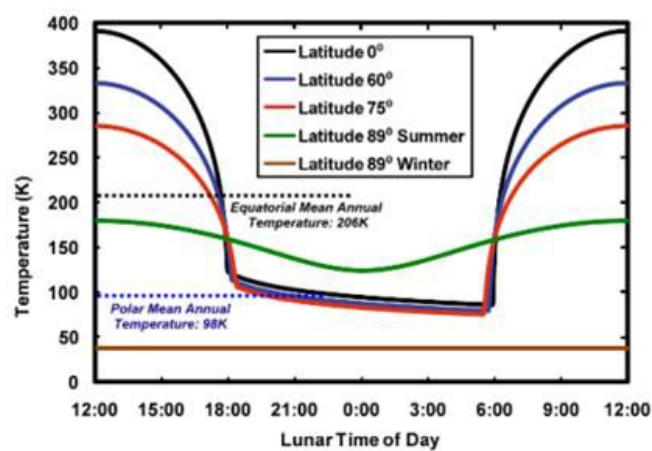


# Le rétro-rayonnement : une hérésie physique

## 1. Introduction

Les rapports du GIEC (WG1) s'appuient sur le bilan radiatif de la Terre, en particulier à la surface du sol.

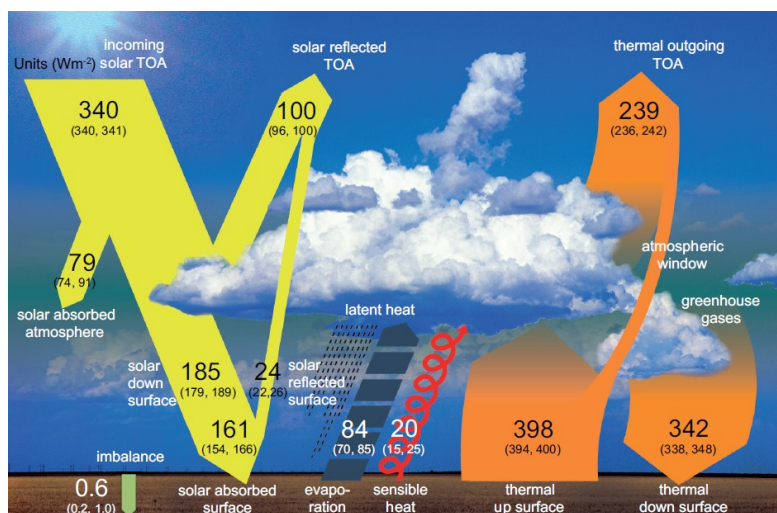
Or, le rayonnement solaire arrivant à la surface du sol est très insuffisant pour justifier la température moyenne de 15°C qui y règne : par comparaison, la température moyenne à la surface de la Lune (qui reçoit le même rayonnement que la Terre), pour autant que cela ait un sens, est de l'ordre de -80°C :



Pour justifier la température terrestre de 15°C, dans un bilan purement radiatif, il faudrait que la surface de la Terre reçoive environ 390 W/m<sup>2</sup>, en application de la Loi de Stefan Boltzmann ( $F = \sigma T^4$ , où  $F$  (en W/m<sup>2</sup>) est le flux énergétique,  $T$  la température absolue, et  $\sigma$  la constante de Stefan Boltzmann =  $5,67 \cdot 10^{-8}$ ) ; or le soleil n'en délivre que 340, et la surface du sol n'en reçoit finalement que de l'ordre de 160 à 165 une fois déduits l'albédo (rayonnement purement réfléchi) et la perte en ligne par absorptions dans la traversée de l'atmosphère.

Pour apporter le complément nécessaire, le GIEC s'appuie sur une théorie dite de l' "effet de serre atmosphérique", selon laquelle l'atmosphère absorberait le rayonnement infra-rouge remontant de la surface du sol, et le renverrait, amplifié, après absorption, par rétro-rayonnement vers la surface du sol.

Le Diagramme de Wild & al, dans l'AR5 (AR5/WG1 p 181) en est une parfaite illustration, avec son rétro-rayonnement ("Back Radiation") de 342 W/m<sup>2</sup> :

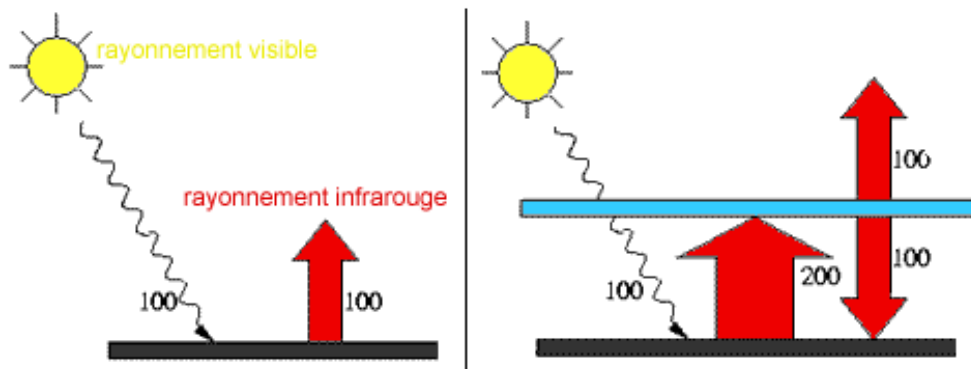


Cette théorie est une hérésie physique : c'est ce que nous allons démontrer.

## 2. La Physique du GIEC : le rétro-rayonnement du verre de la serre.

Nous nous appuyons sur le site Planet-Terre, une émanation de l'Ecole Normale Supérieure de Lyon (<https://planet-terre.ens-lyon.fr/services/apropos>), qui a pour mission "de permettre aux professeurs des établissements secondaires de disposer de ressources documentaires et pédagogiques destinées à leur formation, à l'actualisation de leurs connaissances ou à une ouverture de leur champ disciplinaire, dans le cadre des programmes de l'enseignement des collèges et lycées : Compte-rendu, comité d'orientation et de suivi 2009".

Planet-Terre explique l' "Effet de Serre" de la façon suivante (<https://planet-terre.ens-lyon.fr/article/explication-effet-de-serre.xml>) :

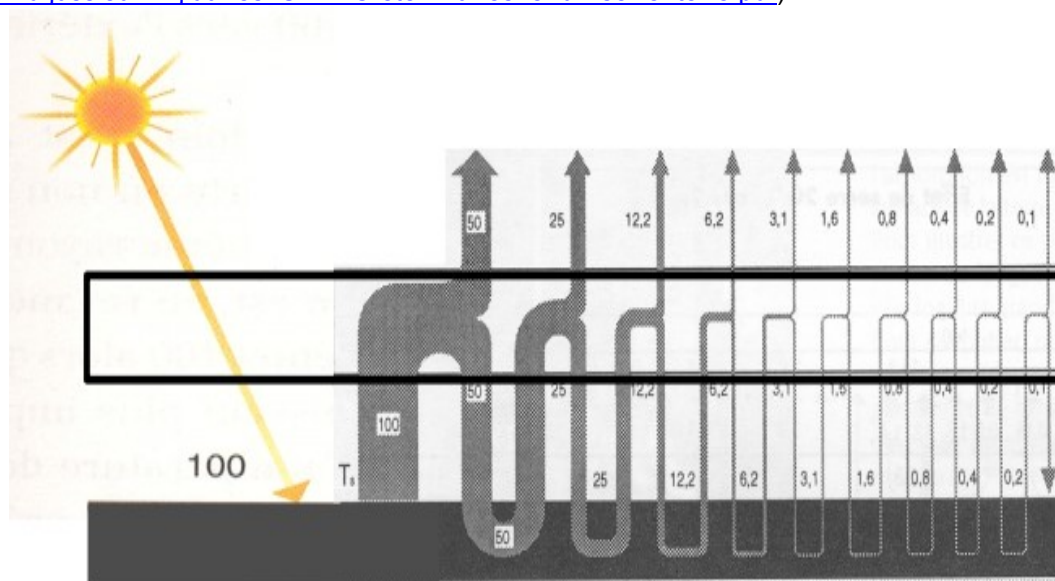


Dans le schéma de gauche, la surface du sol est assimilée à un corps noir : recevant 100 ( $W/m^2$ ), elle se stabilise à la température de rayonnement correspondante (selon la Loi de Stefan Boltzmann), et, à l'équilibre, rayonne donc vers le cosmos à cette même température, la même énergie 100 ( $W/m^2$ ).

Dans le schéma de droite, on a placé une lame de verre qui laisse passer le rayonnement solaire, mais absorbe et bloque les Infra-rouges émis par la surface du sol. Pour que l'ensemble s'équilibre, il faut donc que ce soit le verre qui rayonne les 100 reçus du soleil : jusque là, on est d'accord.

Mais continuons le raisonnement de Planet-Terre : la lame de verre, fine, rayonne nécessairement la même quantité dans les deux sens : si elle rayonne 100 vers le cosmos, elle rayonne aussi 100 vers le sol, ... qui reçoit alors 200 (100 solaires + 100 du verre), ... et donc se réchauffe (c'est là que réside l' "effet de serre") ; ... de ce fait, pour que l'ensemble s'équilibre, la surface du sol rayonne donc 200, ce qui permet ensuite d'équilibrer le verre, qui, recevant 200 peut donc émettre 100 ver le cosmos, et 100 vers le sol.

Comme le sol ne reçoit directement que 100, et que le verre rayonne la même quantité vers le haut et vers le bas, les 100 supplémentaires sont produits par un mécanisme de rebonds successifs, selon le schéma suivant extrait de "Bilan énergétique de la Terre et rôle de l'Effet de Serre" (Jean-Louis Dufresne, CNRS Senior Research Scientist Laboratoire de Météorologie Dynamique (LMD), Institut Pierre Simon Laplace (IPSL)) ([http://www.lmd.jussieu.fr/~jldufres/IUFM\\_Creteil/Dufresne\\_bil\\_serre\\_terre.pdf](http://www.lmd.jussieu.fr/~jldufres/IUFM_Creteil/Dufresne_bil_serre_terre.pdf)) :



Ce raisonnement présente deux défauts rédhibitoires, que nous allons développer, et qui le rendent inapplicable.

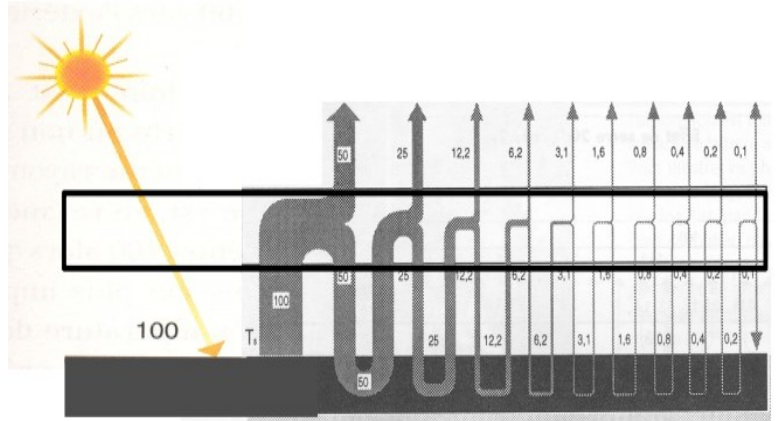
### 3. Défaut n° 1 : insuffisance.

Reprenons ce diagramme :

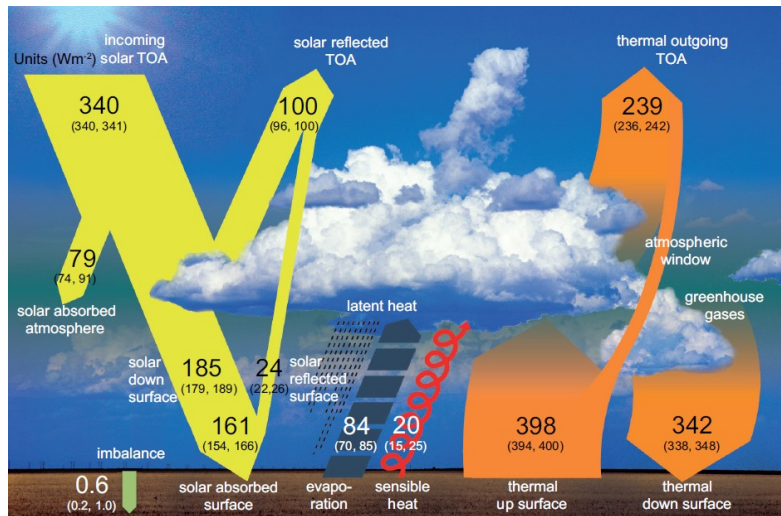
Si on applique le raisonnement de Planet-Terre, le rétro-rayonnement est égal à :

$$100 (1/2 + 1/4 + 1/8 + \dots) = 100$$

**Le rétro-rayonnement ne peut pas excéder le rayonnement initial.**



Or, si on reprend le diagramme de Wild & al, dans l'AR5 (AR5/WG1 p 181), le rétro-rayonnement ("Back Radiation") est égal à 342 W/m<sup>2</sup> pour un rayonnement incident de 161 W/m<sup>2</sup> :



**... soit plus de 2 fois le rayonnement initial : on voit bien que le raisonnement de Planet-Terre est insuffisant pour justifier cette intensité.**

Alors, Planet-Terre utilise un artifice, en considérant un système à plusieurs couches, chaque couche étant réchauffée par la couche inférieure, qu'elle réchauffe elle-même par rétro-rayonnement :

*"On peut considérer qu'il est nécessaire d'ajouter une seconde couche de gaz par dessus la première (sachant que le modèle à une couche ne peut être « épaissi » pour prendre en compte la présence de plus de gaz). Cette couche additionnelle absorbe le rayonnement infrarouge issu de la première couche, et l'émet à son tour dans toutes les directions, soit pour moitié vers l'espace et pour moitié vers le bas.*

*On peut empiler encore plus de couches absorbantes (des couches de gaz complètement absorbantes sont des couches de type corps noir). Il s'ensuit qu'avec N couches empilées, la puissance totale qui arrive au sol (incidente) est égale à (N+1) fois la puissance qui arriverait sans atmosphère."*

Mais ce raisonnement (similaire à un calcul aux éléments finis) est spécieux, pour 2 raisons :

1. combien de couches faudrait-il pour modéliser l'atmosphère terrestre ?  $342 / 161 = 2,12$  : ce nombre ne correspond à rien : dans un calcul aux éléments finis, le nombre couches ne joue que sur la précision.
2. la basse atmosphère est totalement opaque au rayonnement infra-rouge terrestre, et ceci jusqu'à la haute troposphère : nous sommes dans le verre, et l'atmosphère n'en contient qu'une seule couche, ... épaisse de plusieurs milliers de mètres.

... Et Planet-Terre est d'ailleurs consciente du défaut de ce raisonnement, puisqu'elle poursuit :

*" Malheureusement, la modélisation par empilement de couches noires a un inconvénient majeur : elle conduit à l'emballement de l'effet de serre. Comme la puissance incidente totale est égale à (N+1) fois la puissance reçue du Soleil, ce modèle multi-couches prédit que, pour une atmosphère suffisamment épaisse (N grand), la Planète pourrait devenir plus chaude que le Soleil. Le modèle n'est alors plus valable. Il faut alors considérer que les propriétés optiques et radiatives des gaz changent lorsqu'on se rapproche d'une telle température."*

**... on croit rêver : Planet-Terre prône un raisonnement tout en sachant qu'il ne fonctionne pas dans la réalité.**

## 4. Défaut n° 2 : dérogation au 2<sup>nd</sup> Principe de la Thermodynamique.

Ce second défaut est beaucoup plus grave, eu égard à la mission éducatrice de Planet-Terre.

Le second principe de la Thermodynamique s'énonce de la façon suivante (Wikipedia) :

Toute **transformation** d'un **système thermodynamique** s'effectue avec augmentation de l'**entropie** globale incluant l'entropie du système et du milieu extérieur.

(Sachant que : L'entropie d'un système thermique est maximale quand la température est identique en tout point).

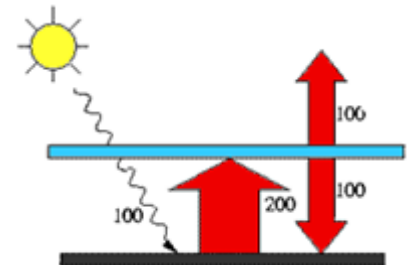
En rayonnement, en application de ce second principe de la thermodynamique, **le transfert de chaleur ne peut donc aller que du plus chaud au plus froid**, les deux côtés cherchant à égaliser leur température.

En admettant une émissivité égale à 1 de chaque côté, le **transfert de chaleur** d'un corps A vers un corps B, selon la Loi de Stefan Boltzmann, est égal à la différence des flux de rayonnement :  $\sigma(T_A^4 - T_B^4)$ .

Si B est le cosmos,  $T_B$  est nulle (zéro absolu), et donc le refroidissement est égal au rayonnement  $\sigma T_A^4$ .

Mais si A et B sont à la même température, le transfert d'énergie est nul : si je mets mes deux mains face à face, elles vont, bien sûr, rayonner l'une vers l'autre de l'ordre de  $500 \text{ W/m}^2$  (à  $37^\circ\text{C}$ ), mais elles ne vont pas se réchauffer mutuellement, sinon, on finirait par se brûler : le transfert de chaleur est nul.

De la même façon, dans le schéma de Planet-Terre, le verre ne peut pas réchauffer le sol : la flèche descendante qui va du verre au sol est bien un rayonnement, mais pas un transfert de chaleur ; et donc, ce schéma ne peut pas prétendre être un bilan énergétique.



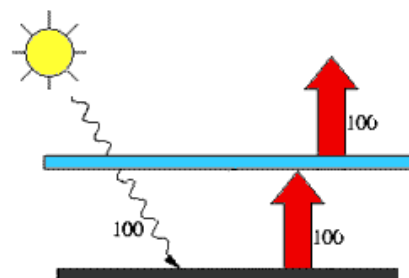
Alors comment l'équilibre s'établit-il ?

Tant que le sol ne peut pas évacuer le rayonnement qu'il reçoit, du fait de l'opacité du verre à son rayonnement infra-rouge, il s'échauffe car les Joules reçus ( $100$  par seconde et par  $\text{m}^2$ ) s'accumulent. Il ne peut arrêter de s'échauffer que s'il arrive à évacuer ces  $100 \text{ W/m}^2$ , ... ou si sa température augmente jusqu'à s'équilibrer avec celle du soleil.

Dans notre cas, le sol ne peut les évacuer que vers le verre ... qui va donc lui-même s'échauffer jusqu'à pouvoir les évacuer. L'équilibre global n'est atteint que lorsque :

1. le verre atteint une température  $T_v$  lui permettant d'évacuer ces  $100$  vers le cosmos :  $\sigma T_v^4 = 100$
2. le sol atteint une température  $T_s$  lui permettant lui-même de les évacuer vers le verre :  $\sigma(T_s^4 - T_v^4) = 100$

Ainsi, le sol n'est pas réchauffé par le rétro-rayonnement du verre, mais par l'accumulation de l'énergie solaire, liée au **déséquilibre radiatif** à la surface du sol ... jusqu'à ce qu'un nouvel équilibre radiatif s'établisse. Les **transferts de chaleur** (ou le bilan énergétique) s'établissent donc de la façon suivante :



Ce qui rend le raisonnement du GIEC trompeur, c'est que, s'agissant de l'effet dans le vide (où les échanges de chaleur ne se font que de façon radiative), **bilan radiatif et bilan énergétique donnent, en terme de températures, le même résultat** : dans les deux cas, le sol monte à la même température, et le verre aussi, s'il est totalement opaque aux infra-rouges.

**Mais un rayonnement n'est pas un transfert de chaleur : le transfert de chaleur par rayonnement est une différence de rayonnement.**

Et cela fait une différence importante dans le bilan énergétique de la Terre où interviennent d'autres modes d'échange de chaleur.

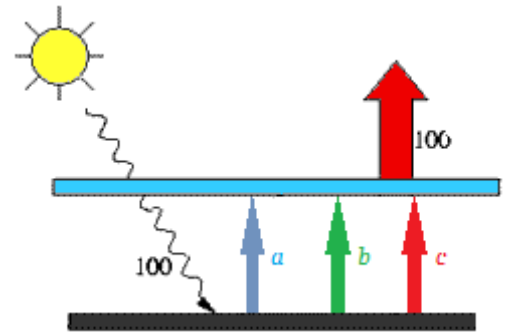
## 5. Dans l'atmosphère réelle

Dans l'atmosphère réelle, deux autres phénomènes interviennent :

- la **convection** qui remonte de l'air chaud venant du sol,
- l'**évaporation**, qui prélève de la chaleur latente de vaporisation au sol, et la restitue à sa condensation.

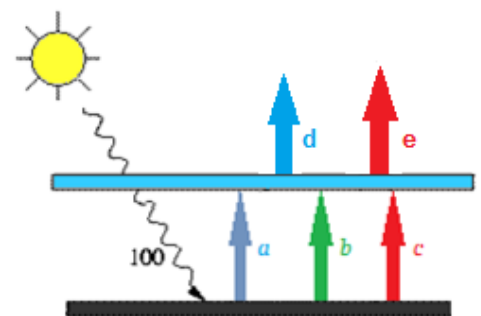
Dans la serre agricole (supposée fermée sur tous les côtés), ces deux facteurs sont confinés et s'arrêtent lorsqu'ils atteignent le verre. Le schéma fait alors apparaître les différents transferts de chaleur du sol au verre :

- Convection : a
- Evaporation/condensation : b
- Rayonnement : c
- $a+b+c = 100$



**Nota :** pour être tout-à-fait exact, les 100 que le verre doit évacuer ne peuvent pas l'être en totalité par rayonnement, car l'atmosphère elle-même est relativement opaque à ces infra-rouges ; et donc, une grande partie d sera évacuée par convection :

$$d+e = a+b+c = 100$$



**Dans l'atmosphère réelle de la Terre, où l'air se refroidit avec l'altitude, il ne peut y avoir aucun transfert de chaleur par rayonnement du haut vers le bas. Prétendre le contraire, c'est déroger au second principe de la Thermodynamique.**

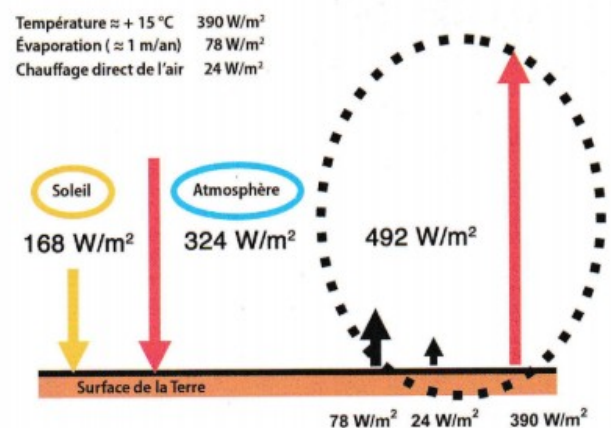
## 6. L'application de la théorie du GIEC dans la littérature

Confondre **rayonnement** et **transfert de chaleur** dans un même diagramme est une source de confusion et d'erreurs de raisonnement :

- tous les corps rayonnent à leur température, selon la Loi de Stefan Boltzmann, indépendamment de leur environnement :  $F = \sigma T^4$  ;
- mais il n'y a d'échange de chaleur qu'entre des corps à des températures différentes, et uniquement du plus chaud au plus froid, par différence de flux :  $\sigma(T_A^4 - T_B^4)$ .

Voici par exemple ce schéma, trouvé dans le livre "**CLIMATS**" de Marie-Antoinette Mélières (docteur en physique) et Chloé Maréchal (docteur en géochimie, chercheuse en paléoclimatologie) (Fig.3 p 96), où on additionne allègrement des choux (transferts de chaleur) et des navets (rayonnement) pour arriver à un chiffre spectaculaire ( $492 \text{ W/m}^2$ ), qui n'a aucune signification physique, et où :

- la seule source de chaleur est le soleil, et on n'en reçoit que  $168 \text{ W/m}^2$ ,
- l'atmosphère, qui est plus froide que la surface ne peut donc pas la réchauffer.



**Fig. 3** Le maintien du climat moyen actuel nécessite de disposer en permanence de  $492 \text{ W/m}^2$  à la surface de la Terre. Deux sources alimentent ce flux: le flux solaire, ( $168 \text{ W/m}^2$ ), et le flux rayonné par l'atmosphère (dans l'infrarouge,  $324 \text{ W/m}^2$ ). Cette valeur, proche du double du flux solaire, illustre l'importance de l'effet de serre.

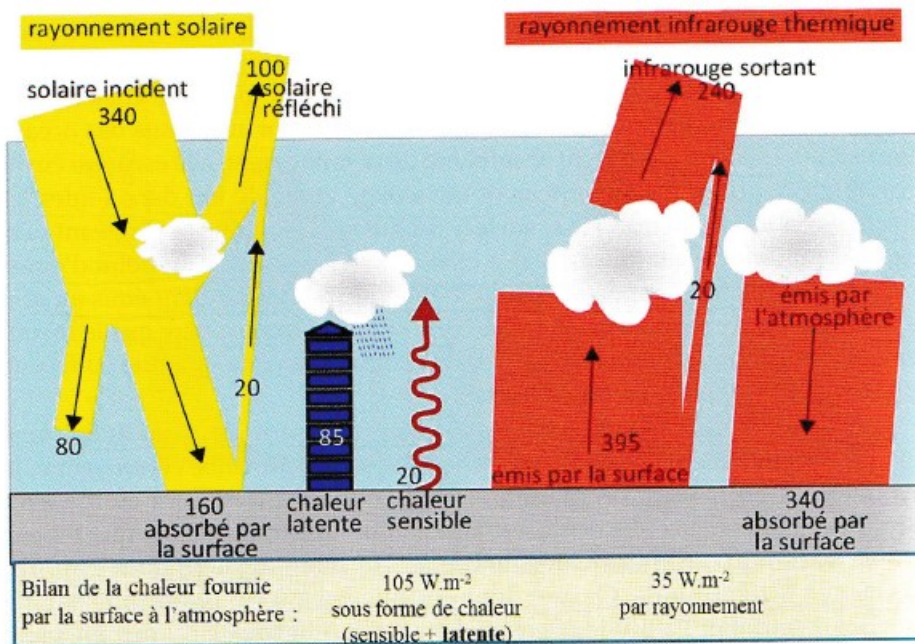
On a créé  $324 \text{ W/m}^2$  à partir de rien ; de plus, encore une fois, ces  $324 \text{ W/m}^2$  dérogent à la théorie du GIEC exposée plus haut, selon laquelle ils ne devraient pas pouvoir excéder les 168 reçus originellement : l'atmosphère ne peut quand même pas rétro-rayonner plus qu'elle ne reçoit.

Et donc la part du transfert énergétique par rayonnement terrestre n'est pas 390, mais  $168 - 78 - 24 = 66 \text{ W/m}^2$ , qui se répartissent entre :

- rayonnement direct vers le cosmos (au travers de l'étroite Fenêtre atmosphérique, transparente aux Infra-rouges)
- transfert de chaleur vers l'atmosphère, par absorption du rayonnement terrestre par le  $\text{CO}_2$  et la vapeur d'eau qu'elle contient.

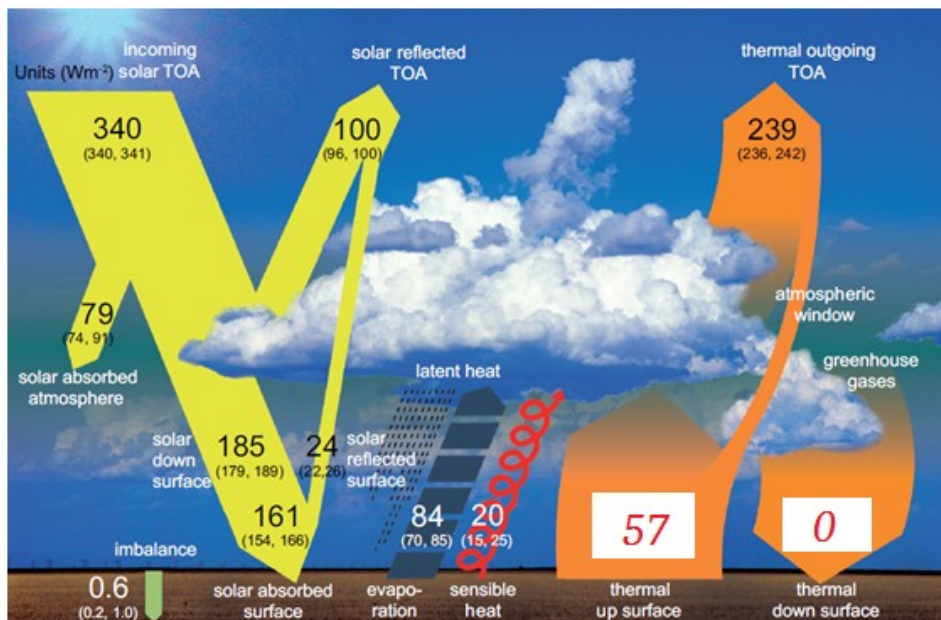
Bien sûr, ce rayonnement de  $324 \text{ W/m}^2$  vers la surface du sol existe bien, comme ma main gauche rayonne bien  $500 \text{ W/m}^2$  vers ma main droite en vis-à-vis, mais ce rayonnement ne réchauffe pas la surface de la Terre : il doit être simplement soustrait des 390 qui proviennent de la surface pour évaluer le refroidissement de la surface du sol.

Le diagramme de Wild & al de l'AR5 est également repris dans le livre "**Le climat, la terre, et les hommes**" (de Jean Poitou, Pascale Braconnot et Valérie Masson-Delmotte : chercheurs du Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement de Gif sur Yvette), avec des valeurs légèrement différentes, Fig 2.10 page 42 :



## 7. Bilan énergétique à la surface de la Terre

Dès lors qu'il n'y a pas de transfert de chaleur par rétro-rayonnement, le diagramme de Wild & al ci-dessus doit être corrigé de la façon suivante si on veut y voir un **bilan énergétique** :



La surface reçoit  $161 \text{ W/m}^2$  par rayonnement solaire, et renvoie, à l'équilibre,  $161 \text{ W/m}^2$ , répartis de la façon suivante :

- 84 par évaporation (chaleur latente),
- 57 par rayonnement (pour partie directement au cosmos, et pour partie vers l'atmosphère)
- 20 par convection.

**Bien sûr, ce n'est pas neutre, car ce schéma modifié ne peut pas expliquer la température moyenne de  $15^\circ\text{C}$  de la surface, qui ne reçoit finalement, radiativement, que  $161 \text{ W/m}^2$ , alors que dans le diagramme original, cette "back radiation" était censée apporter à la surface du sol l'énergie nécessaire pour justifier les  $390 \text{ W/m}^2$  correspondant à ces  $15^\circ\text{C}$ .**

**Pour répondre à cette question, il faut sortir du "tout radiatif", car la surface de la Terre est en déséquilibre radiatif : elle reçoit  $161 \text{ W/m}^2$  et n'en renvoie que 57 ; et c'est justement ce déséquilibre qui la réchauffe :**

En effet, l'atmosphère de la Terre a toujours contenu du  $\text{CO}_2$ , un gaz qui bloque et absorbe une petite partie des infra-rouges rayonnés par la surface (dans une bande d'absorption étroite aux alentours de  $15 \mu\text{m}$ ).

De ce fait, **la surface du sol a toujours reçu plus de rayonnement qu'elle ne pouvait en renvoyer**. ... et donc, en supposant partir de  $-36^\circ\text{C}$  (moyenne théorique pour  $161 \text{ W/m}^2$  reçus), elle s'est réchauffée : les océans ont fondu, puis ont commencé à s'évaporer : l'atmosphère a commencé à s'enrichir en vapeur d'eau, un autre gaz qui bloque et absorbe les Infra-rouges, ... jusqu'à opacifier presque complètement (environ 85%) l'atmosphère aux infra-rouges terrestres, ce qui a accru le déséquilibre radiatif, et la température a donc continué de s'élever.

Cette élévation de température a pris fin lorsque 2 phénomènes, dus au réchauffement lui-même, sont venus compenser le déséquilibre radiatif, alors que l'opacification était quasiment à saturation :

- principalement **l'évaporation** qui permet d'évacuer, sous forme de chaleur latente, plus des 4/5 du déséquilibre ( $84 \text{ W/m}^2$  selon le diagramme de Wild ci-dessus),
- mais aussi la **convection** ( $20 \text{ W/m}^2$  selon ce même diagramme), qui fait remonter cette chaleur et de la chaleur sensible (air chaud), jusqu'en haut des nuages et de la troposphère.

Le mécanisme de régulation à la surface du sol est simple et particulièrement performant :

- l'atmosphère est déjà quasiment opaque aux infrarouges terrestres dans les bandes d'absorption de la vapeur d'eau et du  $\text{CO}_2$  : plus de vapeur d'eau (ou de  $\text{CO}_2$ ) n'y changerait pas grand-chose : opaque, c'est opaque.
- chaque degré supplémentaire, quelle qu'en soit la cause, augmente l'évaporation (donc les  $84 \text{ W/m}^2$ ) de 7% en moyenne, soit  $6 \text{ W/m}^2$ , qui compensent très largement cette augmentation de température, et cela de façon quasi immédiate.

## 8. Conclusion

Le raisonnement du GIEC, tel qu'il est exposé dans les diagrammes des rapports successifs du WG1, et dans de nombreux ouvrages de référence, fait apparaître un réchauffement de la surface du sol par rétro-rayonnement, par l'atmosphère, du rayonnement infrarouge terrestre qu'elle a absorbé (rétro-rayonnement, par ailleurs amplifié).

Ce réchauffement par rétro-rayonnement est une hérésie physique, car l'atmosphère est globalement moins chaude que la surface : elle ne peut donc pas la réchauffer par rayonnement, en application du second principe de la Thermodynamique ; **la seule source de chaleur de la Terre est le Soleil** ; il n'y en a pas d'autre.

En fait, la surface de la Terre est en **déséquilibre radiatif**, et c'est ce qui cause son réchauffement, jusqu'à ce que ce déséquilibre soit compensé par l'évaporation et la convection que le réchauffement provoque (rétroaction négative).

**C'est cette évaporation qui constitue le principal régulateur de la température.**

Cette approche par le bilan énergétique est particulièrement importante, car elle démontre de façon indiscutable la **rétroaction négative** de l'évaporation alors que le GIEC cherche absolument à invoquer une rétroaction positive (amplificatrice). Plus de vapeur d'eau, c'est plus d'évaporation, et donc plus de refroidissement (chaleur latente), et non pas le contraire.

Mais, compte tenu de la qualité des auteurs cités plus haut, on peut légitimement se poser la question de savoir si cette confusion entre **rayonnement** et **transfert de chaleur**, qui permet d'occulter cette rétroaction négative, n'a pas un caractère volontaire.