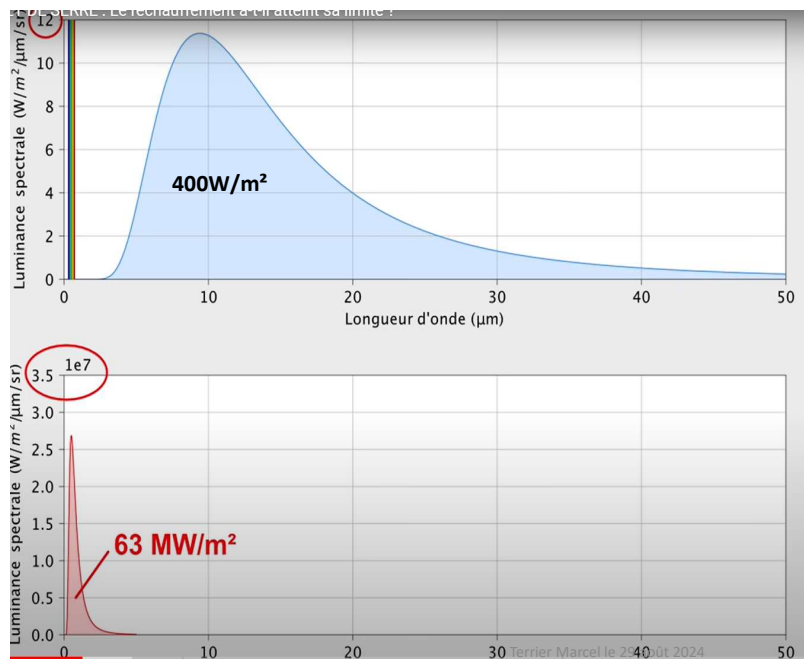
Terrier Marcel le 29 août 2024

13

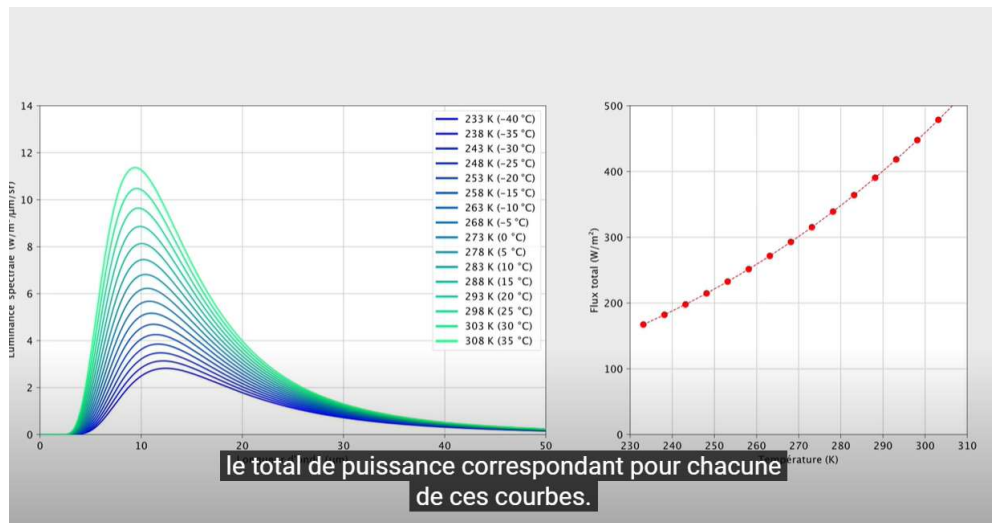
La note de droite signifie que la suppression de l'effet de serre doit, pour avoir le droit de raisonner comme le dit le slide, être accompagnée de l'absence de convection comme si l'air était figé en pression et température. On ne conserve de l'air que ses propriétés face au rayonnement!



Voilà à quoi il ressemble, c'est le rayonnement émis par le sol et donc, dans notre hypothèse de transparence totale et avec l'oubli de la gravité, celui émis par la Terre, vu de l'espace

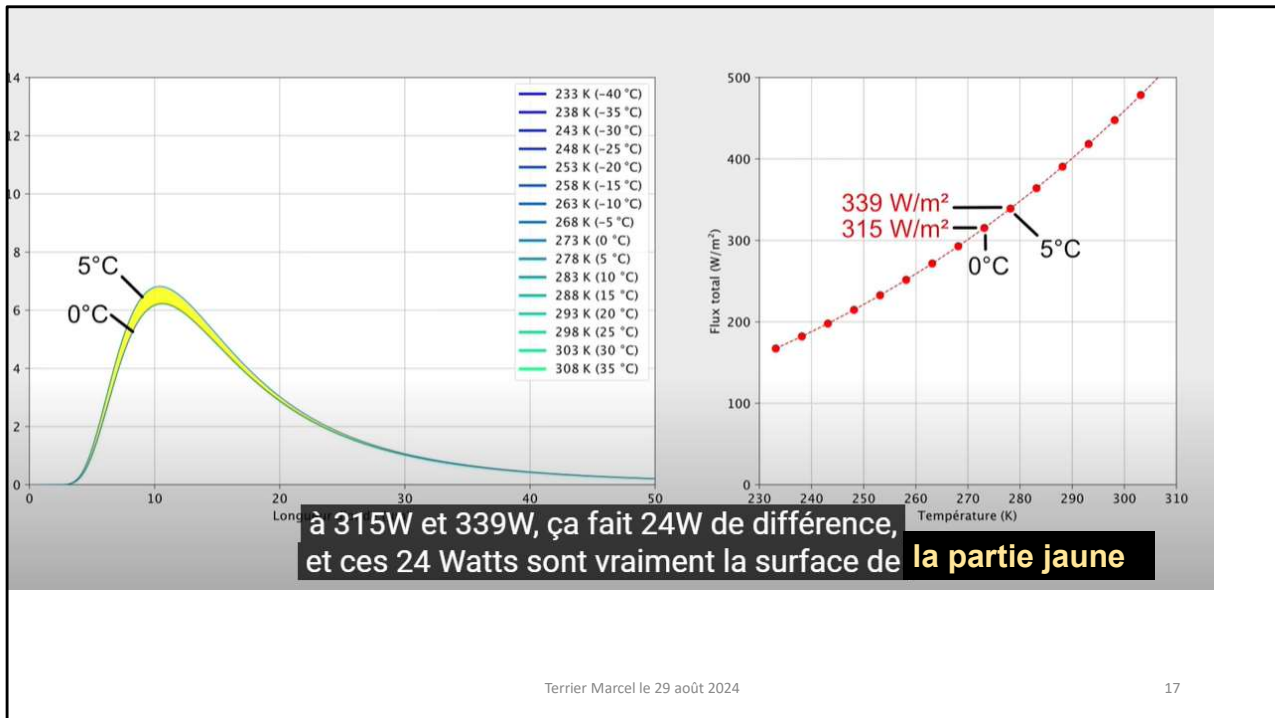


Remarquez le 12w/m²/micromètre/stéradian de la courbe du haut et le $3,5 \cdot 10^7$ de la courbe du bas. Les échelles sont différentes, les fréquences du soleil sont autour de 2 microns, et celles de la Terre sont entre 5 et 45 microns. Pour le soleil l'intégrale sous sa courbe est de 63MW/m², alors que pour la Terre on est à 400W/m² si on fait l'hypothèse que la température de surface de la Terre est en moyenne de +15°C. Si on essayait de mettre la courbe du haut dans la courbe de bas, elle serait invisible!

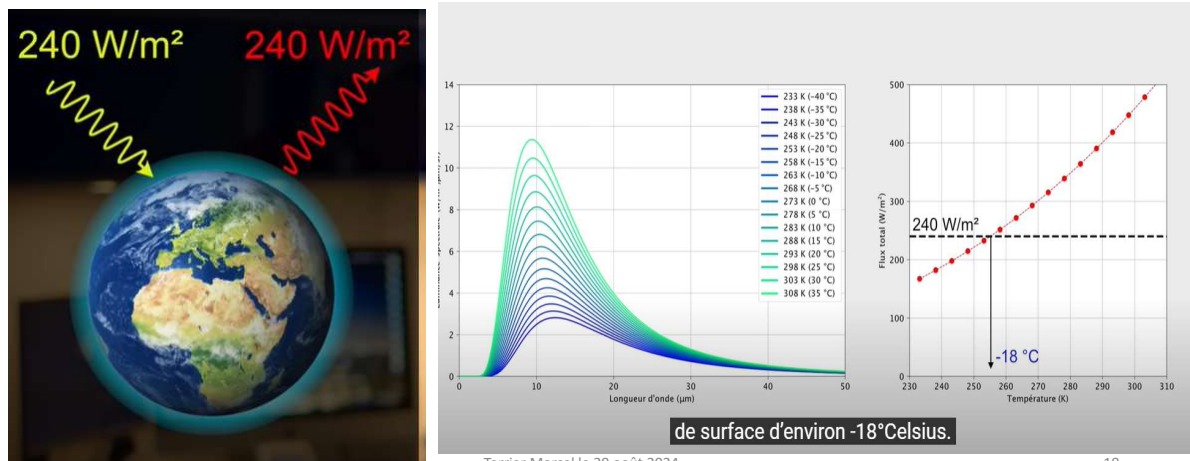


le total de puissance correspondant pour chacune de ces courbes.

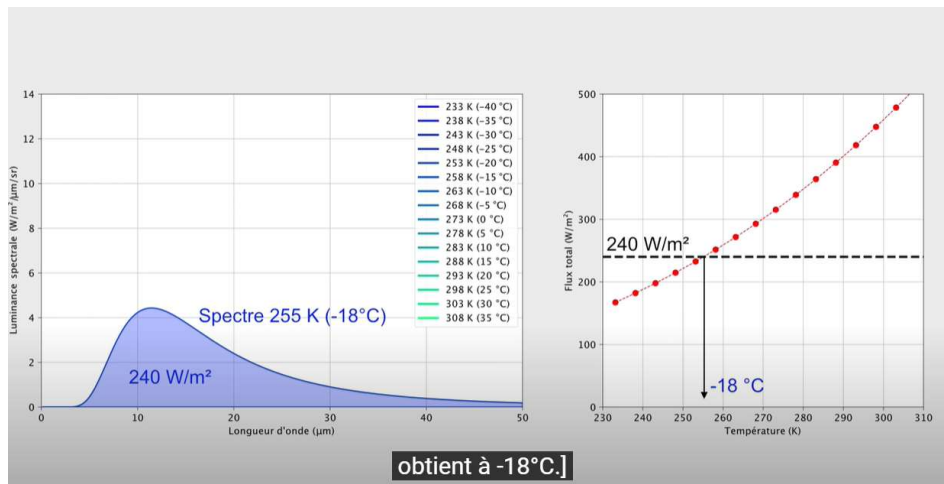
Sur la courbe de gauche, la courbe de Planck pour différentes températures, sur celle de droite la puissance sous chacune des courbes, et on voit que cette puissance est entre 150 et 500W/m² qui correspondent aux différentes aires des surfaces sous les courbes



On a donc réussi à relier la température au sol avec la puissance émise par la terre vers le cosmos dans l'hypothèse où il n'y a pas d'effet de serre et dans l'oubli de la gravité. Comme la Terre n'absorbe que 240 W/m^2 il faut donc que le sol, donc la Terre-sans-effet-de-serre émette vers l'espace 240 W/m^2 en moyenne. Les courbes montrent que le sol est alors à -18°C (chiffre sans gravité, sans convection)



L'hypothèse ni gravité ni convection en plus de pas d'effet de serre est indispensable, sinon à la pression normale et à l'ensoleillement normal la température au sol ne serait pas de -18°C mais de $+15^\circ\text{C}$!!!
Zeller et Nikolov l'ont parfaitement démontré!



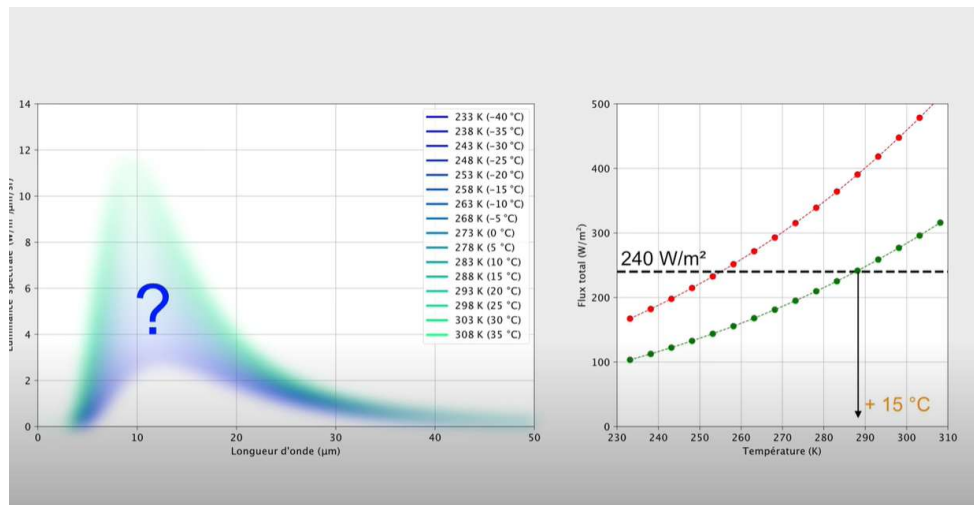
Chiffre de -18°C obtenu
sans gravité sans
convection. En
imagination on peut
faire ce que l'on veut!

240W/m², c'est l'aire sous la courbe qui correspond à la température de 255K soit -18°C.
Sans effet de serre la Terre serait donc à l'équilibre thermique à -18°C!!!!
La régulation serait automatique: si la Terre émettait insuffisamment, donc si elle était trop froide (-20°C par exemple), elle se réchaufferait.
Dans le cas contraire, si elle était trop chaude, elle émettrait plus pour se refroidir.

Terrier Marcel le 29 août 2024

19

L'hypothèse ni gravité ni convection en plus de pas d'effet de serre est indispensable, sinon à la pression normale et à l'ensoleillement normal la température au sol ne serait pas de -18°C mais de +15°C!!! (Selon Sorokhtine)



On est donc en présence d'un effet qui est très différent de ce qui se passe dans une serre où la chaleur n'est conservée que par suppression de la convection, l'air n'y est pas changé et s'échauffe en conséquence.

Si on remet l'effet de serre, la courbe en rouge est remplacée par la courbe en vert car la chaleur s'évacue moins bien, et on a déplacé le point d'équilibre de plus de 30°C, la terre au sol doit avoir dorénavant une température de +15°C pour être à l'équilibre. (c'est aussi le chiffre obtenu avec la gravité, donc avec la pression au sol et la convection)

Terrier Marcel le 29 août 2024

20

Remarquons qu'il n'y a aucune raison d'attribuer cet écart de 30°C en totalité à l'effet de serre car sur une terre réelle la température au sol avec gravité et compression au sol est déjà à +15°C. C'est bien cette température qui fait problème pour tous les climatologues. Mais suivons le raisonnement pour bénéficier de ses apports importants pour la compréhension.

Donc, l'effet de serre porte mal son nom, Mais occupons-nous maintenant du comportement des gaz dits « à effet de serre ». Les gaz absorbent des rayonnements de plusieurs façons:

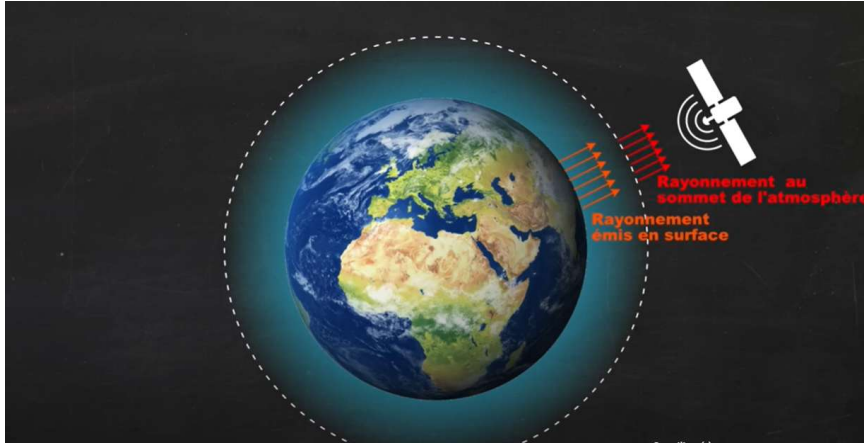
-Par fluorescence, dans ce cas le rayonnement absorbé fait **changer** un électron d'orbite. Ce phénomène concerne tous les gaz

-Par mise en vibration d'une fréquence de résonance interne à la molécule, torsion, élongation, on dit que les molécules sont excitées. Ce phénomène ne concerne que les molécules de plus de deux atomes, en particulier, l'eau et le CO₂. C'est ce qui justifie leur **absorption basse fréquence**. Cela ne concerne les molécules de deux atomes que le temps de leurs chocs entre elles ou avec d'autres molécules.

Toutes ces absorptions se font dans des plages de longueurs d'ondes qui correspondent aux énergies nécessaires soit pour changer les électrons d'orbites, soit pour mettre les molécules en vibration. Ce sont les bandes d'absorptions! Les gaz n'absorbent et n'émettent donc que selon certaines fréquences de rayonnement et laissent passer les autres. Les gaz CO₂ et H₂O absorbent peu les ondes courtes du soleil, mais beaucoup les ondes longues émises par la Terre! **Le réchauffement se fait**, mais le refroidissement est freiné. La Terre a donc du mal à évacuer son énergie entrante de 240W/m² puisque les ondes courtes ne sont pas absorbées à **l'entrée**!

Remarque: Nous venons d'évoquer les chocs entre molécules, c'est le moment de remarquer que ces chocs provoquent à leur façon des émissions et des absorptions et qu'ainsi cohabitent des rayonnements issus de différentes sources. Il ne faut pas confondre chaleur et rayonnement!

Des études montrent qu'en effet pendant la durée du choc entre molécules les molécules diatomiques N₂ et O₂, par exemple, émettent et absorbent. Les bases de données actuelles ne le montrent encore pas. Ces bases de données ne donnent pas de valeurs non plus pour les rayonnements infra rouges lointains de tous les gaz,, des travaux sont en cours pour les définir.

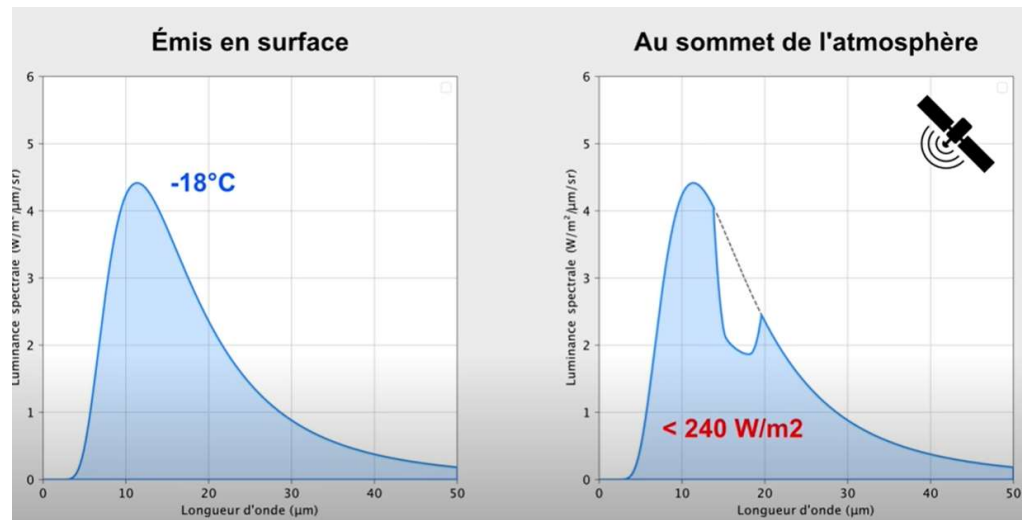


Faisons donc la différence entre :
 ce qui est émis par la surface de la Terre, une courbe de Planck à -18°C , et
 ce qui est **dorénavant** vu par des satellites au sommet de l'atmosphère, **après remise en route** de l'effet de
 serre. (On ne s'intéresse ici qu'aux effets radiatifs)

Terrier Marcel le 29 août 2024

22

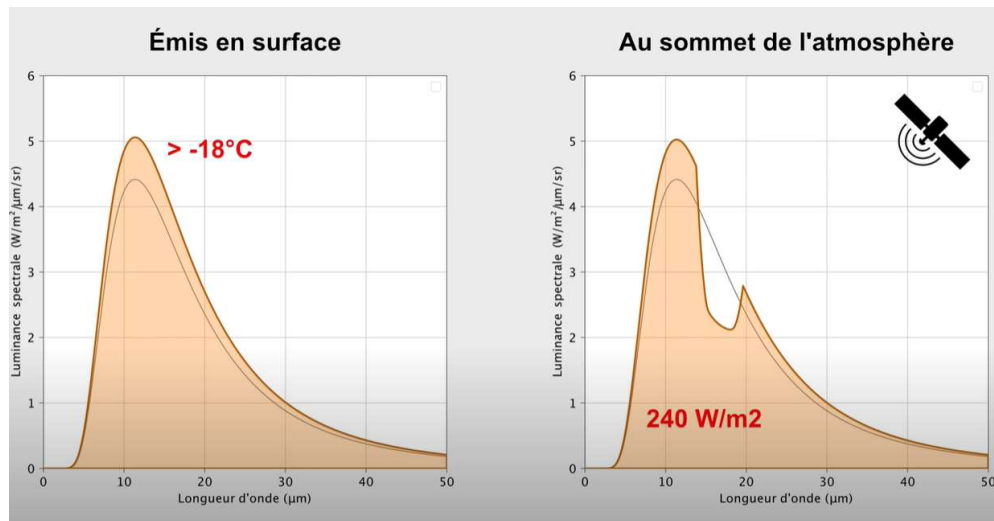
On continue à camper sur le -18°C au sol alors qu'en réalité on serait déjà à $+15^{\circ}\text{C}$.
 Mais ça ne change pas le raisonnement.



Lors des mesures par satellites, l'on constate, au sommet de l'atmosphère, la présence d'une indentation dans le spectre émis par le sol. En conséquence, l'énergie issue du sol est plus forte que l'énergie qui est évacuée en haut, la chaleur s'accumule et la température au sol doit monter pour qu'augmente l'énergie qui sort pour assurer l'équilibre entrée/sortie.

Terrier Marcel le 29 août 2024

23

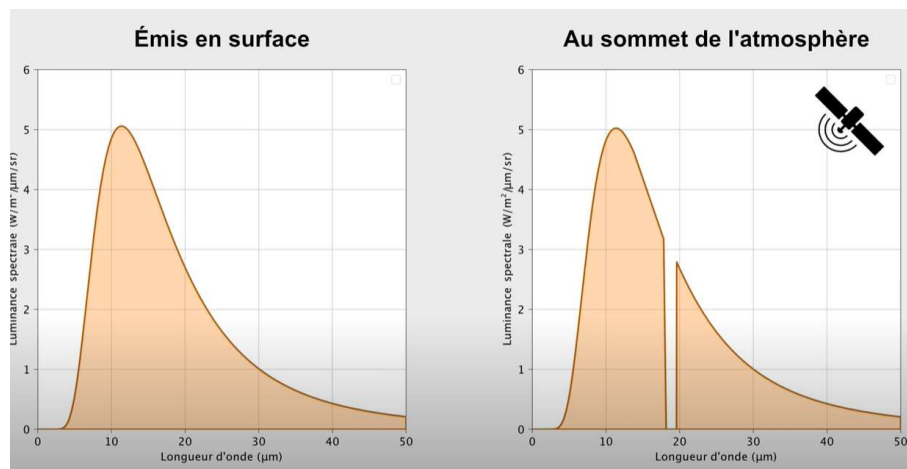


Voilà le résultat, pour réatteindre en sortie vus, par les satellites, les 240W/m² nécessaires, le sol monte à une température supérieure à -18°C! (Calcul sans gravité et sans convection)

Terrier Marcel le 29 août 2024

24

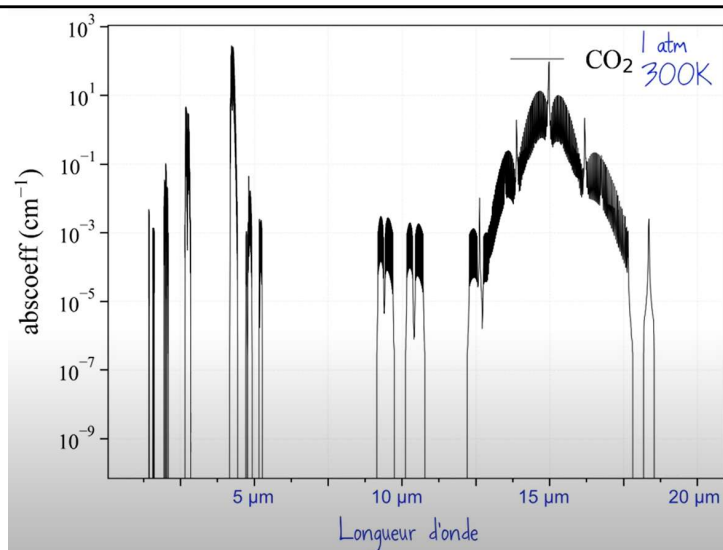
Cette nouvelle température est ici attribuée au seul effet de serre sans mentionner que le -18°C était faux mais ça ne change pas le raisonnement!



Mais si dans une certaine bande de longueur d'onde tout est absorbé, on devrait avoir, vu par les satellites en haut de l'atmosphère, au moment de **la remise en route** de l'effet de serre, une échancrure totale, et aucune augmentation de l'effet de serre ne pourrait provoquer une absorption supplémentaire, L'effet de serre semble saturé.

Terrier Marcel le 29 août 2024

25



Bandes d'absorption du CO₂, coefficient d'absorption en cm⁻¹ versus longueur d'onde. La partie importante est celle autour de 15 microns.

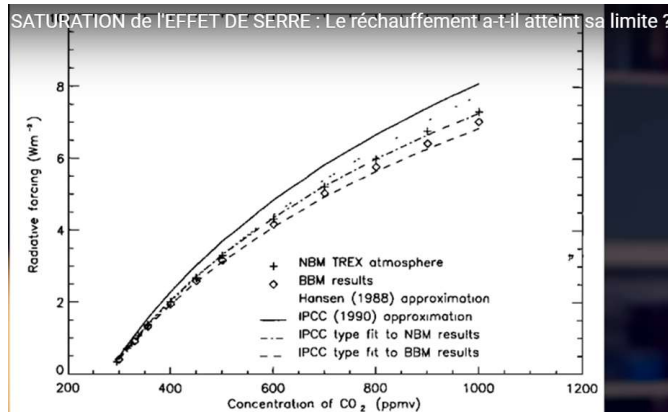
Le coefficient d'absorption est la dérivée par rapport au parcours du logarithme du rapport des intensités avant parcours et après parcours, pour une pression et une température données

Avec ses chiffres on démontre qu'effectivement dans la bande des 15microns, 100% du rayonnement absorbable est déjà absorbé dans les premières dizaines de mètres! Un rayon laser réglé sur la bande des 15 microns n'irait pas bien haut dans l'atmosphère avant d'être complètement absorbé! L'effet CO₂ est saturé!

Terrier Marcel le 29 août 2024

26

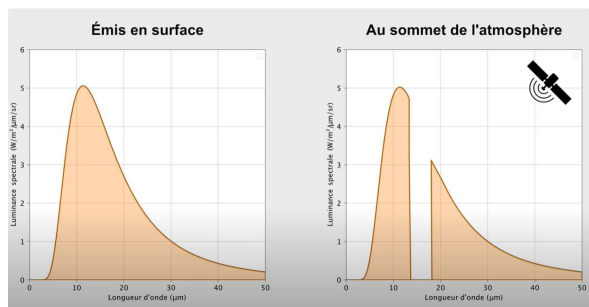
Ici la bande d'absorption est limitée à 20 microns, mais on sait qu'on devrait tenir compte aussi de l'infra rouge lointain en allant au minimum jusqu'à 50 microns. Mais les bases de données ne sont pas disponibles.



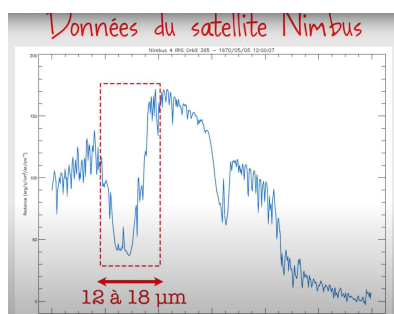
Pourtant les scientifiques du climat annoncent que si on double la concentration de CO_2 dans l'atmosphère, on va créer un déséquilibre de 3W/m^2 provoquant un réchauffement de quelques degrés. Ceci démontre que les phénomènes radiatifs dans l'atmosphère ne sont pas simples à analyser: « Comment peut-on, d'un côté parler de saturation, et de l'autre néanmoins parler d'un réchauffement qui semble **la** contredire? Les deux sont pourtant vrais! »

Terrier Marcel le 29 août 2024

27

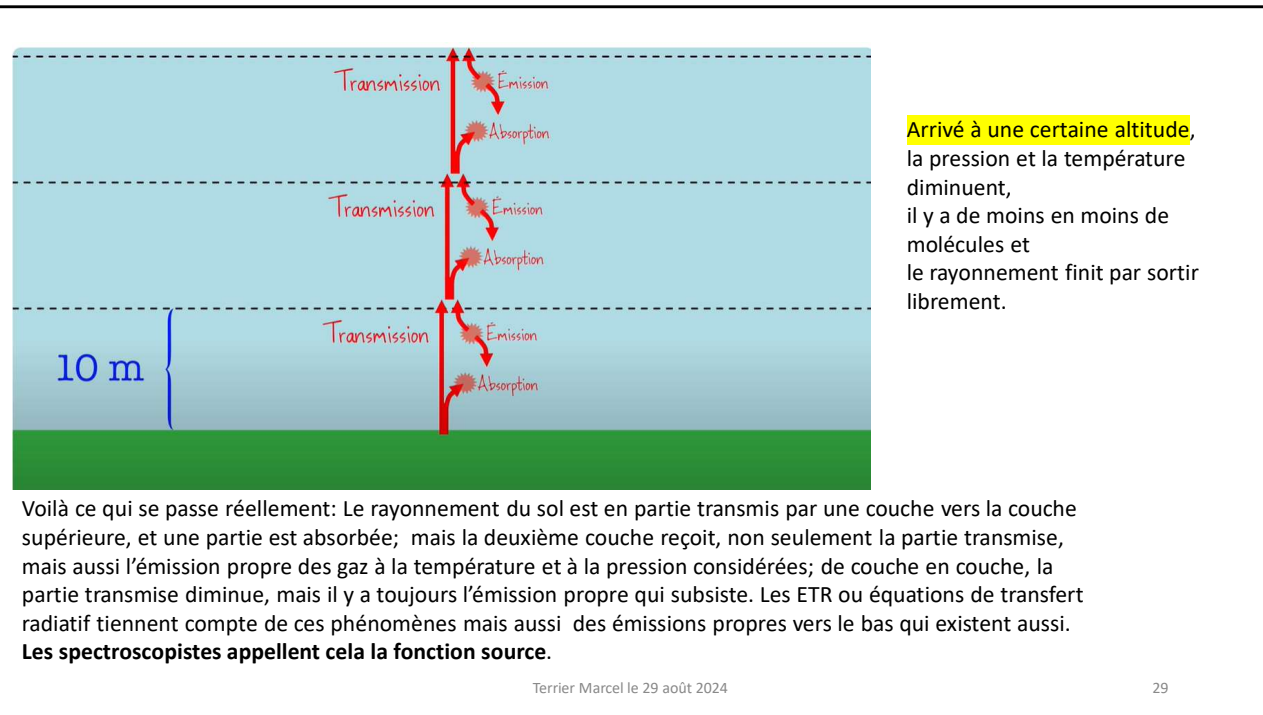


Le raisonnement sur l'absorption conclut qu'on devrait voir sur la bande des 15 microns cette échancrure par satellite!



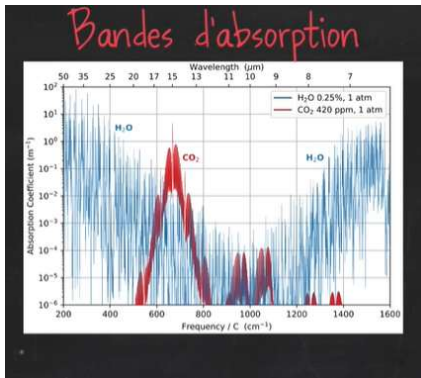
Mais voilà ce que le satellite nimbus voit. Il y a, non pas une échancrure complète, mais une simple indentation. Une partie du spectre 15microns arrive au sommet de l'atmosphère.

Conclusion: Le rayonnement 15microns parti du sol est absorbé à 100% mais un autre rayonnement de même nature est néanmoins présent en haut. Ce dernier vient des émissions propres des gaz car un gaz qui absorbe émet dans les mêmes fréquences, pour une température et une pression données!

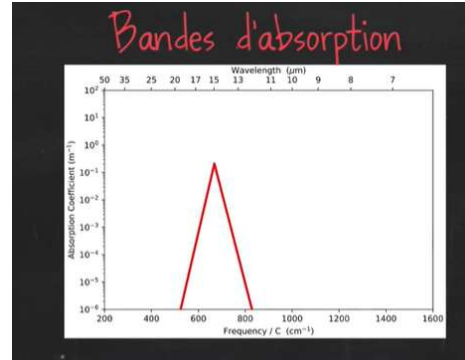


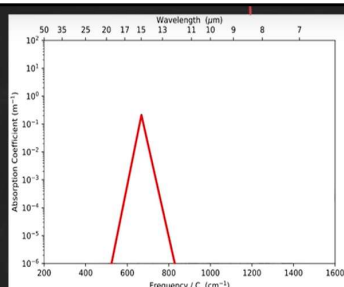
Exploiter les ETR quand un profil de température et de pression sont définis n'est pas trop ardu mais si ces équations doivent permettre de définir les profils alors, même les calculateurs et les programmes les plus sophistiqués ne peuvent le faire qu'à coups d'astuces et de tour de mains discutables, d'où les déboires avec les modèles climatiques numériques globaux que le GIEC utilise.

ETR= Equations de transfert radiatif.

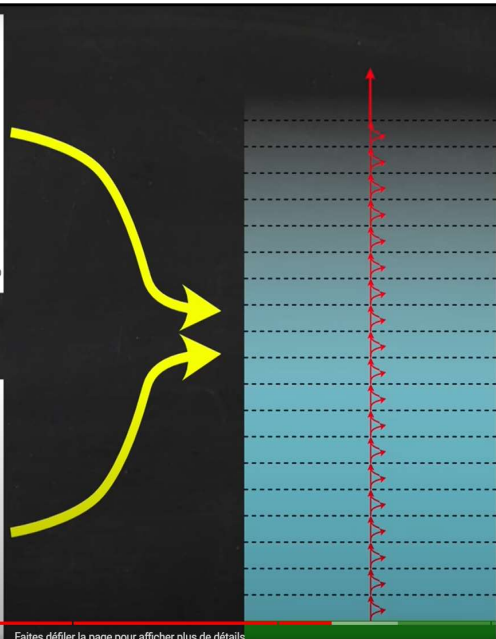
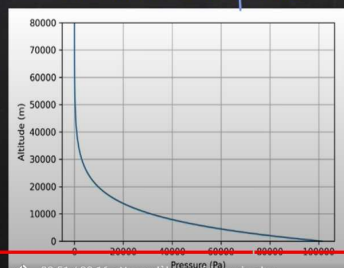


Comment faire des calculs?
 À gauche:
 les spectres d'absorptions
 de plusieurs gaz,
 à droite:
 le spectre simplifié pour le
 CO₂ uniquement

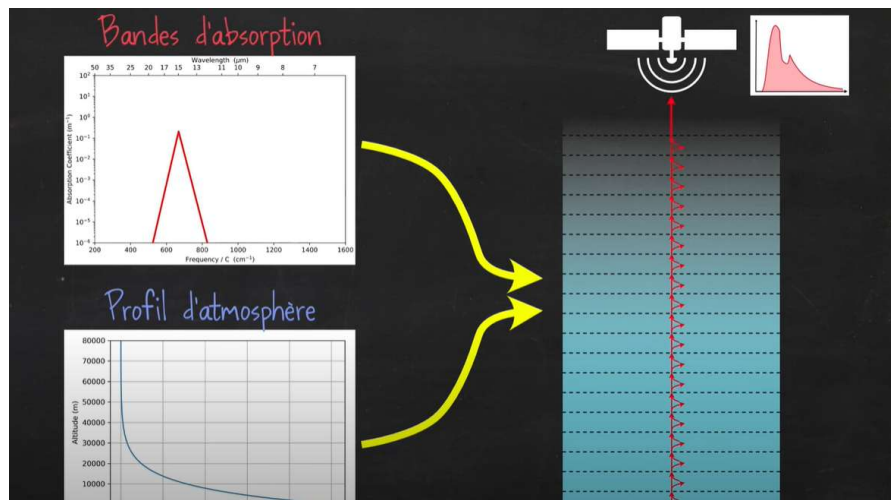




Profil d'atmosphère

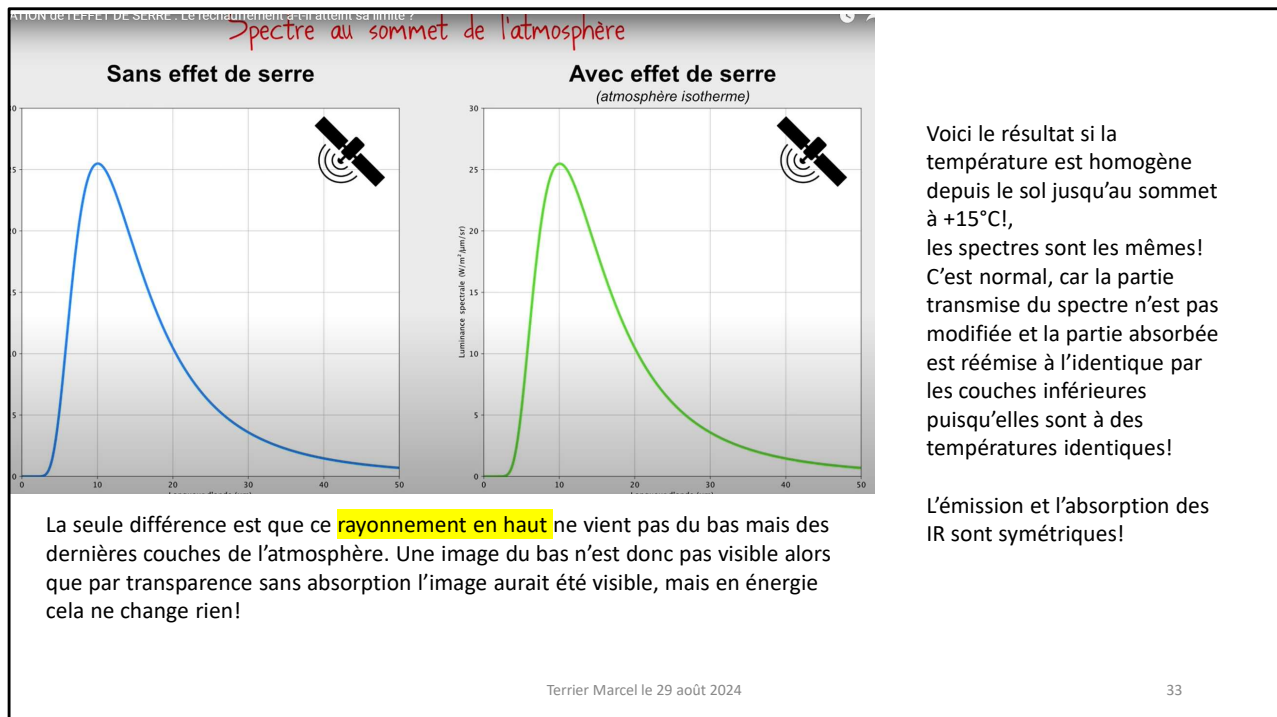


le calcul consiste, connaissant le profil de pression, donc de la densité du nombre de molécules à chaque couche de l'atmosphère, à trouver, couche par couche, les rayonnements longueurs d'ondes par longueurs d'ondes, ce qui rentre et ce qui sort de chaque couche, (On ne traite pas ici le flux descendant qui existe aussi!) ce qui est émis par chaque couche et transmis par chaque couche. Le résultat c'est le spectre obtenu par les satellites au sommet de l'atmosphère.



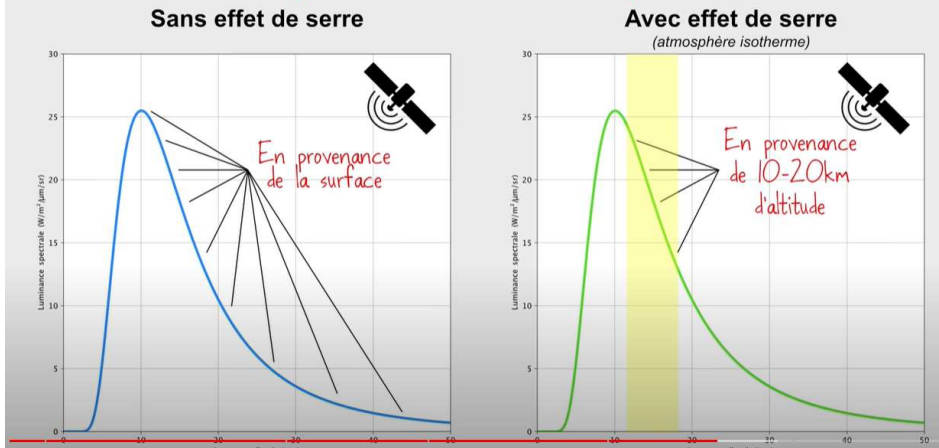
C'est la surface sous la courbe qui donnera la valeur cherchée. Mais nous ne disposons pas encore du profil de température de l'atmosphère.

Pression en Pascal pour l'abscisse du bas.



Pour bien détecter les phénomènes remarquables et utiles à la compréhension, on choisit un profil de température homogène de haut en bas ce qui est purement du domaine de l'imagination!

Spectre au sommet de l'atmosphère



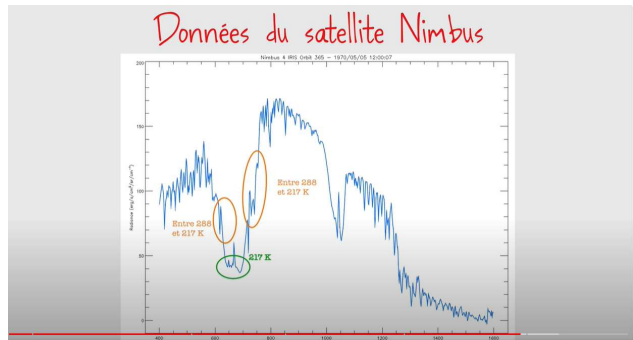
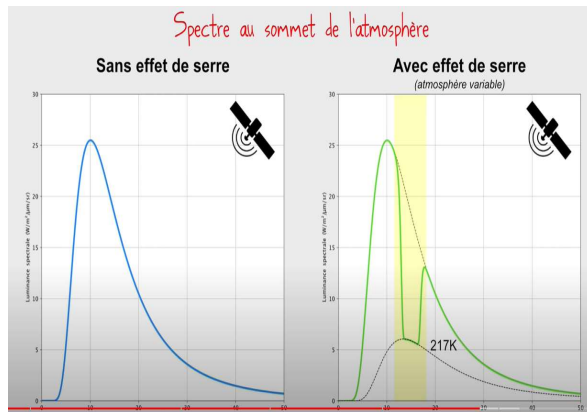
Dans le cas de la température homogène, sans effet de serre, tous les photons viennent d'en bas, alors que, avec effet de serre, si les photons en dehors de la bande de 15 microns viennent aussi d'en bas ceux de la bande de 15 microns, eux, viennent des dernières couches.



Mais prenons maintenant un profil de température plus réaliste:
Un profil linéaire dans la troposphère où la température chute avec l'altitude et où la tropopause est constante à -56°C .

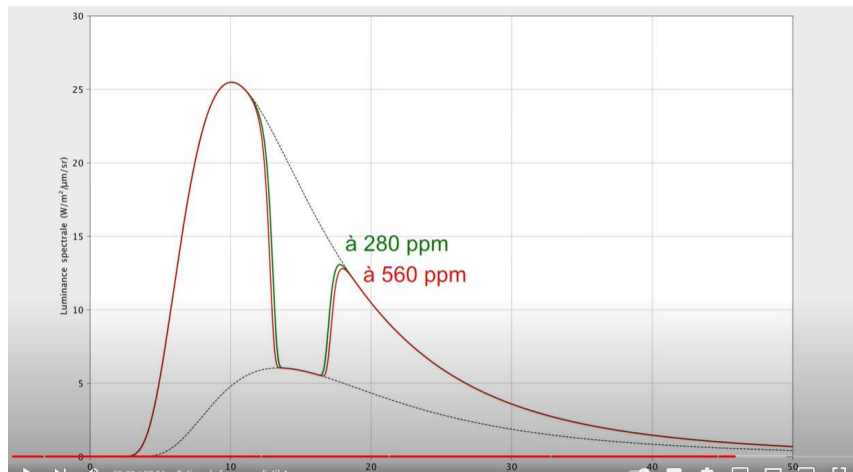
S'arrêter au sommet de la tropopause n'est pas idiot car l'air est déjà peu dense à cet endroit.

Voici ce que l'on obtient: l'absorption n'élimine pas les rayonnements IR qui refroidissent la Terre en s'échappant, mais les oblige à venir de zones plus hautes, donc plus froides, donc moins efficaces pour rayonner.



On constate que ce que les satellites mesurent est bien identique!,
en vert le bout de spectre à 217°k, **en bistre** le spectre de Planck transmis depuis le sol, en tout cas de plus bas.

Rappelons que nous n'avons tenu compte que du CO2 et de façon simplifiée pour le calcul à gauche alors que le spectre mesuré in-situ tient compte de tous les gaz et de leurs comportement réels non issus de bases de données.



Dans le cas du doublement du CO2 voilà ce que l'on obtient.

L'absorption supplémentaire a lieu sur les côtés, les flancs de l'indentation!

La différence de refroidissement est représentée par la surface entre les deux courbes.

Remarquons que nous avons imposé un sol à +15°C le fond de l'indentation n'a pas bougé. Le calcul ne reflète donc pas le vrai fonctionnement de l'atmosphère, mais donne une bonne idée pour la compréhension des mécanismes.

Les climatologues estiment que le doublement augmente l'effet de serre de 3W/m^2 mais c'est une valeur calculée avant les rétroactions. Les calculs complets doivent permettre d'obtenir les nouvelles températures au sol, et c'est à ce niveau que les différends apparaissent entre climato réchauffistes et climato réalistes. En ce qui me concerne, je suis Zeller et Nikolov qui annoncent que la température de surface ne dépend que de la pression et de l'ensoleillement: C'est +15°C quelle que soit la composition de l'atmosphère.

Cette augmentation calculée par les climatologues de $3\text{W}/\text{m}^2$ après doublement du CO_2 est communément admise, mais ce sont ses conséquences sur la température au sol qui provoquent des controverses.

Personnellement je pense que cette augmentation instantanée de la puissance ne se traduit pas par une augmentation instantanée de température au sol, mais par une évaporation supplémentaire de l'eau qui va transporter par convection de l'humidité au sommet de la tropopause où elle va se condenser en évacuant les calories de sa chaleur latente vers le cosmos.

La valeur de $+15^\circ\text{C}$ au sol est donc régulée un peu comme une casserole d'eau restée sur le feu ne dépassera pas les 100°C tant que la casserole ne sera pas vide!

C'est la conclusion de l'article de Douglas Lightfoot paru dans « Energy and Environment » en Juillet 2017.

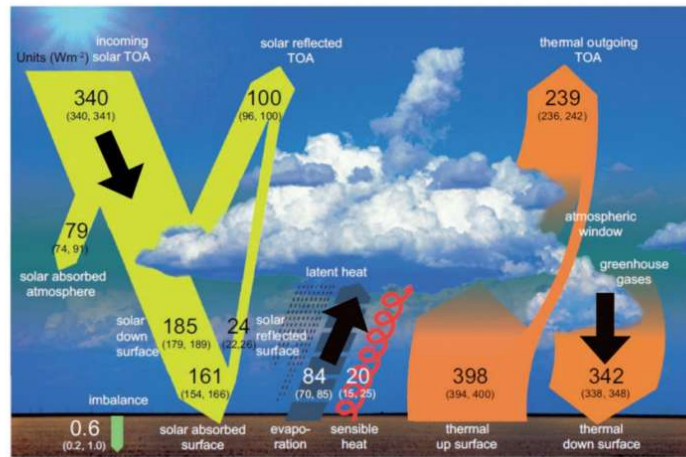


Figure 2.11: Global mean energy budget under present-day climate conditions. Numbers state magnitudes of the individual energy fluxes in W m^{-2} , adjusted within their uncertainty ranges to close the energy budgets. Numbers in parentheses attached to the energy fluxes cover the range of values in line with observational constraints. (Adapted from Wild et al., 2013.)

Figure 2. On average one quarter of the sun's energy input to the Earth goes to evaporate water at the surface of the Earth.

One quarter of the sun's energy evaporates water

Tercier Marcelle 29 août 2024

39

Ce schéma rapporté dans l'étude a pour origine les rapports du GIEC. Il y a bien accord sur les 3W/m^2 de chauffage supplémentaire en cas de doublement du CO_2 , mais pas accord sur les conséquences entre le GIEC et cet article! Le titre de l'article est: « **Back radiation versus CO_2 as the cause of climate change** »

Selon l'article, et je suis d'accord, c'est l'évaporation de l'eau qui par convection emmène les 3W/m^2 supplémentaire en direction du cosmos et rend nul l'effet CO_2 . D'où l'importance de bien connaître l'origine de ces « back radiations » et la raison du $+15^\circ\text{C}$ au sol qui justifie l'émission thermique du sol à 398W/m^2

Toute la controverse climatique est dans ce schéma, certains contestent l'existence des 398 et 342 W/m^2 voire aussi l'explication de leurs existences! Nous allons voir que ces flux sont explicables sans avoir recours aux explications de la vulgate climatique du GIEC.

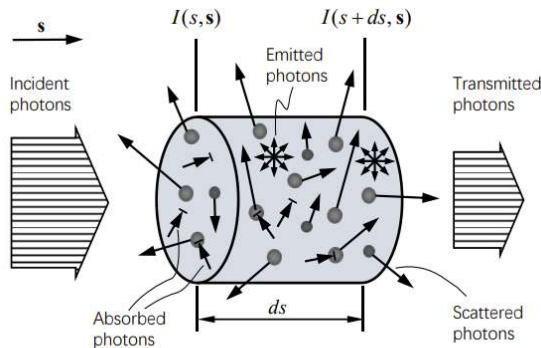


Fig. 1. Schematic of light transport in participating medium. The photon beam is attenuated by absorption and out-scattering and augmented by emission and in-scattering processes.

Traduction: Schéma du transport de la lumière dans un milieu participatif. Le rayon de photons est atténué par l'absorption et par les diffusions sortantes et augmenté par les émissions et les diffusions entrantes.

Radiative Transfer Equation and Solutions J.M. Zhao and L.H. Liu School of energy science and engineering, Harbin Institute of Technology, China e-mail: jmzhao@hit.edu.cn (J.M. Zhao), lhliu@hit.edu.cn (L.H. Liu) 2017

Tierrier Marcel le 29 août 2024

40

Voilà ce qui se passe en effet dans les gaz: un photon peut être absorbé par une molécule selon les divers processus mentionnés plus tôt, Dans le cas où c'est un électron qui change d'orbite, la molécule peut se désactiver spontanément ou au cours des chocs entre molécule. La simple température du milieu et la pression provoquent aussi par les chocs, des émissions et des désactivations. Il y a donc à la fois absorption, émission et dispersion (Diffusion). Les spectroscopistes élaborent des paramètres et des équations pour faire les calculs, selon la pression, l'altitude et la température, Les rapports entre les énergies issues des différents traitements des photons varient.

Toute l'explication est là, les gaz émettent dans toutes les directions et un simple calcul d'absorption ne donnera pas les bons résultats, il faut au moins tenir compte de leurs émissions propres.

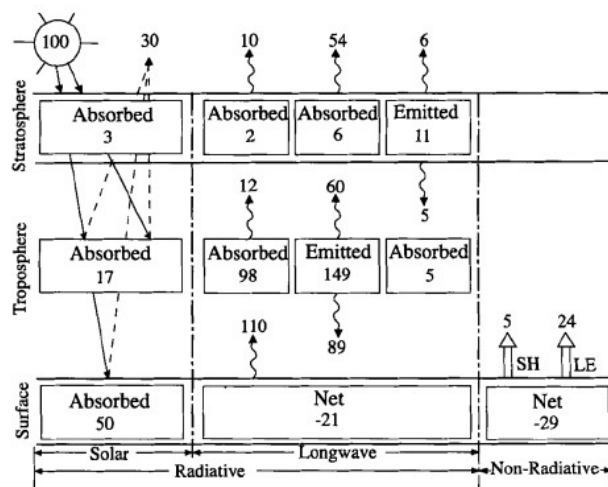


Fig. 2.4 Radiative and nonradiative energy flow diagram for Earth and its atmosphere. Units are percentages of the global-mean insolation (100 units = 342 W m^{-2}).

Toute la complexité des équations de transfert radiatif est exposée ici, seul Ferenc Miskolczi a su mettre en équation cette complexité où l'effet gravitaire n'apparaît pourtant pas! Sauf dans la valeur des émissions du sol! (Grâce à son théorème du viriel)

Voilà pour l'atmosphère le schéma, hors diffusion, des circulations énergétiques dans l'atmosphère. Le soleil est en haut et arrose la Terre avec en moyenne 342 W/m^2 comptés ici pour la base 100%. La partie à gauche du trait d'axe concerne les ondes courtes. Les pointillés représentent la réflexion (30%). La partie centrale représente les grandes ondes représentées en 3 niveaux, l'on y voit l'émission depuis le sol 110% et les flux descendants pour 89% deux flux souvent oubliés. Et l'on y voit la transmission centrale avec ses absorptions et ses émissions. Et l'important (à droite) est la présence de la convection avec sa chaleur sensible (SH) et sa chaleur latente (LE) qui contribuent à refroidir le sol et à expédier dans le cosmos les valeurs correspondantes en passant par la troposphère.

41

En effet, si le sol est à $+15^\circ\text{C}$ en moyenne, c'est dû aux effets de compression eux-mêmes dus à la gravité. Le 398 W/m^2 des slides précédents sont plus dus à cet effet de la gravité qu'au rayonnement. Ceci démontre que vouloir définir le profil vertical de température uniquement avec le rayonnement est impossible!!!!

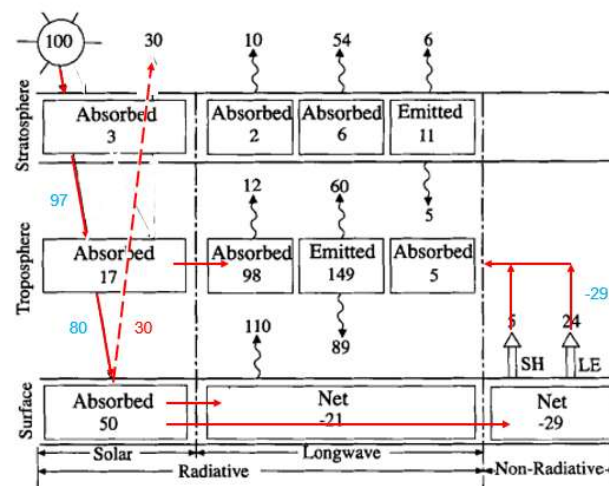


Fig. 2.4 Radiative and nonradiative energy flow diagram for Earth and its atmosphere. Units are percentages of the global-mean insolation (100 units = 342 W m^{-2}).

Bilans thermiques...

Global :
 $+100 - 30 - 10 - 54 - 6 = 0$
 Troposphère :
 $+17 + 98 + 5 - 149 = -29$
 Stratosphère :
 $+3 + 2 + 6 - 11 = 0$
 Surface :
 $+50 - 21 - 29 = 0$

Je comprends que les 29 sont absorbés par la troposphère.

Peut-on modifier le schéma ainsi :

Solaire : le rayonnement émis par le sol traverse, sans absorption, la troposphère et la stratosphère
 Troposphère : reçoit les chaleurs sensible et latentes.

Exemple de discussion sur le slide précédent avec un interlocuteur décédé depuis cet échange. Guy Gistau Baguer!

On peut travailler pour le modifier mais il faut garder tous les pointillés car les réflexions se font à différents niveaux qui sont tous représentés. Les deux flèches rouges horizontales en bas sont une bonne idée car le rayonnement solaire haute fréquence non réfléchi avec la compression adiabatique sert bien d'une part à provoquer le rayonnement basse fréquence montant de 110 et les valeurs de SH sensible heat et LE « latente energy ».

Par contre la petite flèche rouge horizontale du niveau intermédiaire n'est pas suffisante car le niveau central représente toutes les énergies qui circulent dans l'atmosphère sans mentionner l'effet de compression des convections et c'est bien là que se situe le nœud du problème que seul Miskolczi a su démêler. Il ne faut surtout pas mettre des valeurs sur les flèches rouges car les valeurs sont indéfinissables sans un calcul complet on sait seulement qu'elles participent à l'établissement des moyennes nécessaires pour que la température moyenne du sol soit de $+15^\circ\text{C}$ avec des sorties globales à 240 W/m^2

Ainsi: $98+29+17+5=149$ l'émission du centre où ensemble des absorptions aux niveaux intermédiaires y compris chaleur sensible et latente explique les émissions du niveau intermédiaire. Mais ceci n'explique pas le 110 montant qui provient aussi des compressions. On aurait pu tout aussi bien équilibrer avec une autre valeur que 110.

Comment faire apparaître la compression adiabatique dans un tel schémas?

Une petite correction à faire sur ce slide: Troposphère, $17+98+5+29-149=0$

2. Rapports de flux d'énergie fixes

En négligeant P et P0 : sur une période beaucoup plus longue que la constante de temps d'un mois de chauffage de la couche océanique mixte supérieure de 100 m, P et P0 sont très petits. Voir diagramme de flux.

Bilan global : $F_0 = OLR$

Bilan atmosphérique : $F + K + AA - EU - ED = 0$

Bilan de surface : $F_0 - F + ED - K - SG = 0$

Balance ondes courtes : $F_0 = ED - EU$ [directement dans l'atmosphère] + $SG - OLR$ [via la surface vers l'atmosphère].

Le dernier bilan signifie que le flux net descendant depuis l'atmosphère et le flux net ascendant vers l'atmosphère ne peuvent être pilotés ensemble que par F_0 , l'insolation nette. C'est la fameuse « équation 7 » que beaucoup n'ont pas pris la peine de comprendre.¹

Mesures : $AA = ED$; $2 \cdot UE = SG$. Voir les deux lignes du graphique, les températures de surface varient de -40°C à $+37^\circ\text{C}$.

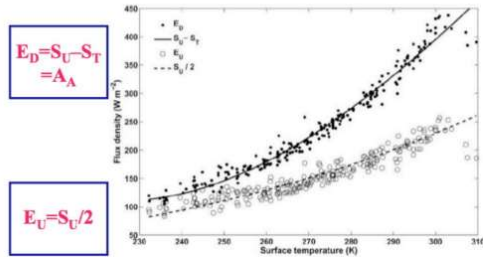


Fig. 20. Dependence of E_D and E_U fluxes on surface temperature. The solid line is a parabolic fit to the absorbed fluxes and the dashed line is the fit to the half of the surface upward fluxes.

Chaque point est le résultat des calculs Hartcode ligne par ligne de l'UE ascendante et de l'ED descendante, flux d'énergie provenant d'une des centaines de séries de mesures par radiosonde de l'humidité, de la température et de la pression. Avec ces deux relations, ainsi que les bilans énergétiques sur l'atmosphère et la surface et la valeur connue de l'insolation nette F_0 , tous les flux sont déterminés.

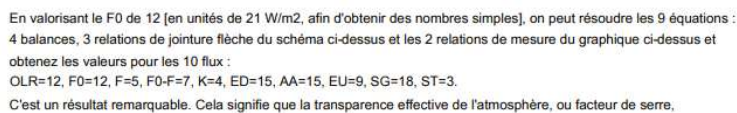
Miskolczi et ses 9 équations qui prennent tout en compte, les chaleurs latentes, la convection, la gravité et les lois de transfert radiatifs exploitées par des mesures dans l'atmosphère elle-même ce qui lui a permis de déterminer des lois pratiques pour l'atmosphère terrestre

Terrier Marcel le 29 août 2024

43

Ce n'est pas évident, mais la compression est prise en compte dans l'équation $E_u = S_u/2!!!!$

On verra plus loin que pour prendre la pression en compte Zeller et Nikolov écrive $E_u = 0,479 S_u....$



Terrier Marcel le 29 août 2024

44

44

Conclusion N°1, il n'est déjà pas facile de se faire une idée correcte des phénomènes radiatifs dans l'atmosphère, puisse ce power point y contribuer! Mais ce power point ne fait qu'alerter le lecteur sur l'ensemble des calculs complexes que la climatologie exige. Les notes sur la gravitation, la convection sont mentionnées chaque fois que le raisonnement les oublie en annonçant des valeurs issues des seuls effets du rayonnement. Les valeurs de -18°C ne prennent pas en compte la compression de l'air à la **redescende et sont donc fausses. La valeur de +15°C peut paraître fausse dans certains cas alors qu'elle est toujours valable (dès que la pression au sol et l'ensoleillement le justifient à eux seuls). La vidéo ci-dessous est un exemple de complexité.
<https://www.youtube.com/watch?v=aI6EU-bOSd4>**

Terrier Marcel le 29 août 2024

45

L'adresse internet est pour les courageux qui y découvrirons l'une des raisons de cette complexité!!!

Parlons un peu de pression et température

avec

ZELLER et NIKOLOV.

Terrier Marcel le 29 août 2024

46

C'est le moment de comprendre l'influence de la gravité!!

Le Giec avait déclaré que l'EEI (earth energy imbalance ou l'équilibre énergétique de la Terre) qui est la différence entre l'énergie issue du flux solaire absorbé entrant et l'énergie émise par la terre mesurée par satellite depuis l'espace ce qui dans les bases de données CERES est appelé « Net flux » constituait le plus fondamental des indicateurs du changement climatique! Un EEI positif est vu par le GIEC comme une accumulation d'énergie dans l'atmosphère ou dans les océans ce qui provoque à terme des réchauffements. Un EEI positif serait du, selon le GIEC, aux augmentations de « gaz à effets de serre ». Mais l'examen sur les 24 dernières années (2000/2024) des relations entre les mesures CERES de l'EEI et de la température globale de l'air au sol (GSAT) montre qu'elles sont nulles? L'examen des données montre que la relation existe entre les enregistrements de forçages solaires (Variation d'albédo plus variations d'émissions solaires) et La GSAT. Ceci est du au fait que les séries EEI sont calculées entre deux séries Les Radiations courtes entrantes qui précèdent les variations de GSAT de 4 mois qui conditionnent la série sortante. Il n'y a pas d'accumulation d'énergie dans l'atmosphère!

La comparaison des variations des émissions du sol (VES) avec les variations des émissions vers le cosmos du sommet de l'atmosphère VETA donne $VETA=0,479$ VES!!! Il y a bien de l'énergie qui se cache!! (0,479 nommé TEFAC)

La convection explique cette différence: Quand L'air monte il perd de l'énergie cinétique interne et se refroidit et quand il descend il se comprime et gagne de l'énergie interne. Ce phénomène donne un TEFAC compris entre 0,477 et 0,491 compatible avec 0,479.

Or le GIEC définit l'effet de serre par cette différence entre l'émission basse fréquence du sol et les émissions vers le cosmos au sommet de l'atmosphère.

On constate donc que l'effet de serre du GIEC ne serait du qu'à la gravité!

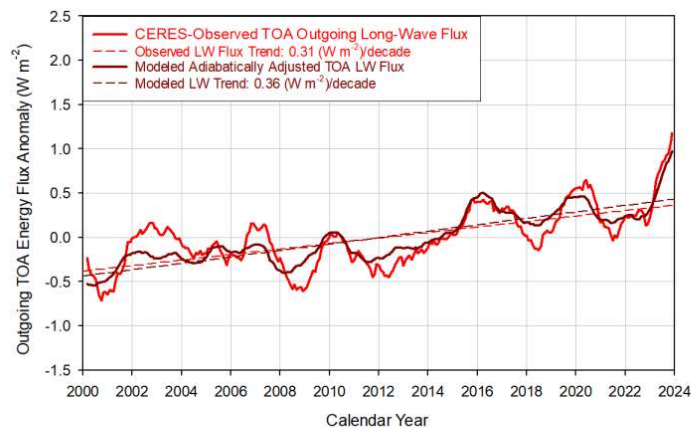


Figure 18. Comparison of observed and modeled outgoing thermal radiative fluxes at the TOA. The observed anomalies are from the CERES EBAF 4.2 dataset. The modeled time series is produced by multiplying the surface total-energy fluxes calculated by Equation (17) and shown in Figure 14a by 0.477 to account for the quasi-adiabatic energy dissipation in the troposphere. This correction makes the modeled timeseries agree almost perfectly with the observed timeseries.

La série issue du modèle est l'énergie totale émise par la surface multipliée par 0,477 est comparée à la série réelle des basses fréquences au sommet de l'atmosphère issue des enregistrements CERES. Il n'y a plus de différence donc il n'y a pas d'effets de serre mais un effet adiabatique!!!

Si au lieu d'appliquer ce coefficient 0,477 à l'énergie totale émise par le sol on l'applique au flux solaire absorbée on constate, sur le long terme, l'égalité des tendances des flux entrant et sortants. Les variations d'EEI n'existent pas non plus!

Roles of Earth's Albedo Variations and Top-of-the-Atmosphere Energy Imbalance in Recent Warming: New Insights from Satellite and Surface Observations Ned Nikolov , and Karl F. Zeller

Terrier Marcel le 29 août 2024

48

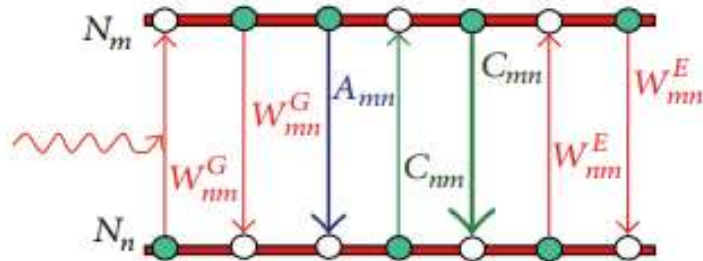
En effet les écarts d'EEI sont ponctuels mais leurs tendances globales est Zéro.

Quelques pas avec Hermann Harde!!

Terrier Marcel le 29 août 2024

49

Pour gratter la surface de cette complexité!!!



Radiation and
heat transfert in
the atmosphère
Hermann Harde
2013

FIGURE 8: Two-level system with transition rates including an external excitation.

Schémas d'un système à deux niveaux: Un photon rencontre les molécules d'un gaz, il peut provoquer une variation du nombre d'électrons en position Haute N_m et en position Basse N_n , les collisions entre molécules peuvent être super élastiques et désexcitent les molécules transitions entre m et n à un rythme C_{mn} , ou peuvent être inélastiques dans ce cas les molécules sont excitées à un rythme C_{nm} . Les radiations induisent aussi des transitions à un rythme (probabilité de transition) W_{mn}^G et W_{nm}^G . A_{mn} est le coefficient d'Einstein des désexcitations spontanées sans intervention extérieure. W_{mn}^E et W_{nm}^E sont des modifications de probabilité de transition du à une source thermique extérieure, le sol par exemple, leurs valeurs dépendent de la température et de la pression et évidemment de la source. Terrier Marcel le 29 août 2024

50

Les bases de données ne donnent pas encore toutes ces valeurs par gaz, par température, par pression et par longueur d'onde.

To distinguish between the external radiation and the radiating gas, we use the letter B (from background radiation), which may not be mixed with the Einstein coefficients B_{nm} or B_{mn} . Then we get as the final result:

$$\frac{dI_{\nu,\Omega}(r)}{dr} = -\bar{\alpha}_{nm}(\nu) I_{\nu,\Omega}(r, T_E) + \bar{\alpha}_{nm}(\nu) B_{\nu,\Omega}(T_G(r)). \quad (88)$$

This equation is known as the Schwarzschild equation [5–7], which describes the propagation of radiation in an absorbing gas and which additionally takes into account the thermal background radiation of the gas.

Radiation and heat
transfert in the
atmosphère
Hermann Harde
2013

L'équation de **Schwarzschild** sous cette forme ou une autre est indispensable pour tenir compte des radiations propres du gaz.

Thermal radiation is electromagnetic radiation and no heat. Therefore, in the same way, as radio waves can propagate from a colder antenna to a warmer receiver, microwaves can be absorbed by a hot chicken, or CO₂-laser radiation (10.6 μm) can be used for welding and melting of metals up to several thousand °C, so any back radiation from colder and higher atmospheric layers can be absorbed by the lower and warmer layers, and this back radiation can also be absorbed by a warmer surface of the earth without violating the 2nd law of thermodynamics. As long as the surface is assumed to be a black or gray absorber, it does not filter any frequencies of the incoming radiation, in the same way as it does not reject any frequencies of the broad Planck spectrum of a thermal radiator, independent, if it has a higher or lower temperature than the earth. Radiation converts to heat after an absorption, followed by an emission in accordance with a newly adjusting thermodynamic equilibrium, which only requires that the net energy transfer is in balance.

Radiation and heat transfert in
the atmosphere Hermann
Harde 2013

er Marcel le 29 août 2024

52

Il faut donc bien tenir compte à la fois du rayonnement qui provoque des émissions et des absorptions dont les statistiques dépendent de la température et de la pression mais qui, existent en permanence peu importe en effet d'où provient ce rayonnement électromagnétique. Les radiations absorbées se transforment en chaleur sont suivies par une émission qui doit respecter l'équilibre thermique local en n'assurant que l'équilibre énergétique des échanges.

Il ne faut pas oublier en effet que les spectres d'absorptions et d'émissions sont très étendus, que les chocs élargissent de plus les pics centraux et latéraux et qu'en conséquence toute la gamme est concernée et pas seulement les fameux pics.

On sait donc calculer les effets radiatifs qui sont conformes aux schémas du GIEC à la condition de disposer des profils de température et de pression mais on ne sait pas recalculer correctement ces profils.

Conclusion N°2:

Je prétends seulement avoir regardé de très près les travaux des chercheurs et
je prétends en avoir tiré l'essentiel pour me faire ma propre opinion.

**Le GIEC ne se comporte pas différemment mais je l'accuse de ne retenir que les
travaux qui semblent confirmer ses affirmations.**

Hermann Harde conclut que l'effet CO₂ est négligeable,
son étude est irréprochable

mais elle ne permet que de calculer les transferts radiatifs dans une atmosphère à profil de température et de
pression connue et pas de recalculer ces profils.

**Le calcul climatique complet est encore hors de portée des moyens humains
connus,**

seul, **Miskolczi** a, en uni-dimensionnel, ouvert une porte.

Je ne suis pas un expert mais un observateur attentif!

Terrier Marcel le 29 août 2024

53

Compte tenu du nombre d'approches différentes pour les études des phénomènes atmosphériques terrestres, il n'est pas étonnant que d'une part, nous ayons du mal à nous comprendre et que d'autre part, nous ayons du mal à convaincre ceux qui nous suivent. Si on s'aventure dans le domaine des autres corps telluriques que la Terre de nouvelles sources d'incompréhensions se font jour.

En ce qui me concerne j'essaie de rester sur la question suivante: "pour n'importe quel corps tellurique situé à une distance constante du soleil lui même restant constant peut on calculer et de quelles façons diverses la température moyenne de surface de ce corps et les températures moyennes à différentes latitudes pour des compositions et des pressions d'atmosphères diverses?"

Pour répondre à cette question il faut d'abord être d'accord sur l'utilité de la température moyenne, de nombreuses études confirme cette utilité alors que beaucoup d'entre nous la conteste! Il faut aussi supposer qu'on sait tout sur les transferts radiatifs dans les gaz et que les bases de données disponibles sont complètes, nous ne sommes pas d'accord non plus sur ce point! Certains d'entre nous sont gênés par les notions de température effectives et efficaces et d'autres s'en accommodent!

En conséquence chaque mode de calcul peut être défendu par les uns et critiqués par

les autres.

Zeller et Nikolov dans la foulée de Sorokthin concluent que la température moyenne au sol pour les limites définies précédemment ne dépendent que de la pression au sol et de l'insolation (distance au soleil) et pas de la composition de l'atmosphère! Mais Sorokthin calcule néanmoins que pour une atmosphère faite uniquement d'azote et d'oxygène la Terre aurait une température moyenne au sol supérieure à celle que donnerait une atmosphère uniquement composée de CO₂ (D'où mes remarques dans ce Power point sur la vidéo initiale de Louapre qui ne voit pas cette augmentation). Ils font un calcul qui donne de l'importance aux phénomènes convectifs sans pour autant négliger les équations de transfert radiatifs.

A l'opposé, Hermann Harde utilise à fond les bases de données de transferts radiatifs et arrive à la conclusion que la quantité de CO₂ n'a que peu d'influence sur la température moyenne au sol mais ne dit rien du cas d'une atmosphère composée uniquement d'azote et d'oxygène!

Je crois que c'est sur ces points qu'il faut discuter entre nous.

Personnellement je crois à l'approche de Sorokthin et à sa conclusion sur l'atmosphère azote oxygène qui, selon moi, montre que les bases de données radiatives sont incomplètes!

Commentaire CV

- L'insolation est très variable avec la latitude et la température de surface aussi
- par contre le rayonnement vers le cosmos est « presque » uniforme avec 280 W/m^2 là où l'on voit les basses couches depuis le satellite à travers la fenêtre de la vapeur d'eau, à savoir la surface sur les déserts secs ou les nuages bas stratus marins à l'ouest des continents où le cisaillement des alizés le sec venant du désert (Sahara) passant au-dessus de l'alizé humide circulant sur l'océan; au-dessus du stratus pas ou peu d'humidité et la température du stratus à 1 km fait le rayonnement dans la fenêtre de la vapeur d'eau; mais c'est 200 W/m^2 sur les zones polaires très sèches où la surface est très froide; et entre 220 et 260 W/m^2 partout ailleurs
- Ailleurs la vapeur d'eau rayonne environ 200 W/m^2 (vapeur d'eau dans la fenêtre comprise) vers le cosmos partout à peu près à la même température puisqu'en dessous de cette température il n'y a presque plus de vapeur d'eau; la température de rayonnement en gros celle de la couche située à une épaisseur optique de 1 du haut de l'atmosphère est donc assez uniforme
- Les moyennes du genre 15°C etc. sont des leurres : c'est le mouvement des fluides air et eau impulsé par le contraste des températures qui transporte la chaleur des zones tropicales excédentaires vers les zones polaires déficitaires et permet d'uniformiser ou presque le rayonnement OLR
- Le mouvement des fluides est turbulent avec des anticyclones pôles vers tropiques et des dépressions qui font remonter la vapeur d'eau vers les pôles et alimente le rayonnement vers 200 W/m^2 de la vapeur d'eau
- L'insolation découle de l'albédo, donc des nuages, donc du passage des dépressions et aussi du flux solaire reçu en haut de l'atmosphère qui lui dépend de la distance Terre Soleil et d'autres paramètres (inclinaison, précession des équinoxes) tous variables avec des périodicités diverses.
- Nikolov et Zeller ont essayé de dépatouiller les effets de l'insolation en haut de l'atmosphère et les effets de l'albédo ... c'est mieux que rien

Vapeur d'eau : moyenne 28 kg/m²

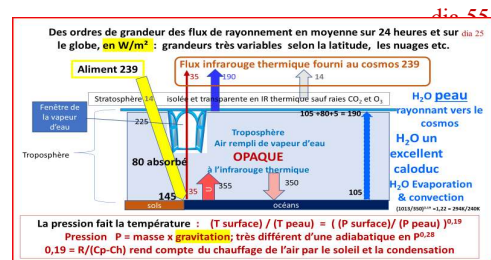
S'évapore = refroidit la surface

Est transportée du chaud vers le froid par le mouvement de l'air

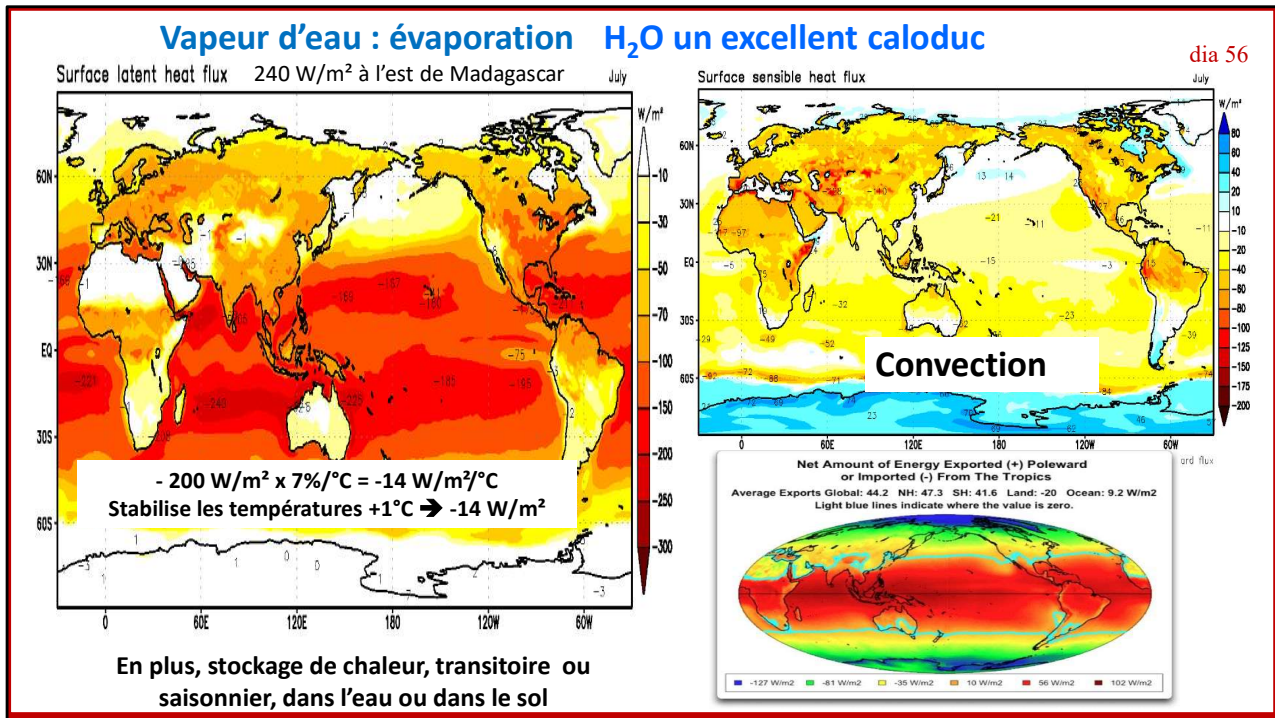
Se condense en dégageant de la chaleur

Fournit la presque totalité du rayonnement de la troposphère fourni au cosmos (180 sur 190)

8 jours en moyenne entre évaporation et précipitation



Un résumé sur la vapeur d'eau dia 33



Voici comment la chaleur solaire quitte la surface

dia 34

L'évaporation et la convection régulent les températures de surface dans la zone de l'équateur météorologique ou de la convergence intertropicale ce qui fait que la température de surface y est limitée : il y a plus ou moins tôt dans la journée formation de nuages ces cumulo-nimbus justement redoutés des pilotes d'avions.

Le transport d'air chaud et de vapeur d'eau des zones très ensoleillées vers les pôles se voit sur cette petite carte.

Les zones rouge foncé relâchent 100 W/m² en moyenne, celles rouge clair 56 W/m² en moyenne; les zones vertes

reçoivent 81 W/m^2 , les zones polaires en bleu 127 W/m^2 .

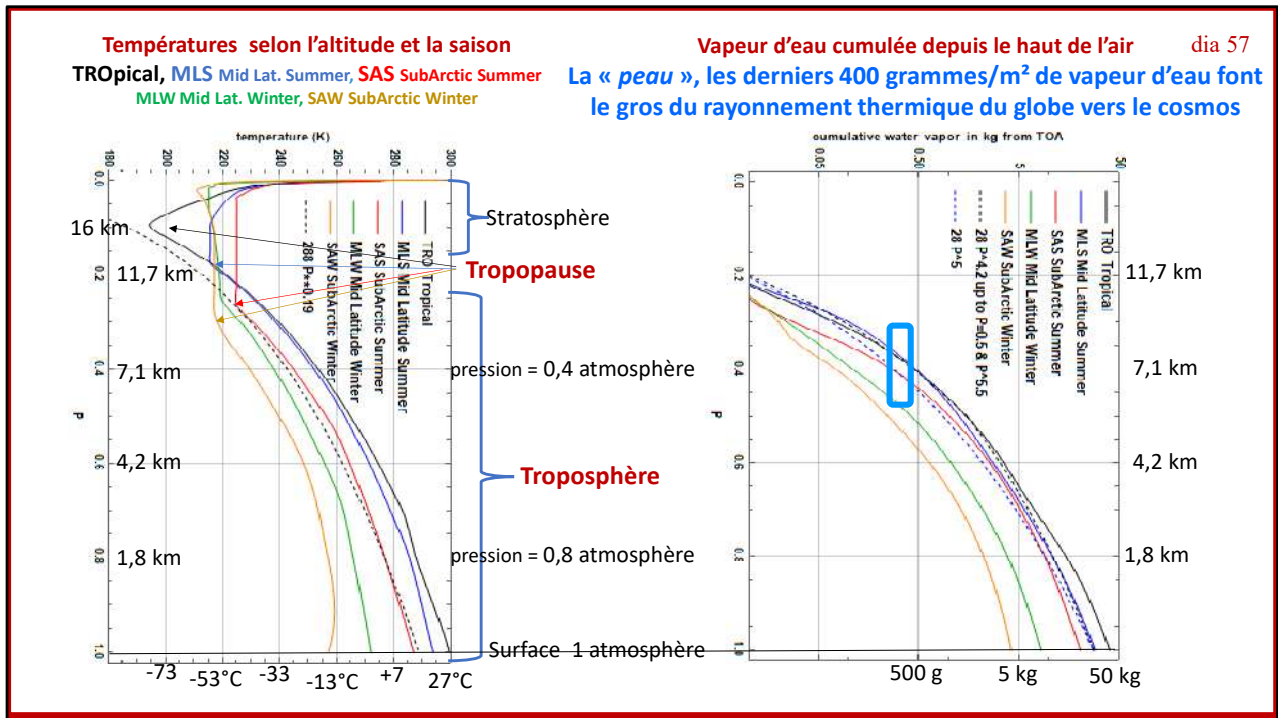
Ces valeurs sont évidemment des moyennes sur la zone géographique de la couleur.

Le moteur de la machine climatique est simplement le contraste des températures et des ensoleillements.

Voici une carte de l'évaporation pour un mois de juillet selon une réanalyse japonaise : 240 W/m^2 à l'est de Madagascar; l'évaporation est un excellent thermostat : plus un degré Celsius en surface provoque par exemple l'emport de 14 W/m^2 supplémentaires

** La convection selon les latitudes emporte 32 W/m^2 de la surface ou lui apporte jusqu'à 14 W/m^2 par échanges de chaleur sensible

** le transfert de chaleur de la zone rouge qui perd de 50 à 100 W/m^2 en moyenne annuelle vers les autres latitudes qui reçoivent de ce transfert jusqu'à 127 W/m^2 ; le nord de la Tasmanie est à 40°S , Gibraltar à 39°N , Le Cap à $34,5^\circ\text{S}$ sont proches de la ligne bleu clair qui limite la zone rouge

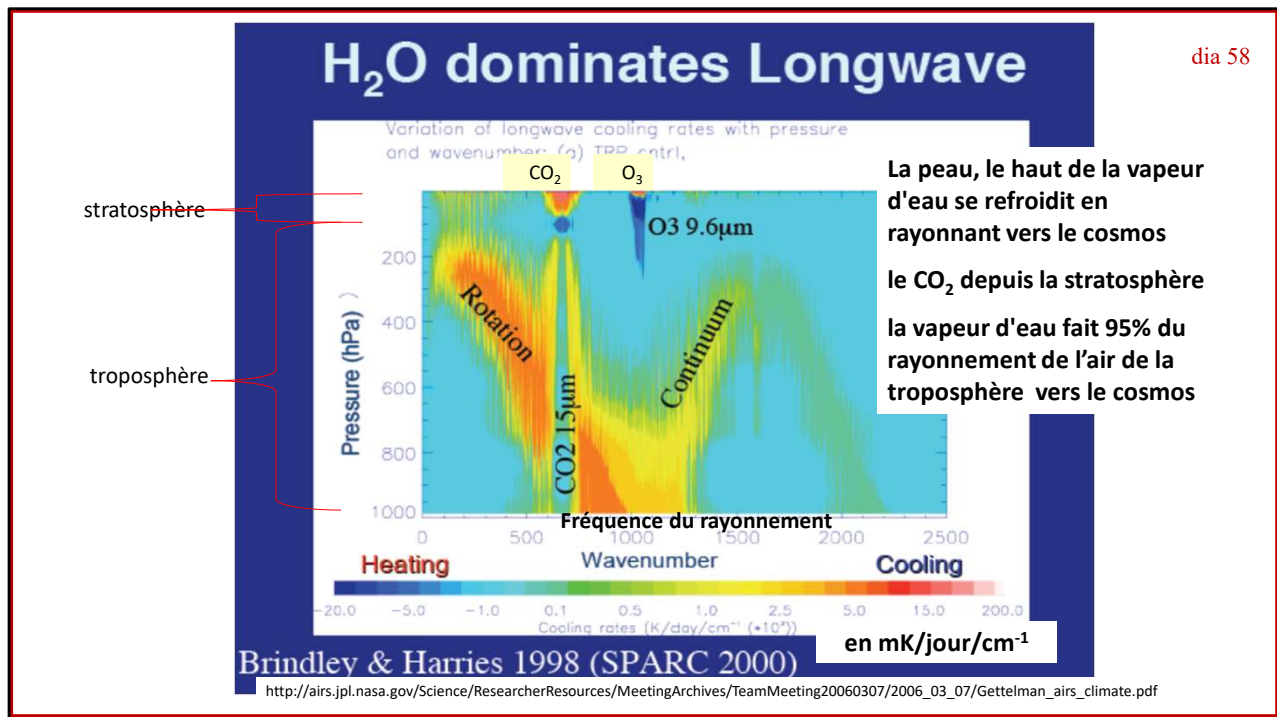


Et enfin les profils des températures en fonction de la pression et de l'altitude et, sujet essentiel, le cumul de la vapeur d'eau en kg/m² depuis le haut de l'air dia 35

Ces cinq profils « types » de température montrent bien la décroissance des températures avec la pression et la position de la tropopause où la température devient à peu près constante jusque vers 20 km. Cette tropopause est à 8 km pour le cas de l'hiver subarctique SAW en orange mais à 16 kilomètres pour le profil tropical TRO en noir. Les températures de surface de ces profils vont de +27°C pour le tropical à -15°C pour l'hiver subarctique vers 60° nord et au-delà.

Ces profils de température sont des conséquences immédiates de la relation entre température et pression en supposant une pression à peu près constante vers 50 millibar ou 20 km.

**** *** A droite vous avez la quantité de vapeur d'eau cumulée depuis le haut de l'air, quantité négligeable dans la stratosphère et à la tropopause, mais qui arrive à 500 g vers 7 kilomètres pour les profils tropical TRO et été des moyennes latitudes MLS. Ce sont ces derniers 500 grammes qui assurent le gros du rayonnement de la troposphère fourni au cosmos, ce que j'appelle la peau de la vapeur d'eau.



Où se trouve le radiateur qui fournit de l'infrarouge thermique au cosmos dia 36

J'ai appelé excrément cet infrarouge thermique fourni au cosmos.

Voici un exemple avec un profil type tropical qui montre d'où rayonne la vapeur d'eau ce qui fait le refroidissement de la haute troposphère : ça dépend de la fréquence du rayonnement qui figure en abscisse entre 0 et 75 THz ou 2500 cm⁻¹;

le CO₂ autour de 666 cm⁻¹ ou 20 THz et l'ozone rayonnent surtout depuis la stratosphère ;

aux fréquences où la vapeur d'eau est très opaque elle

rayonne entre 200 et 400 millibars mais dans sa fenêtre de transparence, c'est entre 800 millibar et la surface.

Dans les zones bleu clair en dessous de la zone orange il n'y a pas de rayonnement vers le cosmos parce que la vapeur d'eau y est opaque

Dans les zones bleu clair au-dessus de la zone orange ou jaune, il n'y a plus assez d'opacité de la vapeur d'eau et donc pas de rayonnement et pas de refroidissement

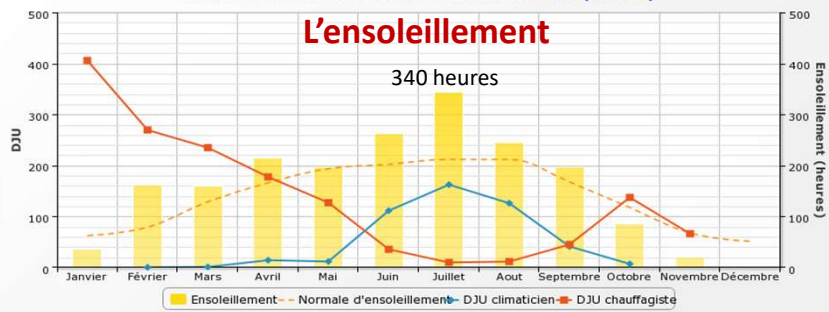
Commentaire CV

- Voir aussi les calculs simples de Jeevanjee
- <https://scholar.google.com/citations?user=e18rmp0AAAAJ&hl=en>
- <https://journals.ametsoc.org/view/journals/atasc/80/8/JAS-D-22-0178.1.xml>
- <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1029/2022GL101499>
- <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1029/2021GL093699>

Mais il publie plus vite que je puis lire et vérifier où il distord un peu ses résultats pour rester dans l'orthodoxie

Degrés-Jours et ensoleillement en 2019 à Paris-Montsouris

Ecart aux normales 1981-2010 d'ensoleillement : **+16% (+259.4h)**



<https://www.infoclimat.fr/climatologie/annee/2019/paris-montsouris/valeurs/07156.html>

L'ensoleillement fait les températures extrêmes chaudes et maximales moyennes

Comparer avril mai septembre de 2019 à la « moyenne » de juillet

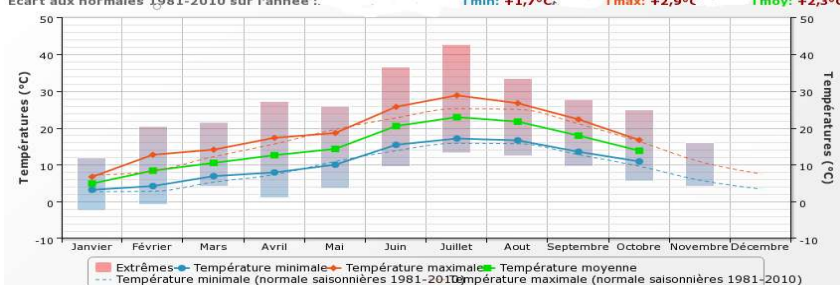
Températures en 2019 à Paris-Montsouris

Ecart aux normales 1981-2010 sur l'année :

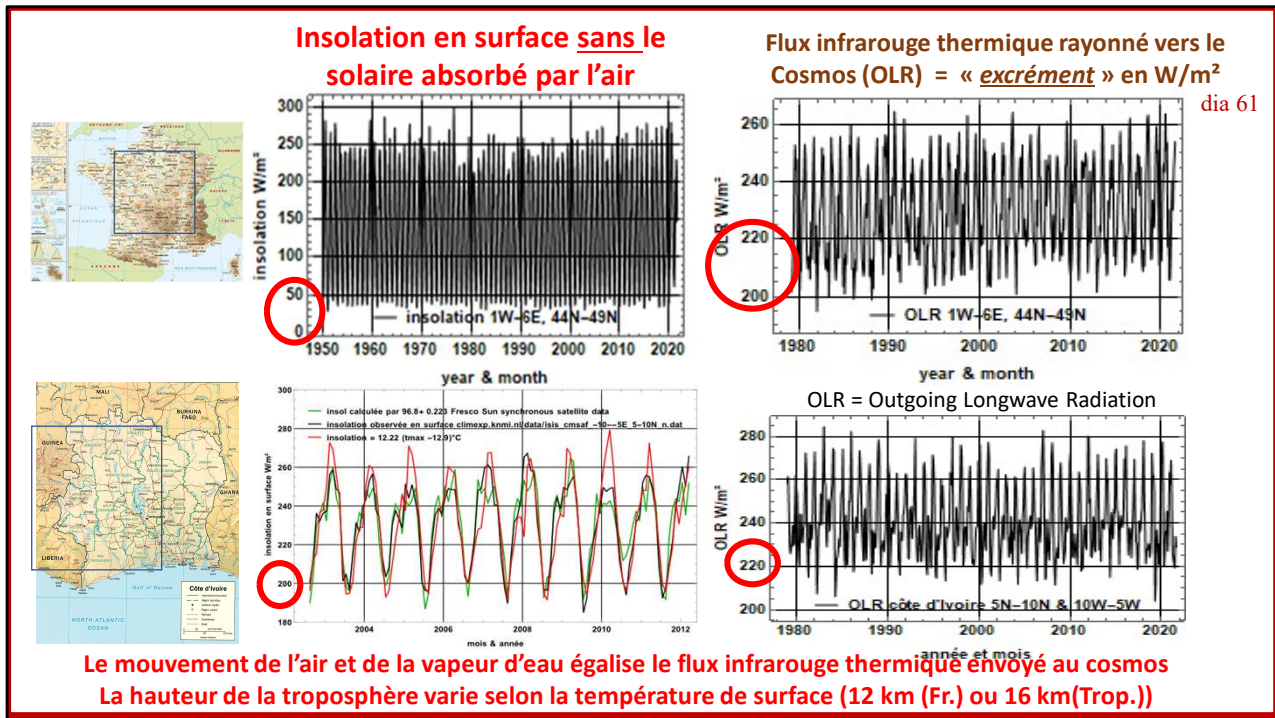
Tmin: **+1,7°C**

Tmax: **+2,9°C**

Tmoy: **+2,3°C**



60



La température de surface, effet de la gravitation et de l'insolation dia 39

Voici des observations sur une partie de la France et de la Côte d'Ivoire.

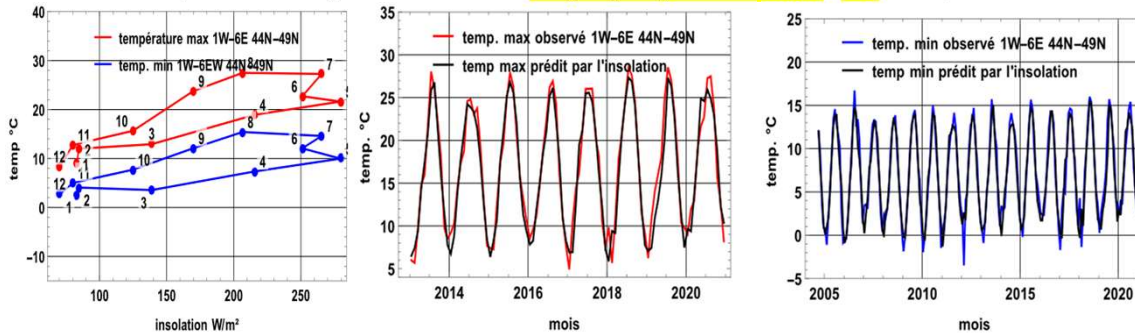
** En France l'insolation en surface va en moyenne mensuelle de $46 W/m^2$ en décembre à $270 W/m^2$ en juin-juillet, mais le rayonnement fourni au cosmos, OLR est lui bien égalisé entre 200 et $260 W/m^2$: c'est en décembre l'effet de l'apport de chaleur par le mouvement de l'air et de la vapeur d'eau

** En Côte d'Ivoire le passage du soleil au zénith correspond à la saison des pluies mais l'insolation en

surface va de 200 W/m^2 à 280 W/m^2 comme le rayonnement OLR

températures de surface = gravitation + masse de l'air (pression) + insolation

mais le rayonnement du globe vers le cosmos Outgoing Longwave Radiation = OLR est « quasi-constant » dia 62



Récap

Uniformisation géographique sur Terre et sur Vénus du rayonnement thermique vers le cosmos par le mouvement de l'air et la position de la peau de la vapeur d'eau

La masse de l'air, la gravitation, le chauffage de l'air par la vapeur d'eau font le gradient de température dans la troposphère entre la surface et la peau de la vapeur d'eau (ou sur Vénus les poussières à 60 km)

La variation saisonnière de la température en surface = insolation

La température de surface effet de la gravitation et de l'insolation dia 40

** Il y a deux températures par jour le maximum en fin d'après-midi ici en rouge mois par mois et le minimum en fin de nuit en bleu sur l'année 2020. Vous avez mois par mois la température en fonction de l'insolation la température croît de janvier le mois 1 à juillet le mois 7 et décroît ensuite.

Comme vous le voyez les deux températures le max en rouge et le min en bleu sont correctement déduites de l'insolation du mois et de la température du mois précédent : la courbe noire calculée est proche des

courbes rouge et bleue des observations.

**** Récapitulons**

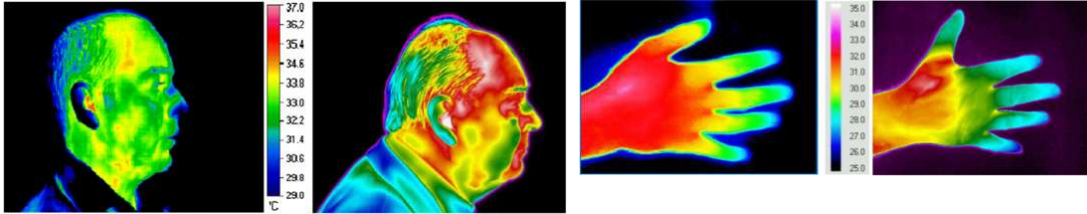
Uniformisation géographique sur Terre et sur Vénus du rayonnement thermique vers le cosmos par le mouvement de l'air et la position de la peau de la vapeur d'eau

La masse de l'air, la gravitation, le chauffage de l'air par la vapeur d'eau font le gradient de température dans la troposphère entre la surface et la peau de la vapeur d'eau (ou sur Vénus les poussières à 60 km)

La variation saisonnière de la température de surface c'est l'insolation

Infrarouge thermique ? Tout corps qui absorbe du rayonnement à une fréquence rayonne à cette fréquence, mais à sa température propre

Figures from Infrared thermal imaging in medicine E F J Ring and K Ammer 2012 Physiol. Meas. 33 R33 doi:10.1088/0967-3334/33/3/R33



Méga = 1 million, Giga = 1000 millions = 1 milliard, Téra = 1000 milliards

Fréquences du rayonnement électromagnétique, exemples : 50 Hertz, 600 MHz (TV hertzienne, 50 cm), 1 GHz (GSM), 2,45 GHz (four micro-ondes), 12 GHz (TV par satellite) , **1 THz (300 μm)**

La bande **1 THz (300 μm) à 75 THz (4 μm)** est dite **infrarouge thermique**, rayonnement des corps et **des gaz** à nos températures usuelles (+40°C à -50°C) ,

maximum de rayonnement à la fréquence : 0,059 T(K) THz 17,7 THz @ 300 K = +27°C

Solaire de 75 THz (4 μm IR) à 1500 THz (0,2 μm UV) **Visible** de 430 THz (0,7 μm , rouge) à 790 THz (0,38 μm , violet)

Transfert de **chaleur** par rayonnement thermique de A vers B : comme entre comptes bancaires
« Émis par A et absorbé par B » moins « Émis par B et absorbé par A »

Voilà pourquoi on se rapproche des radiateurs 700 W/m² @ 60°C, 500 W/m² @ 33°C

63

Un rappel rapide sur l'infrarouge thermique

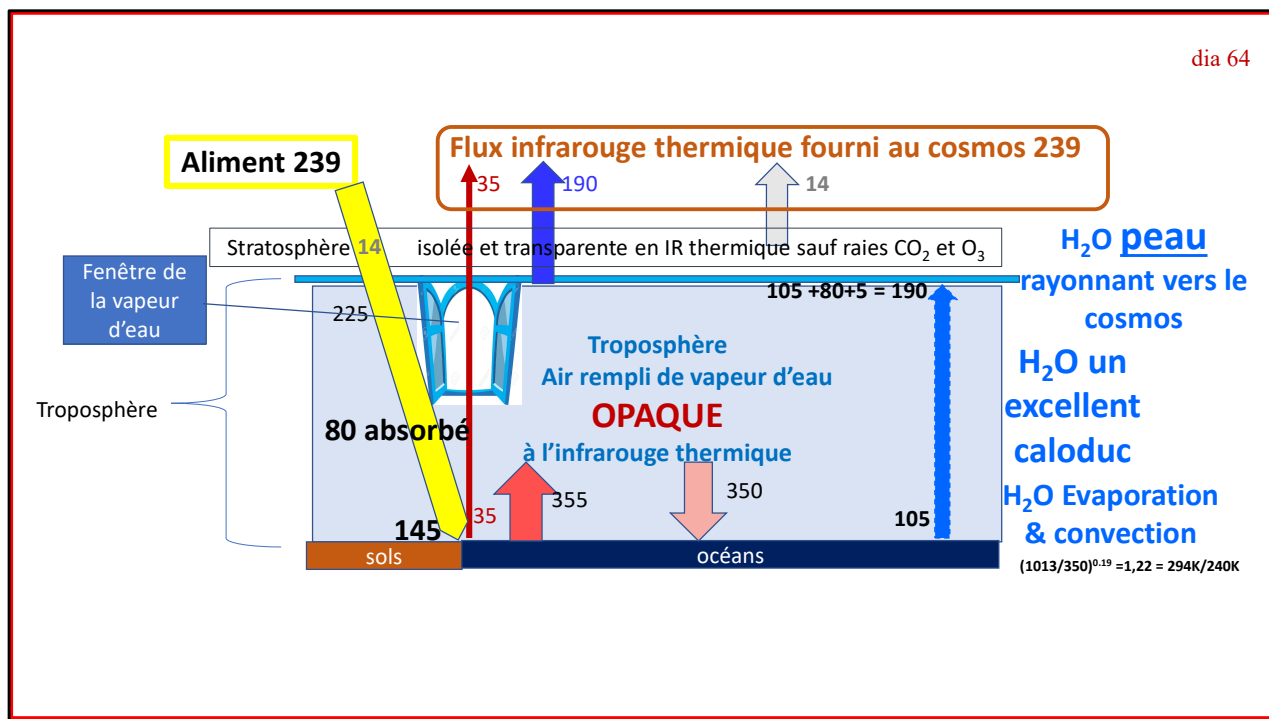
tout corps par exemple un volume d'air avec de la vapeur d'eau ou encore la peau de ces messieurs, tout corps qui absorbe un rayonnement rayonne à la même fréquence mais à sa température propre

ces images médicales montrent que c'est la peau qui rayonne : le rayonnement thermique est un diagnostic des températures de la peau

*** Ce rayonnement thermique est à des fréquences entre un Téraherz, soit un million de Megahertz et 75 Téraherz

*** Un transfert de chaleur par rayonnement entre deux corps est comme un transfert d'argent entre deux comptes en banque ce que l'un reçoit de l'autre moins ce qu'il lui donne

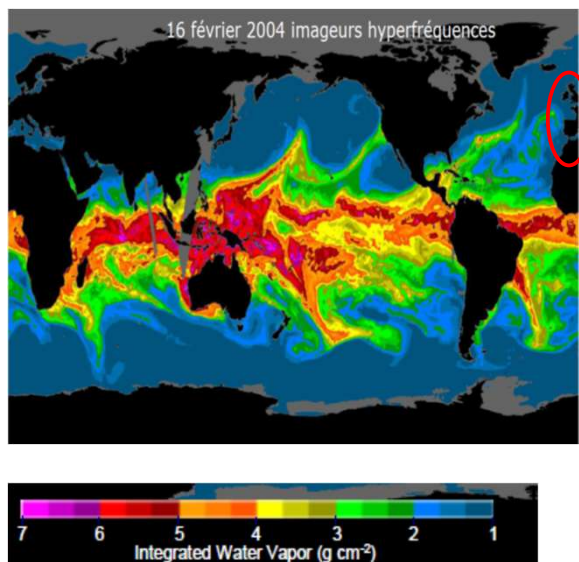
Ce bilan net est très faible entre la surface et l'air rendu opaque par la vapeur d'eau ;



Dia 32

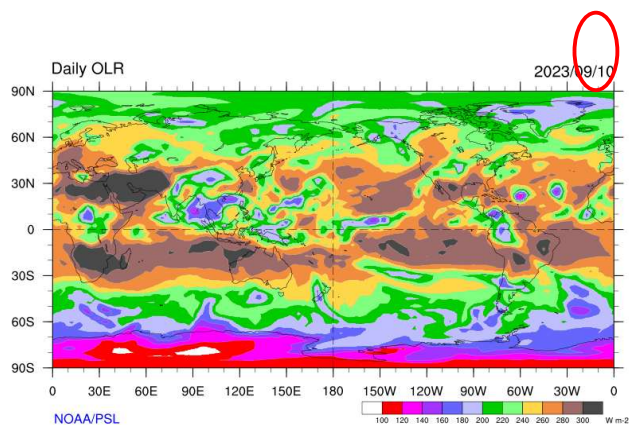
Le même graphique mais avec l'indication de la fenêtre de la vapeur d'eau qui laisse passer sur une partie du spectre une fraction du rayonnement direct de la surface au cosmos et l'indication de la stratosphère qui absorbe 14 et rayonne 14

Teneur de l'air en vapeur d'eau
 $1 \text{ g/cm}^2 = 10 \text{ kg/m}^2$

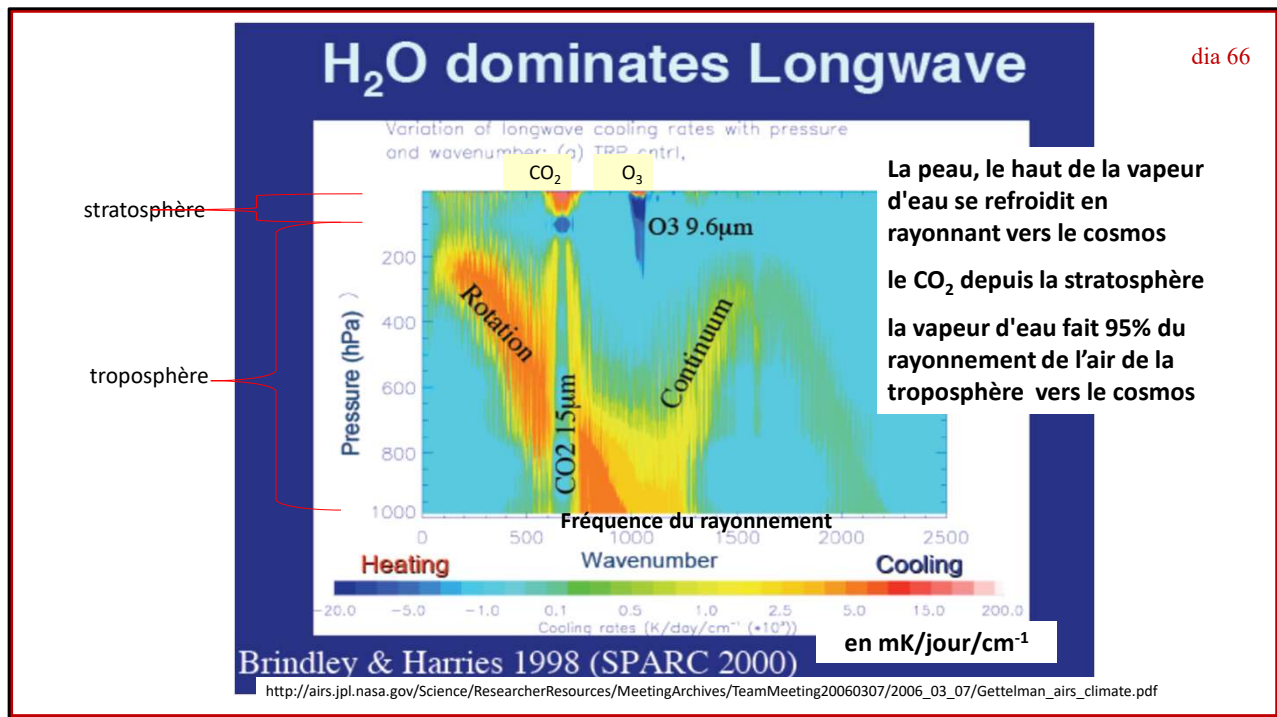


Répartition des émissions infrarouge thermique du
 globe en moyenne du 20 au 26 janvier 2011

<http://www.esrl.noaa.gov/psd/map/images/olr/olr.png>



65



Où se trouve le radiateur qui fournit de l'infrarouge thermique au cosmos dia 36

J'ai appelé excrément cet infrarouge thermique fourni au cosmos.

Voici un exemple avec un profil type tropical qui montre d'où rayonne la vapeur d'eau ce qui fait le refroidissement de la haute troposphère : ça dépend de la fréquence du rayonnement qui figure en abscisse entre 0 et 75 THz ou 2500 cm⁻¹;

le CO₂ autour de 666 cm⁻¹ ou 20 THz et l'ozone rayonnent surtout depuis la stratosphère ;

aux fréquences où la vapeur d'eau est très opaque elle

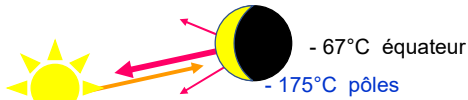
rayonne entre 200 et 400 millibars mais dans sa fenêtre de transparence, c'est entre 800 millibar et la surface.

Dans les zones bleu clair en dessous de la zone orange il n'y a pas de rayonnement vers le cosmos parce que la vapeur d'eau y est opaque

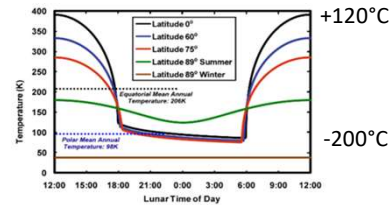
Dans les zones bleu clair au-dessus de la zone orange ou jaune, il n'y a plus assez d'opacité de la vapeur d'eau et donc pas de rayonnement et pas de refroidissement

Effet de l'atmosphère : comparaisons avec la Lune et avec Vénus

Lune: temp. locale instantanée -193°C à $+117^{\circ}\text{C}$
 OLR de 2 W/m^2 (à 80 K) à 1300 W/m^2 (à 390 K)
 temp. moyennes annuelles -67°C à -175°C



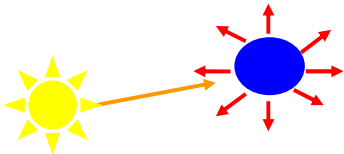
Sans son atmosphère, la surface de la Terre aurait presque les températures de la Lune



Terre: redistribution de la chaleur par le mouvement de la vapeur d'eau

rayonnement OLR 200 à 300 W/m^2 soit 245 K à 270 K
 en surface $5\text{ km} \times 6,5\text{ K/km} = 33\text{ K}$ de plus

gradient gravitationnel polytropique $g/(C_p + |Ch|)$



Vénus: des poussières vers 40 à 60 km remplacent la vapeur d'eau;
 en surface, le côté éclairé est dans une quasi-obscurité :

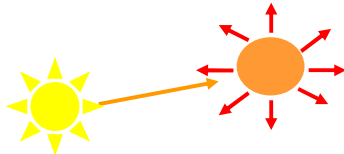
moins de 30 W/m^2 de solaire, soleil au zénith

rayonnement OLR 160 W/m^2 soit 230 K (-43°C) à $0,1\text{ atm}$ (63 km)

en surface: $63\text{ km} \times 8\text{ K/km} = 505\text{ K}$ de plus soit $-43 + 505 = 462^{\circ}\text{C}$

gradient gravitationnel polytropique $g/(C_p + |Ch|)$

pression au sol 92 atmosphère $T_{\text{surface}}/T_{\text{rayonnement}} = 735\text{ K} / 230\text{ K} = (92/0,1)^{0,17}$

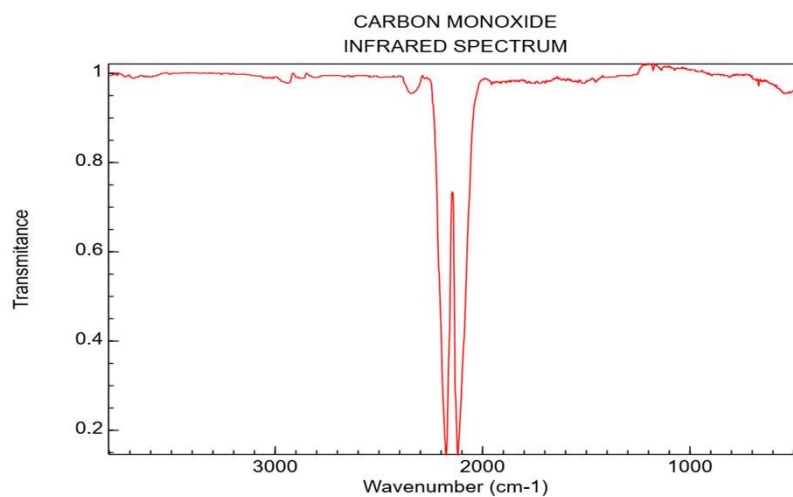


Commentaire de Camille Veyres

- Ne pas faire de discussion sur une Terre sans atmosphère: c'est la Lune!
- Le rayonnement de la surface est sans grosse importance en dehors de la fenêtre de la vapeur d'eau il n'arrive pas au cosmos et il est arrêté par les nuages quand il y en a (2/3 du temps)

Commentaire de Camille Veyres

- Des molécules asymétriques à deux atomes CO et autres ce qui importe est



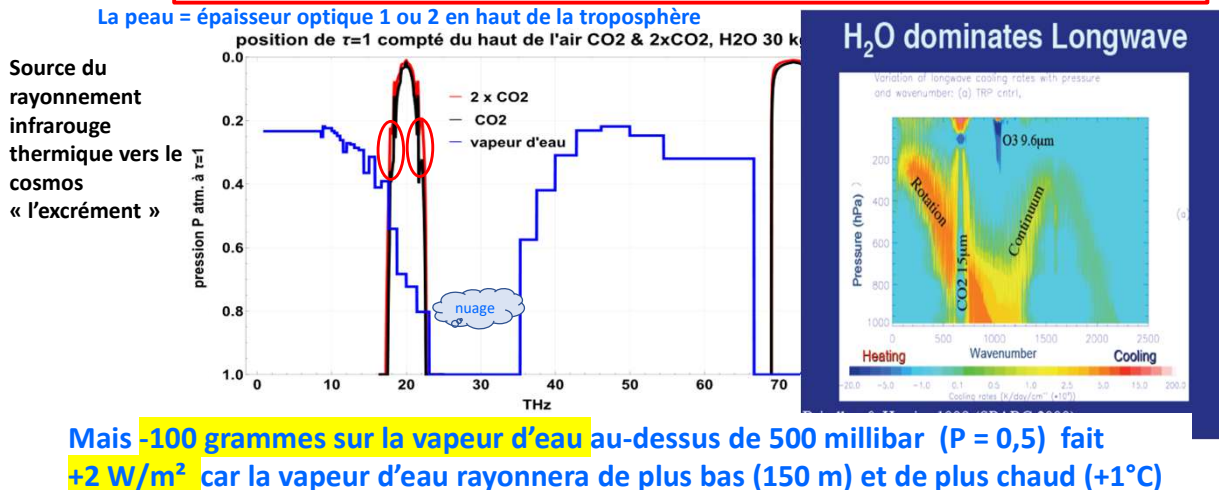
NIST Chemistry WebBook (<https://webbook.nist.gov/chemistry>)

Terrier Marcel le 29 août 2024

69

essentiel

Doubler les ppm de CO_2 : le CO_2 rayonne alors *de plus haut et plus froid* dans la troposphère en dessous de 0,2 atmosphère : ça réduit de **$1,8 \text{ W/m}^2$ le flux fourni par la troposphère au cosmos soit **$-0,012 \text{ W/m}^2/\text{an}$** à $+2 \text{ ppm/an}$**

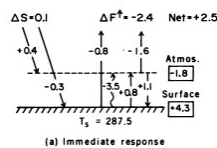


Slide 33 déjà vue

On a déjà vu cette slide essentielle qui compare l'effet d'un doublement du CO_2 atmosphérique de $6,5 \text{ kg/m}^2$ à 13 kg/m^2 , $-1,8 \text{ W/m}^2$ sur l'infrarouge thermique rayonné vers le cosmos comparé à celui de -100 grammes de vapeur d'eau dans la haute troposphère qui fait $+2 \text{ W/m}^2$

Commentaire de Camille Veyres

- Les $3,7 \text{ W/m}^2$ se composent d'un moindre rayonnement surface à cosmos (par ciel clair à travers la fenêtre!) et d'un effet plus haut plus froid dans la haute troposphère
- Hansen donne le graphique suivant pour l'effet instantané d'un doublement du CO_2



28 August 1981, Volume 213, Number 4511

SCIENCE

Climate Impact of Increasing Atmospheric Carbon Dioxide

J. Hansen, D. Johnson, A. Lacis, S. Lebedeff, P. Lee, D. Rind, G. Russell

Greenhouse Effect

The effective radiating temperature of the earth, T_e , is determined by the need for radiative emission from the planet to balance absorbed solar radiation:

$$\sigma T_e^4 = A(S_0/4) - \Delta F_{\text{atm}} \quad (1)$$

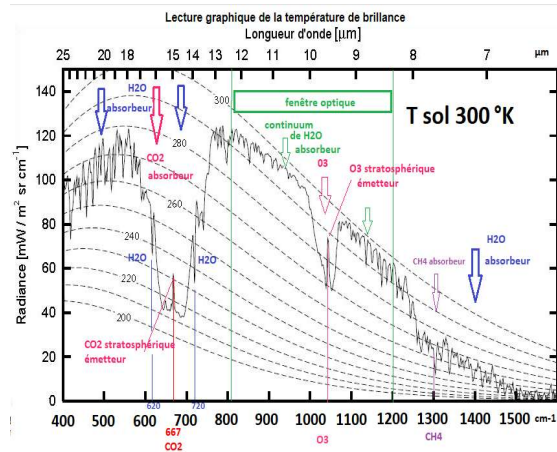
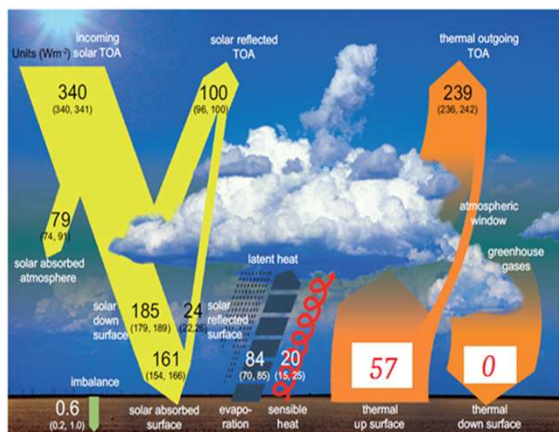
or

$$T_e = [A(S_0/4) - \Delta F_{\text{atm}}]^{1/4} \quad (2)$$

where R is the radius of the earth, A the albedo of the earth, S_0 the flux of solar radiation, and σ the Stefan-Boltzmann constant. For $A = 0.3$ and $S_0 = 1367$

- La grosse escroquerie est là le $-3,5 \text{ W/m}^2$ de l'évaporation après doublement sans cela on a $-1,6$ vers le cosmos puisque la fermeture de la fenêtre ($-0,8 \text{ W/m}^2$) est immédiatement compensée par une augmentation de l'évaporation ou de la convection qui alimente le rayonnement mais pas au même endroit, après condensation du petit supplément de vapeur d'eau

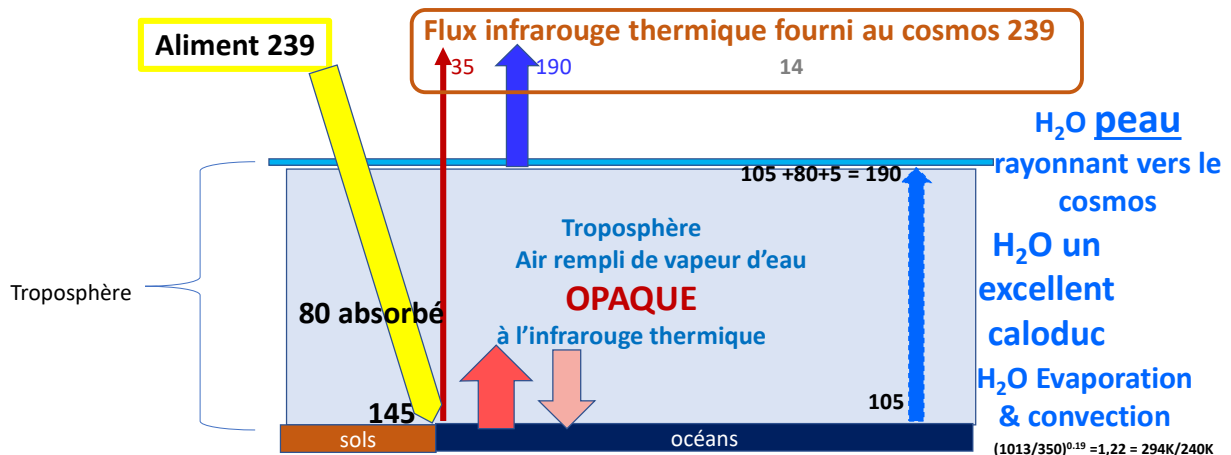
Commentaire de Camille Veyres : la réalité ressemble plus à ça



Terrier Marcel le 29 août 2024

72

Des ordres de grandeur des flux de rayonnement en moyenne sur 24 heures et sur le globe, en W/m^2 : grandeurs très variables selon la latitude, les nuages etc.



La pression fait la température : $(T \text{ surface}) / (T \text{ peau}) = (P \text{ surface}) / (P \text{ peau})^{0.19}$
 Pression $P = \text{masse} \times \text{gravitation}$; très différent d'une adiabatique en $P^{0.28}$
 $0.19 = R/(C_p - C_h)$ rend compte du chauffage de l'air par le soleil et la condensation

Comment la vapeur d'eau rend l'air de la troposphère opaque en infrarouge thermique

Et comment la vapeur alimente le rayonnement du globe vers le cosmos et assurant l'équilibre entre aliment et excrément dia 41

Cet équilibre entre aliment et excrément est fait automatiquement, couche par couche dans la stratosphère dépourvue de convection et qui n'a pas d'influence sur le temps qu'il fait, ni sur le climat.

C'est la troposphère qui nous intéresse ici.

Vous voyez que les 80 absorbés par l'air de la troposphère et les 145 absorbés par la surface repartent

essentiellement par évaporation et convection et vont alimenter les dernières centaines de grammes de la vapeur d'eau qui là-haut vers 6 km à 8 km rayonnent vers le cosmos.

Le rayonnement de la surface absorbé par l'air est très voisin du rayonnement de l'air absorbé par la surface. Sur le gros du spectre de l'infrarouge thermique l'air est opaque et il n'y a pas de transfert de chaleur par voie radiative ; mais la vapeur d'eau est transparente sur une partie du spectre dite fenêtre de la vapeur d'eau et malgré les nuages l'air laisse passer disons 35 W/m^2 qui vont directement de la surface au cosmos.

Ces chiffres sont des ordres de grandeur mais aussi variables que l'ensoleillement à Sapporo.

****** Un point absolument essentiel : la gravitation fait la température de surface sur Terre comme sur Vénus : le gradient de température qui relie la température de surface à celle de la couche qui rayonne vers le cosmos est le quotient de l'accélération de la pesanteur par $C_p - C_h$. La démonstration est élémentaire en thermodynamique. Comme Vénus a une atmosphère de masse 100 fois celle de la Terre atmosphère de Vénus faite de CO_2 qui faute d'eau liquide ne s'est pas déposé dans des roches calcaires, la température de surface de Vénus est disons (92 pression en surface / 0,1 pression de la couche qui rayonne là-haut)^{0,17} = 3,2 fois la température de la couche qui rayonne là-haut, ce qui fait en surface 734 K ou

461°C ; sur Terre la masse de l'atmosphère a depuis 4 milliards d'années été divisée par 2 ou plus : il y a eu des périodes chaudes même malgré un soleil jeune et faible ; la masse de l'atmosphère décroît à l'échelle des temps géologiques parce que l'azote absorbé par les plantes se retrouve dans des sédiments et de là passe dans le manteau à quelques dizaines de kilomètres sous la surface terrestre, sous la croûte terrestre.

Commentaire de Camille Veyres

- Ne pas faire de discussion sur une Terre sans atmosphère: c'est la Lune!
- La Lune c'est quand on fait correctement la moyenne des températures (pas la racine carrée de la moyenne des puissances 4 des températures) vers 80°C ou 90°C moyenne (0,8 fois 110 °C) sur la face éclairée et -150°C à -200 °C sur l'autre
- Moyenne ??? Dépourvue de sens physique et vers -67°C à l'équateur et -175°C aux pôles

Commentaire de Camille Veyres

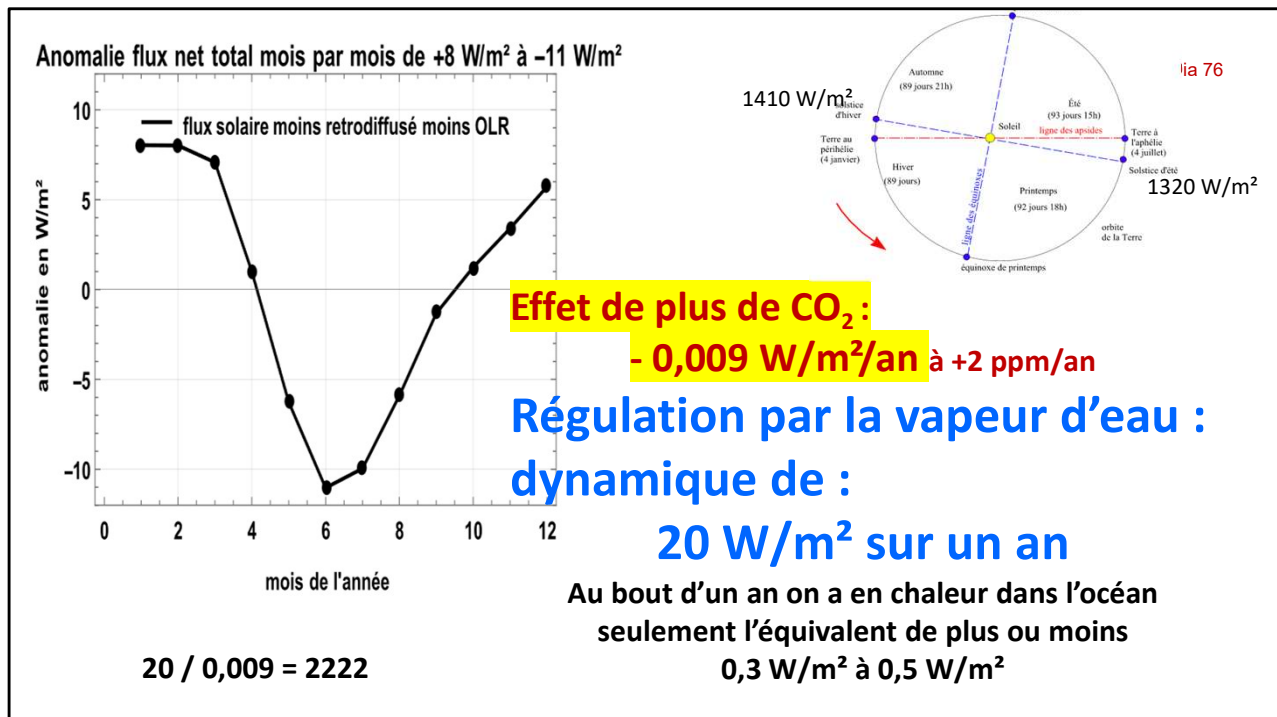
- Je ne vois pas de raison pour que $SU=EU/2$; ce n'est pas vrai localement (?) et l'évaporation est grossièrement sous-estimée

- On a « du genre »:

240 = 10 à 20 (CO2 stratosphérique) + 30 (direct surface à cosmos) + 190 (troposphère à cosmos)

190 = 10 (CO2 tropo) + 20 (vapeur d'eau et nuages dans la fenêtre) + 160 (vapeur d'eau haute troposphère)

La vapeur d'eau régule à l'échelle du globe



La régulation par la vapeur d'eau de l'équilibre entre solaire absorbe et infrarouge thermique rayonné vers le cosmos **dia 46**

Au cours de l'année la distance entre la terre et le soleil varie et le flux solaire varie entre 1410 watts par mètre carré le 4 janvier et 1320 watt par mètre carré le 4 juillet. La régulation par la vapeur d'eau corrige efficacement la différence transitoire entre l'aliment et l'excrément puisque la dynamique de 20 watts par mètre carré au cours de l'année ne laisse au bout d'un an dans l'océan que 0,3 à 0,5 W/m²

Dans les troposphères de la Terre et de Vénus, le gradient de température est $dT/dz = -g/(C_p - C_h)$, g accélération de la pesanteur, et la relation $T \sim P^a$ présente un exposant « polytropique » $a = R/(C_p - C_h)$ où $R = 8,314/(\text{masse molaire})$
 $g = 9,81 \text{ m/s}^2$, $C_h = -509 \text{ J/K/kg}$, $C_p = 1005 \text{ J/K/kg}$,

(V. A. Bielinski 1948, O. G. Sorokhtin 2005, 2007)

Démonstration : $dH = T dS + V dp$; $T dS = d'Q = C_h dT = C_p dT - R T dp/p$; $dp = -\rho g dz$
 $dp/p = -g/(R T) dz$ $T(p)/T_0 = (p/p_0)^{R/(C_p - C_h)}$ où (p_0, T_0) en surface et $a = 0,19$ sur Terre, $a = 0,17$ sur Vénus dit les températures de rayonnement vers le cosmos des couches de la troposphère

La pression (la masse de l'atmosphère) fait la température en surface

Vénus : $230 \text{ K} + 63 \text{ km} \times 8 \text{ K/km} = 735 \text{ K} = 230 \text{ K} (92 \text{ atm} / 0,1 \text{ atm})^{0,17}$ 462°C

insolation presque nulle en surface (30 W/m^2 sur la face éclairée) ; 160 W/m^2 rayonnés vers le cosmos par les poussières et aérosols

Terre : $223 \text{ K} + 10 \text{ km} \times 6,5 \text{ K/km} = 288 \text{ K} = 223 \text{ K} (1 \text{ atm} / 0,26 \text{ atm})^{0,19}$ 15°C

en prenant pour référence la température et la pression de la couche dynamique de vapeur d'eau qui sous la tropopause rayonne effectivement vers le cosmos (223 et 0,26 atm à corriger ?)

77

Nous en avons fini avec le cycle du carbone ; maintenant voyons l'effet de serre

Fait Numéro huit : dans les troposphère de la Terre, de Vénus et d'autres planètes le gradient de température en degrés Celsius par mètre est g accélération de la pesanteur divisé par $(C_p - C_h)$; sur Terre il vaut moins 6,5 degrés par kilomètre.

La température T décroît comme la puissance a de la pression P ; a est appelé exposant polytropique ; il vaut 0,19 sur terre et 0,17 sur Vénus où le gros de l'air est du gaz carbonique. La relation surlignée en jaune relie les conditions en surface T_0 , P_0 à celles dans la troposphère à la pression P

ça se démontre facilement en écrivant que l'apport de chaleur $d'Q$ vaut $C_h dT$ et en employant la relation barométrique dp égal moins $\rho g dz$

*** ces égalité surlignées en jaune montrent que ces formules sont très exactes pour la troposphère de la Terre et pour celle de Vénus

La température en surface est déterminée par la pression

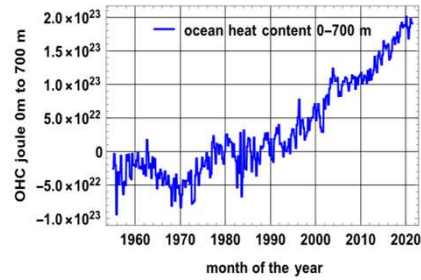
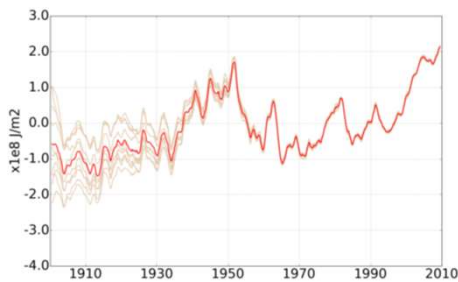
Au passage notons le caractère absurde de deux mantras répétés dans d'innombrables livres et articles :

- la température de surface viendrait d'un piégeage radiatif de la chaleur ou d'une accumulation de chaleur près de la surface du fait des gaz à effet de serre ? non ! La température de la troposphère exprime simplement le rapport des pressions entre la surface et la tropopause, La pression en surface fait la température

- il y aurait un emballement de l'effet de serre sur Vénus dont l'air est pour 95% du gaz carbonique ? non ! c'est une simple conséquence de la masse de l'atmosphère sur Vénus, mille tonnes par mètre carré au lieu de dix tonnes par mètre carré sur la Terre

Commentaire de Camille Veyres

- SW = solaire
- L'énergie ne se cache pas on a une formule polytropique $T \sim P^a$
- Les $+0,3 \text{ W/m}^2/\text{an}$ ou $+0,7 \text{ W/m}^2/\text{an}$ dans l'océan sans rapport avec les $-0,01 \text{ W/m}^2/\text{an}$ de l'effet plus haut plus froid de plus de CO_2 dans l'air
- Mais découlent simplement de l'insolation



F12.5 Contenu calorique des océans par rapport à des références arbitraires pour les premiers 300 mètres entre 1900 et 2010 à gauche (en unité de 100 MJ/m^2 en moyennes annuelles) (réanalyse de de Boissés et Laloux, ECMWF [\[1\]](#)) et pour les premiers 700 m, trimestre par trimestre (https://climate.knmi.nl/data/inode_heat700_1-360E_85-85N_n.dat tiré de NOAA <https://www.ncei.noaa.gov/access/global-ocean-heat-content/>)

Terrier Marcel le 29 août 2024

78

Commentaire de Camille Veyres

- Mais la backradiation est de l'infrarouge thermique émis à des températures proches de celles de la surface
- Un laser de soudure n'est pas une source thermique pas plus que le magnétron du four micro-onde qui l'un et l'autre ont une alimentation électrique
- La basse troposphère n'a pas d'alim électrique !
- La back radiation ne réchauffe pas la surface car en général la différence du genre $360 - 350$ est en faveur de l'air ($360 = 390$ moins les 30 qui passent par la fenêtre et ne sont pas absorbés par l'air)