

## Préambule : à propos d'ordres de grandeur

Volume d'eau sur  
Terre représenté à  
l'échelle de la  
Terre



Volume d'air sur Terre  
représenté à la pression du  
niveau de la mer et à l'échelle  
de la Terre





# Nos rejets de CO<sub>2</sub> sont-ils à l'origine du réchauffement climatique ?





# Climat : médias et opinion publique

Les études du GIEC (ou IPCC en anglais) se basent sur des travaux conduits par des milliers de scientifiques et on estime leur travail à environ 200'000 pages d'articles scientifiques publiés.

De ces 200'000 pages, le GIEC en a tiré un rapport officiel de 800 pages (que très peu de monde a lu en entier).

A partir de ces 800 pages, un groupe de travail a publié un résumé de 14 pages pour les décideurs.

Dans les journaux, les articles sur le climat ne font souvent qu'une demi-page, parfois une page.

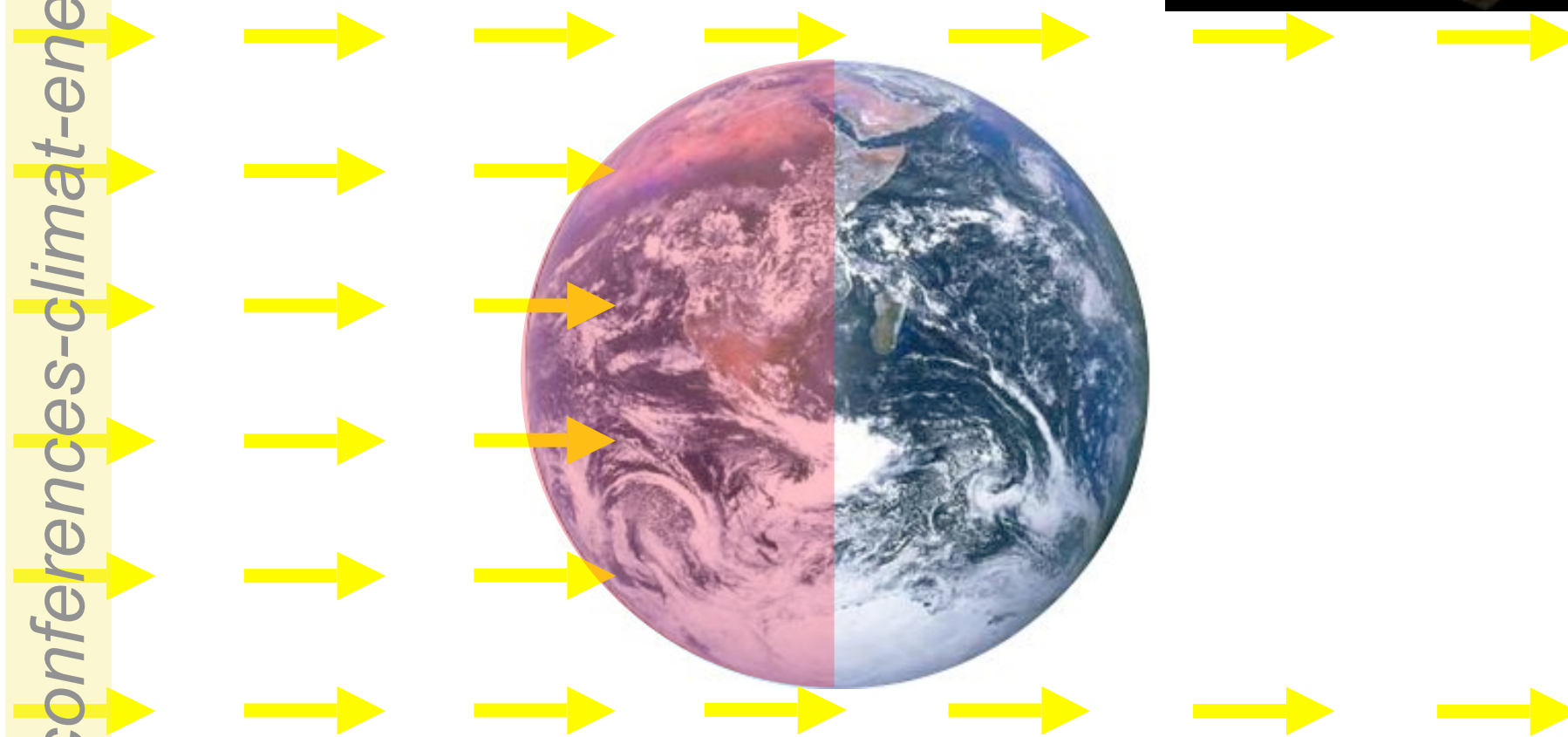
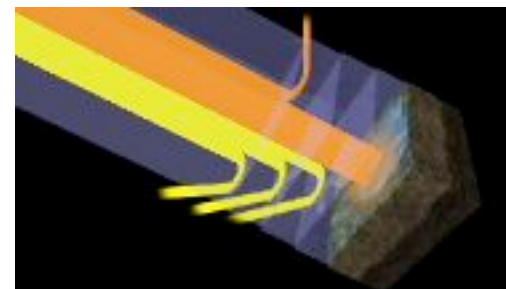
Ce facteur de réduction, de 200'000 pages à une 1/2 page correspond environ à la situation suivante :

**résumer en 1 seconde  
toute une année de cours de physique !**

Heureusement pour moi, aujourd'hui je dispose de 30 minutes pour vous résumer la situation !

# La Terre reçoit de l'énergie solaire !

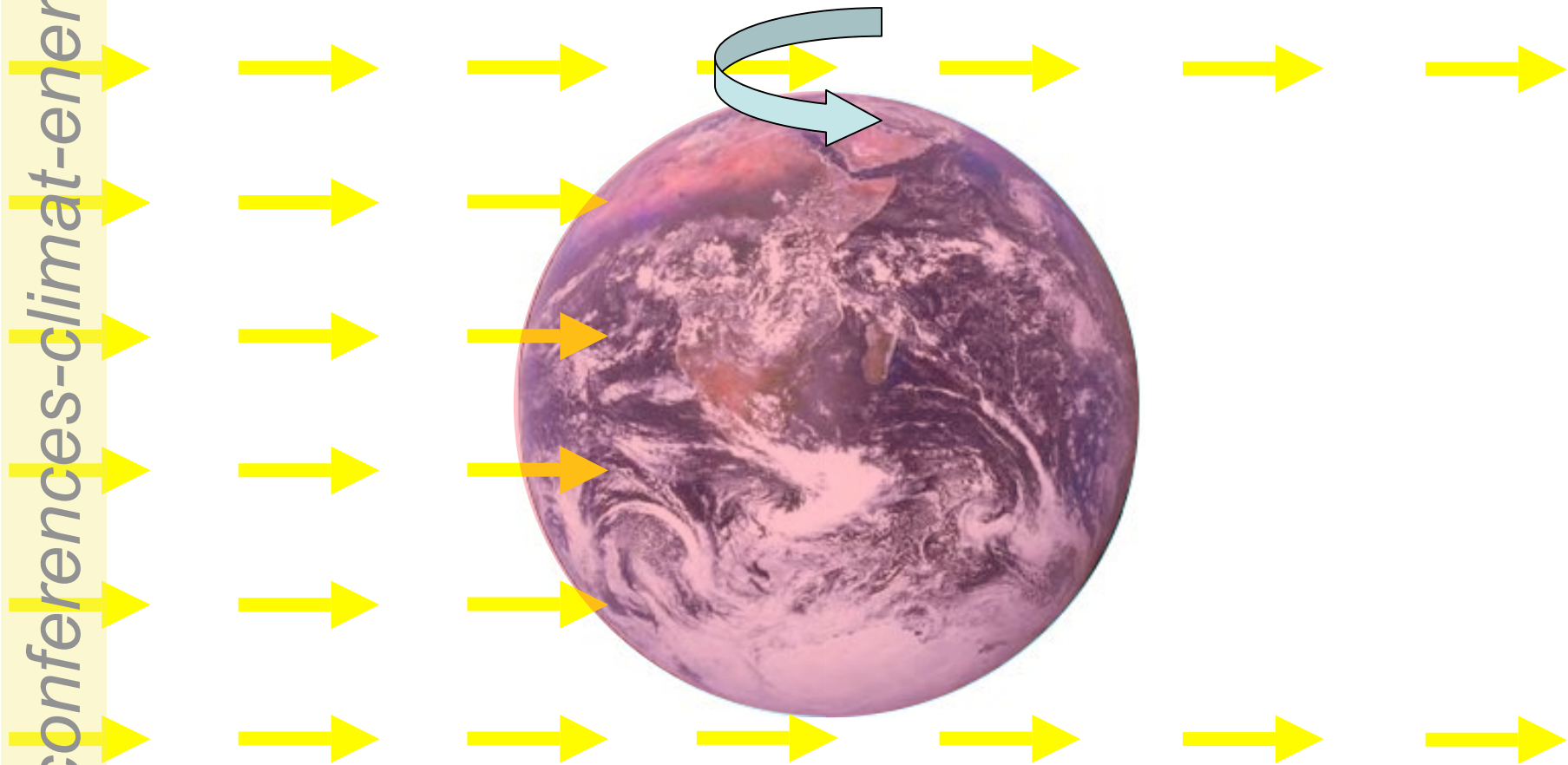
La Terre intercepte l'énergie solaire et sa surface chauffe.  
Une partie seulement de l'énergie solaire atteint la surface.



# La Terre tourne sur elle-même !

La Terre tourne sur elle-même donc elle chauffe sur toute sa surface.

conferences-climat-energie.ch

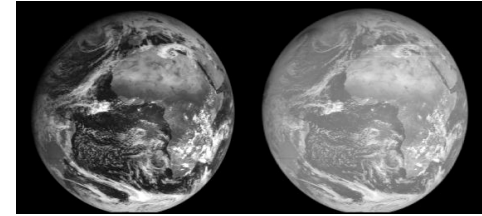


[http://cm1cm2.ceyreste.free.fr/univers\\_fichiers/terre.jpg](http://cm1cm2.ceyreste.free.fr/univers_fichiers/terre.jpg)

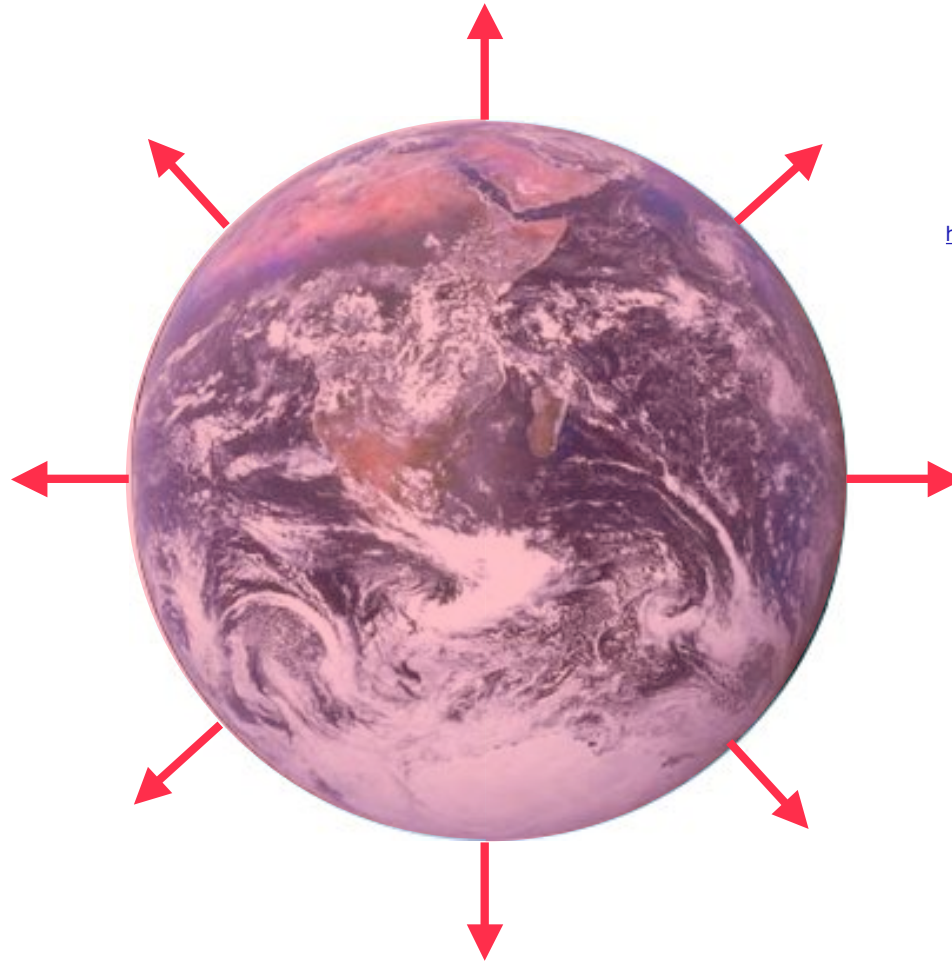
# La Terre émet des rayons infrarouges !

- La Terre émet un rayonnement IR : c'est la seule possibilité pour elle d'évacuer de l'énergie !

Ce rayonnement est visible depuis l'espace ! Voici une image en IR prise par un satellite MSG (Meteosat Second Generation).



[http://www.esa.int/esaMI/MSG/SEMMDKNZCIE\\_1.html](http://www.esa.int/esaMI/MSG/SEMMDKNZCIE_1.html)

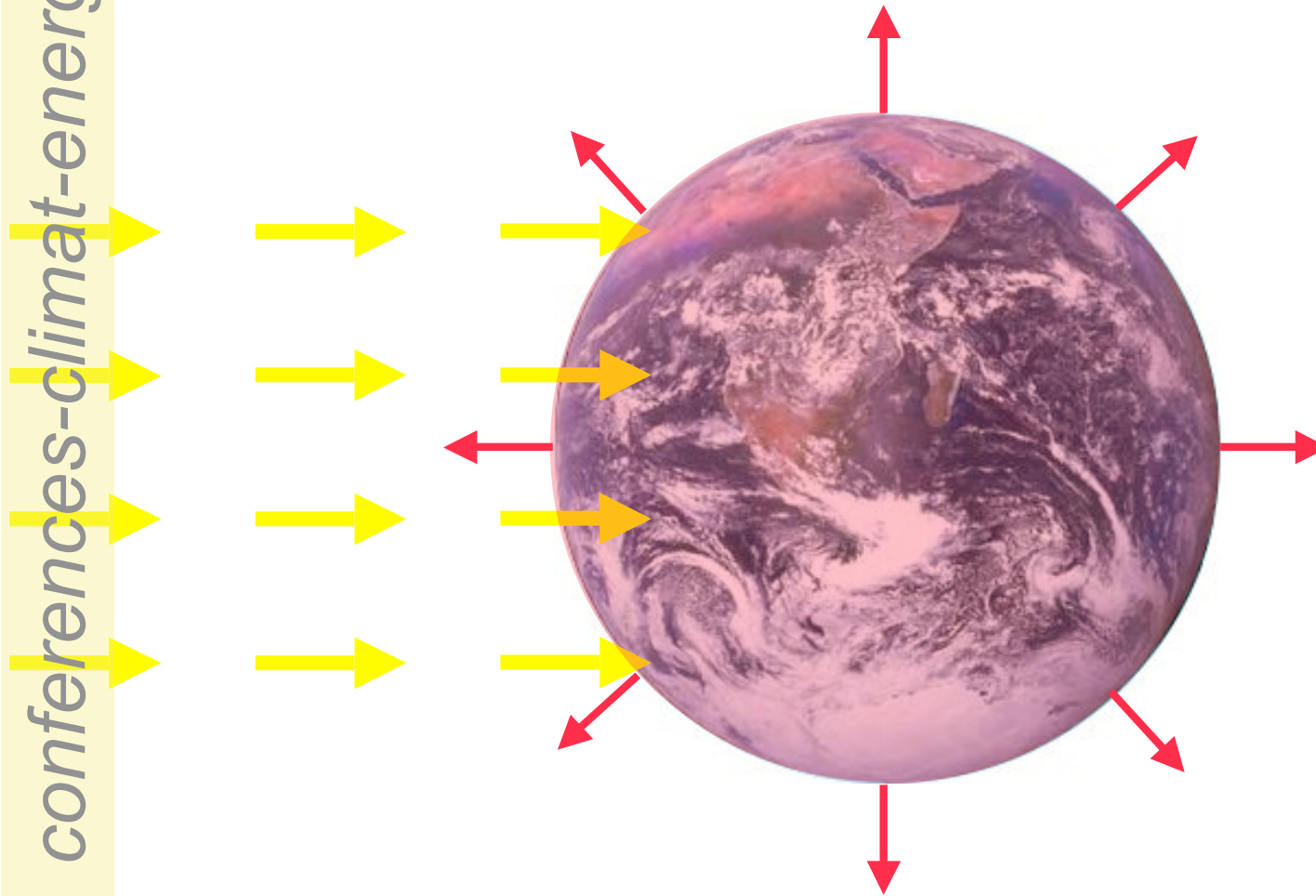


[http://cm1cm2.ceyreste.free.fr/univers\\_fichiers/terre.jpg](http://cm1cm2.ceyreste.free.fr/univers_fichiers/terre.jpg)

# Le bilan de l'énergie rayonnante !

conferences-climat-energie.ch

La Terre sera en équilibre thermique si le rayonnement entrant est égal au rayonnement sortant



[http://cm1cm2.ceyreste.free.fr/univers\\_fichiers/terre.jpg](http://cm1cm2.ceyreste.free.fr/univers_fichiers/terre.jpg)



# Qu'est-ce qui modifie ce bilan ?

La Terre sera en équilibre thermique si le rayonnement entrant est égal au rayonnement sortant

conferences-climat-energie.ch



**Quels sont les  
phénomènes qui  
viennent perturber  
cet équilibre ?**

The diagram shows a central image of the Earth. Yellow arrows point towards the Earth from the left, representing incoming solar radiation. Red arrows point away from the Earth in various directions, representing outgoing terrestrial radiation. The text is overlaid on the Earth image.

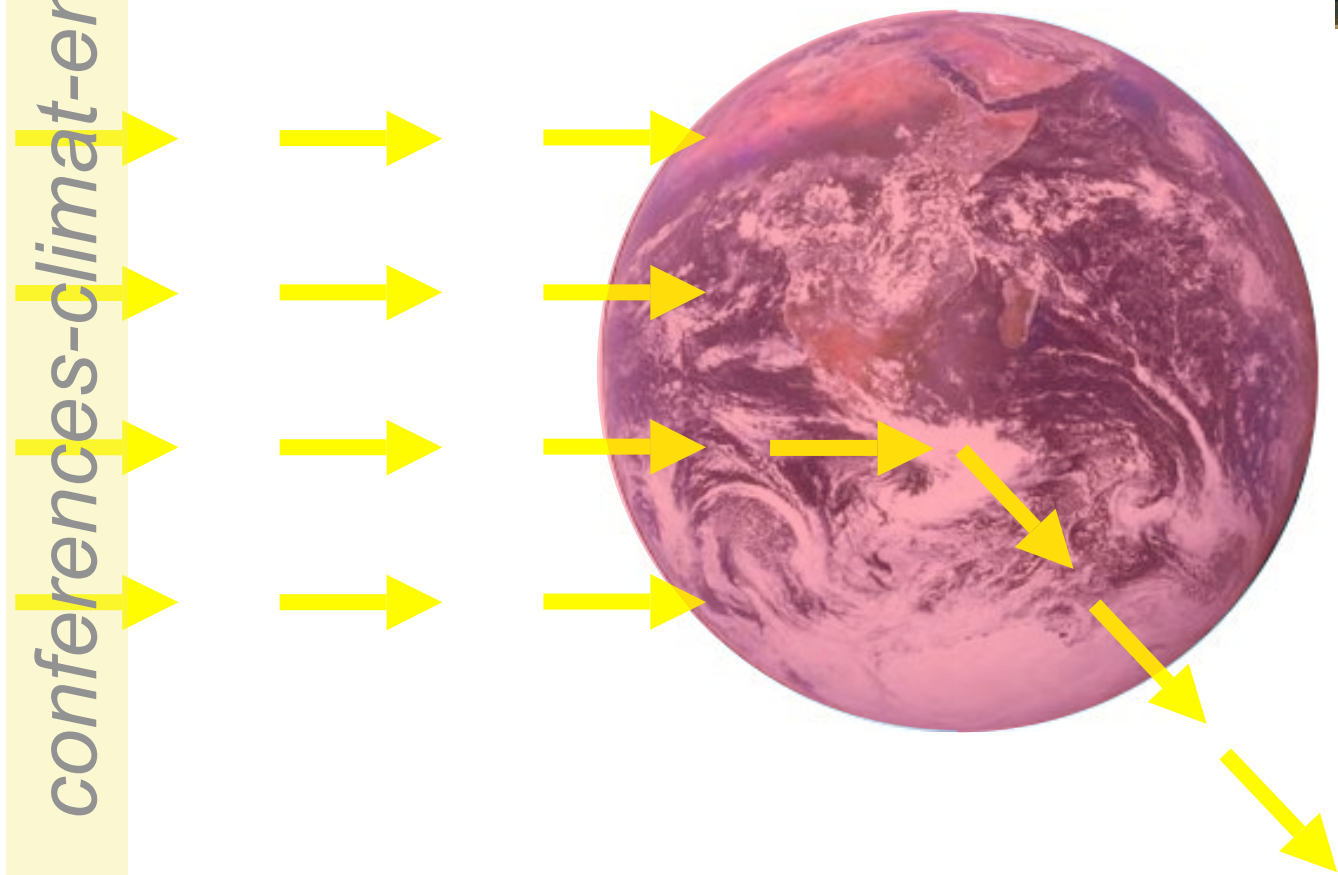
[http://cm1cm2.ceyreste.free.fr/univers\\_fichiers/terre.jpg](http://cm1cm2.ceyreste.free.fr/univers_fichiers/terre.jpg)



# La couverture nuageuse !

Les nuages réfléchissent une partie de l'énergie solaire vers l'espace.

**La couverture nuageuse a donc pour effet de refroidir la Terre !**



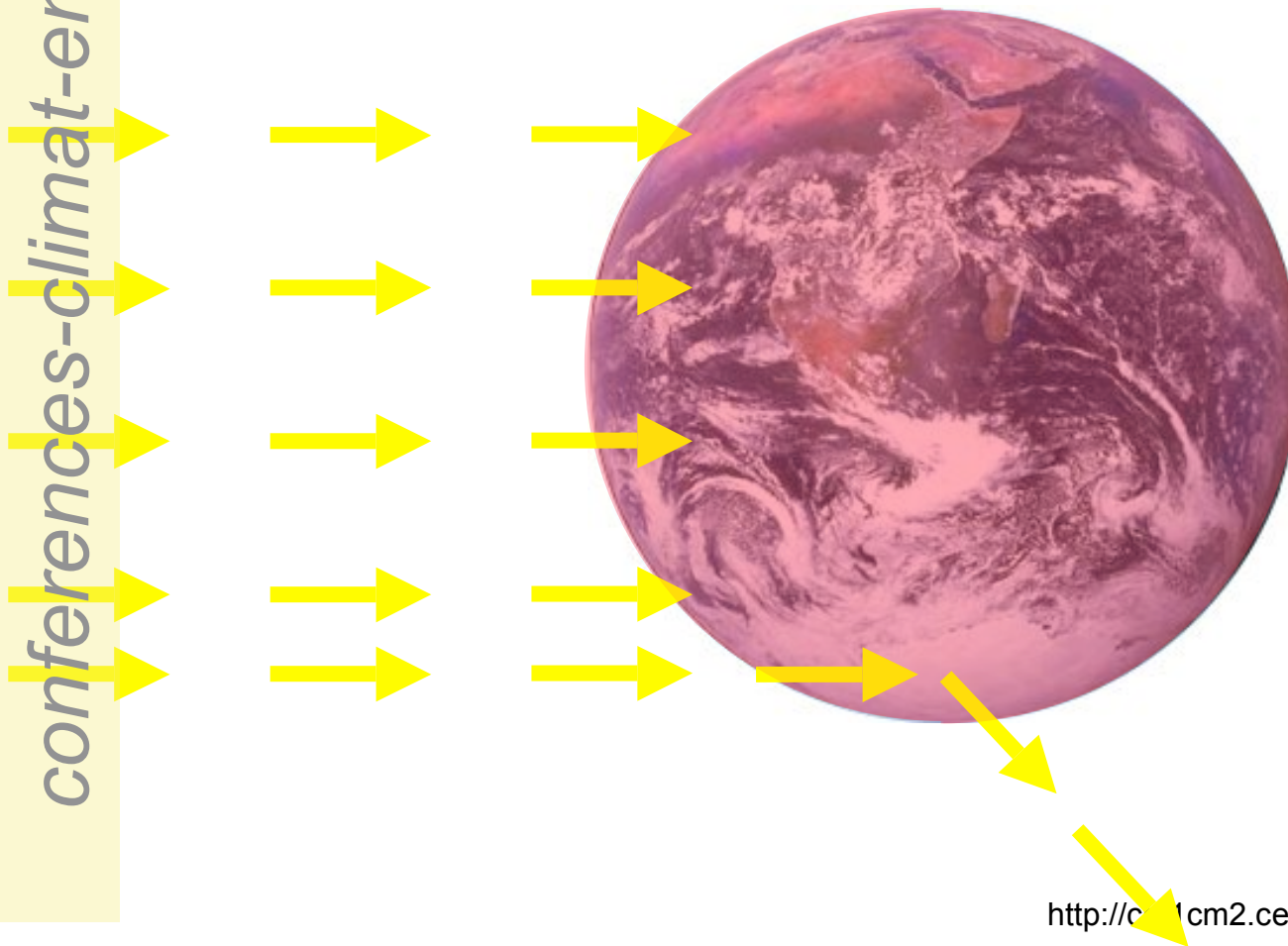
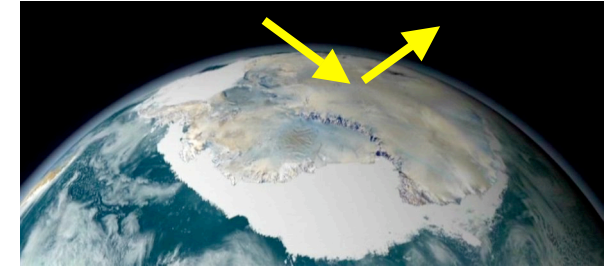
[http://cm1cm2.ceyreste.free.fr/univers\\_fichiers/terre.jpg](http://cm1cm2.ceyreste.free.fr/univers_fichiers/terre.jpg)

# L'albédo de la surface terrestre !

conferences-climat-energie.ch

La neige et la glace réfléchissent une partie de l'énergie solaire vers l'espace.

**La présence des calottes polaires et des glaciers a donc pour effet de refroidir la Terre !**

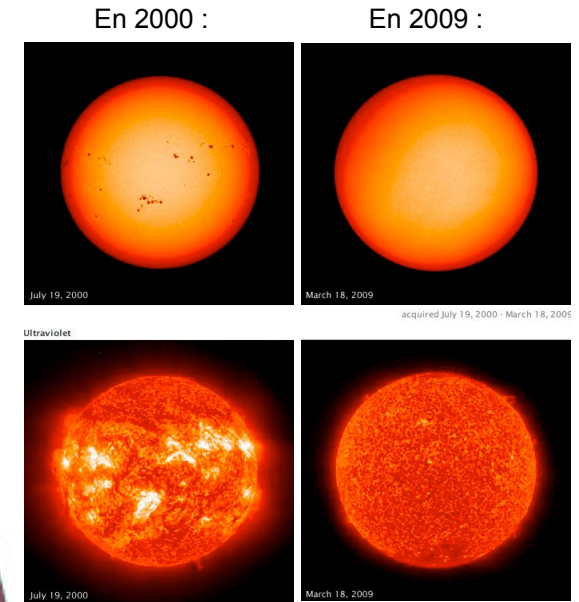
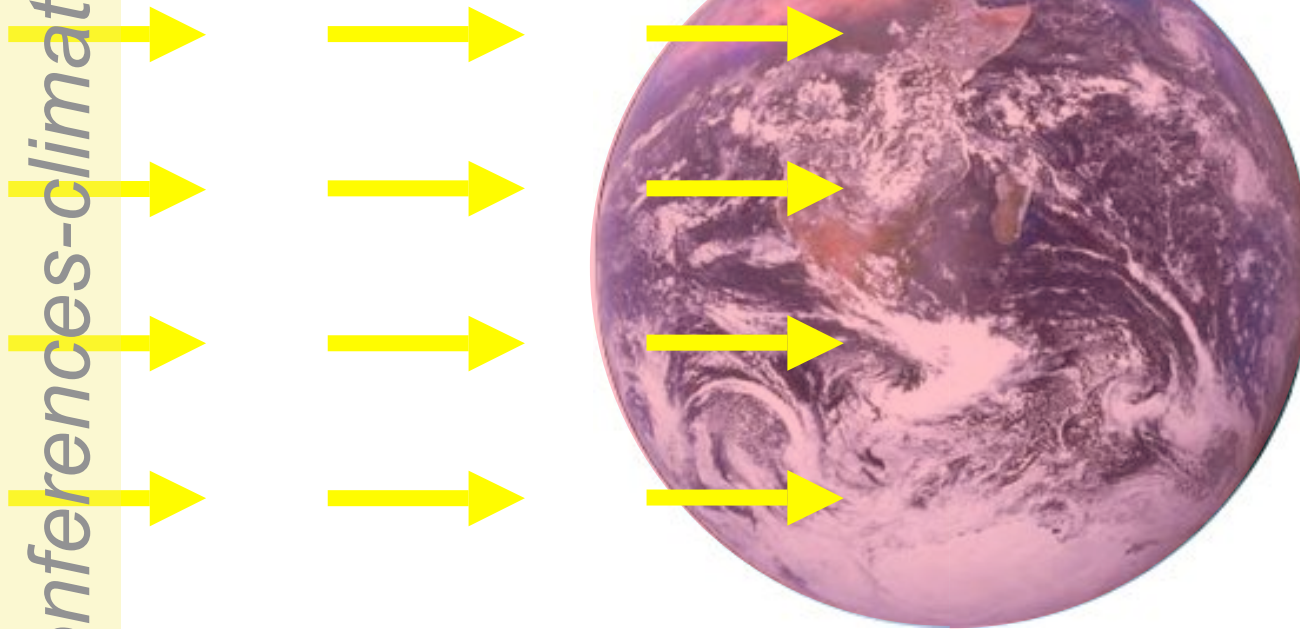


[http://c1cm2.ceyreste.free.fr/univers\\_fichiers/terre.jpg](http://c1cm2.ceyreste.free.fr/univers_fichiers/terre.jpg)

# La variation de l'énergie solaire !

L'énergie envoyée par le soleil varie d'environ 1 à 2 pour mille sur un cycle d'environ 11 ans.

conferences-climat-energie.ch



[http://cm1cm2.ceyreste.free.fr/univers\\_fichiers/terre.jpg](http://cm1cm2.ceyreste.free.fr/univers_fichiers/terre.jpg)

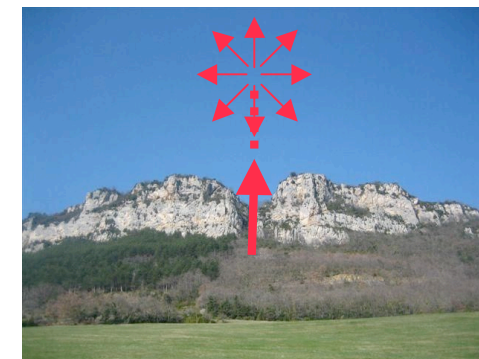
<http://earthobservatory.nasa.gov/IOTD/view.php?id=37575&src=eo-iotd>



# Les gaz à effet de serre !

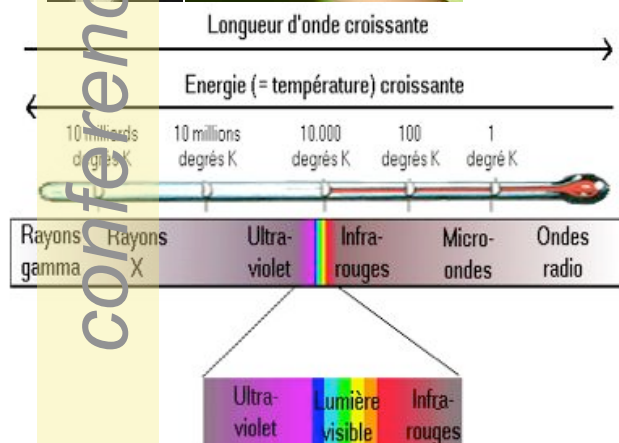
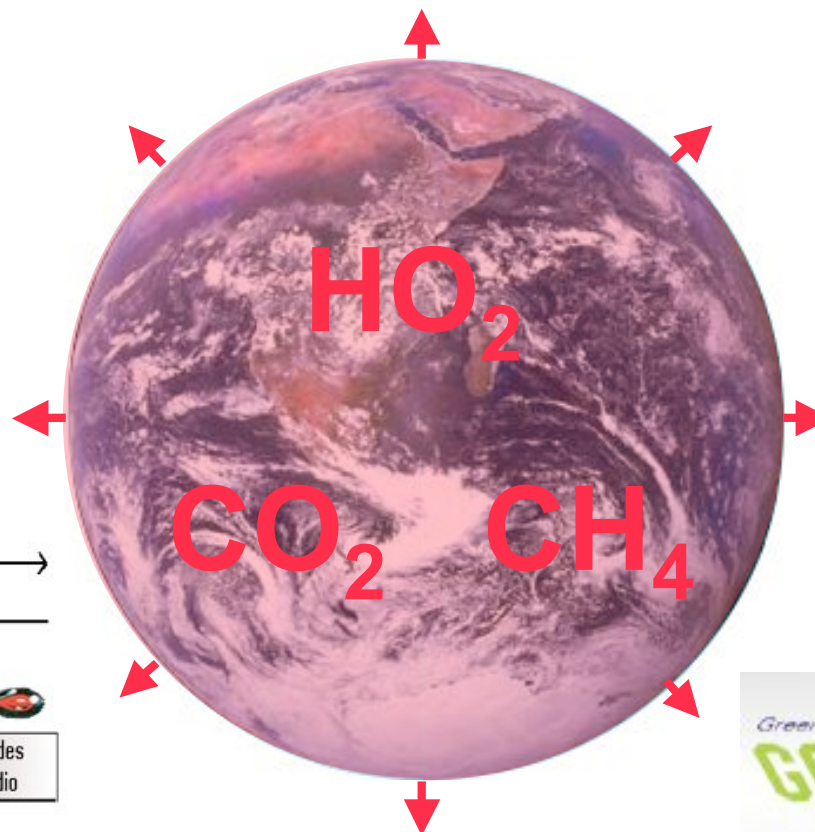
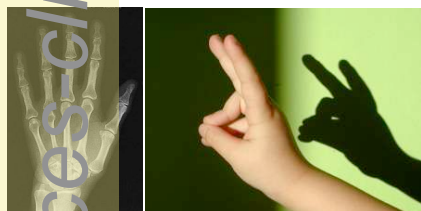
Les gaz à effet de serre agissent sur l'énergie IR qui est émise par la Terre en direction de l'espace.

**La présence de gaz à effet de serre dans l'atmosphère a donc pour effet de réchauffer la Terre.**



L'atmosphère est transparente aux rayons de la lumière mais fait écran aux infrarouges !

Un exemple plus familier :  
La main est transparente aux rayons X mais fait écran aux rayons de la lumière !

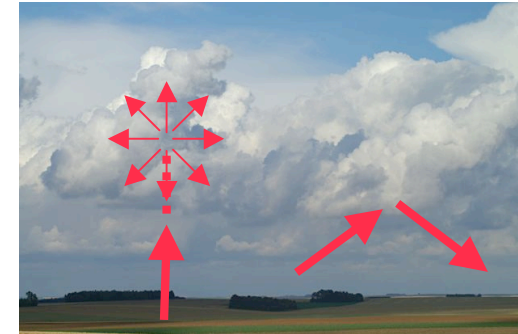


[http://cm1cm2.ceyreste.free.fr/univers\\_fichiers/terre.jpg](http://cm1cm2.ceyreste.free.fr/univers_fichiers/terre.jpg)

# Encore les nuages !

Les nuages agissent sur l'énergie IR qui est émise par la Terre en direction de l'espace.

**La présence des nuages dans l'atmosphère a donc pour effet de réchauffer la Terre.**



Les nuages réfléchissent le rayonnement IR

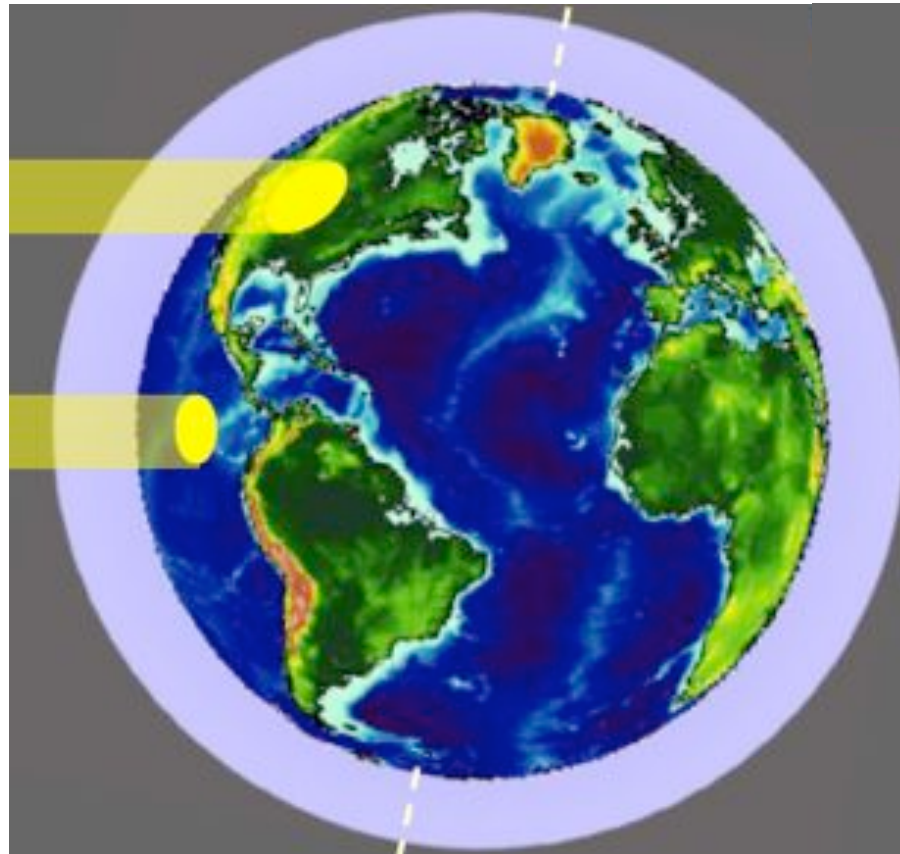
Les nuages absorbent le rayonnement IR

[http://cm1cm2.ceyreste.free.fr/univers\\_fichiers/terre.jpg](http://cm1cm2.ceyreste.free.fr/univers_fichiers/terre.jpg)

# La Terre est sphérique !

La Terre reçoit plus d'énergie par mètre carré dans les zones équatoriales et tropicales que vers les pôles.

Cela est à l'origine des grands courants atmosphériques et océaniques.



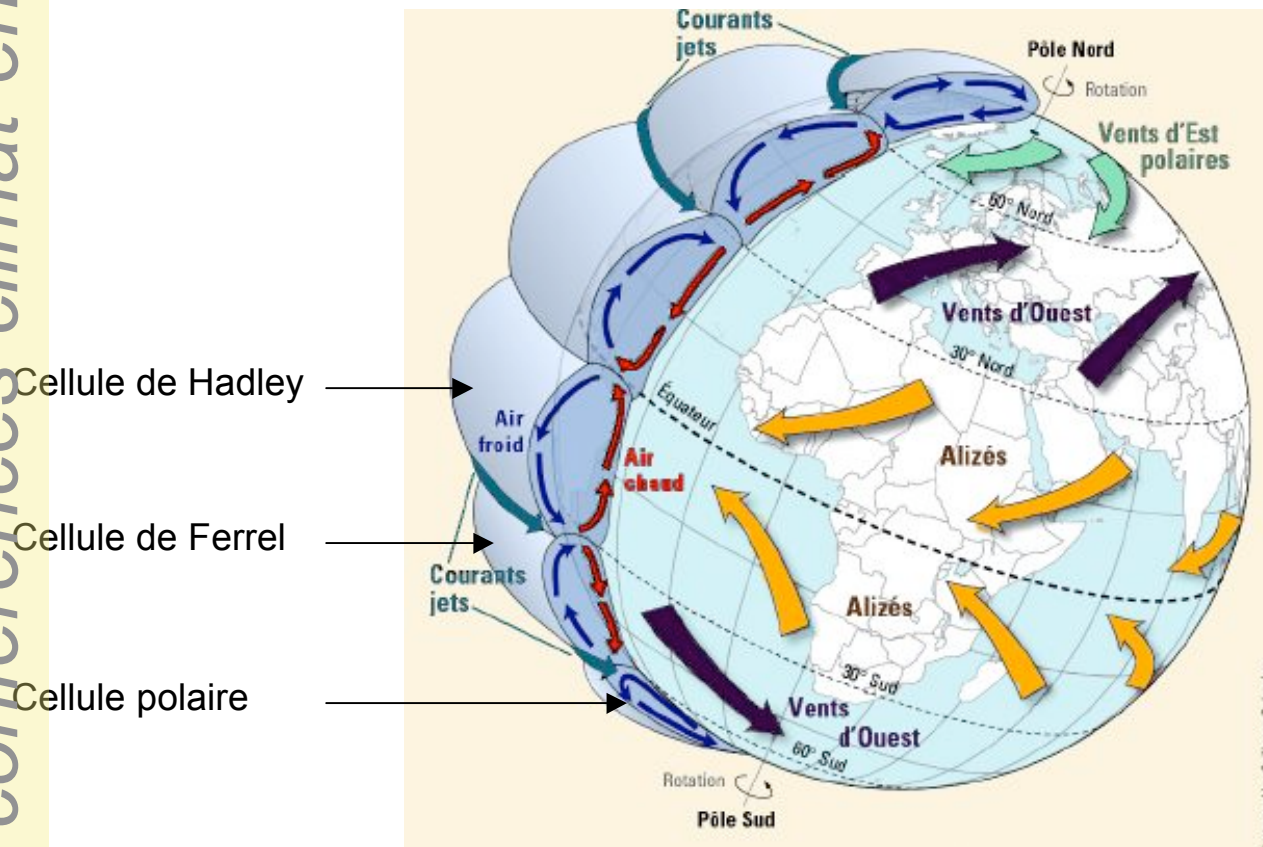


# Les courants atmosphériques !

Les grands courants atmosphériques transportent de la chaleur en direction des pôles.

**Ces courants n'influencent pas directement le bilan énergétique global de la Terre !**

**Par contre, ils ont un effet indirect par la formation des nuages, ainsi que par les échanges de chaleur, de vapeur d'eau et de gaz carbonique avec les océans !**



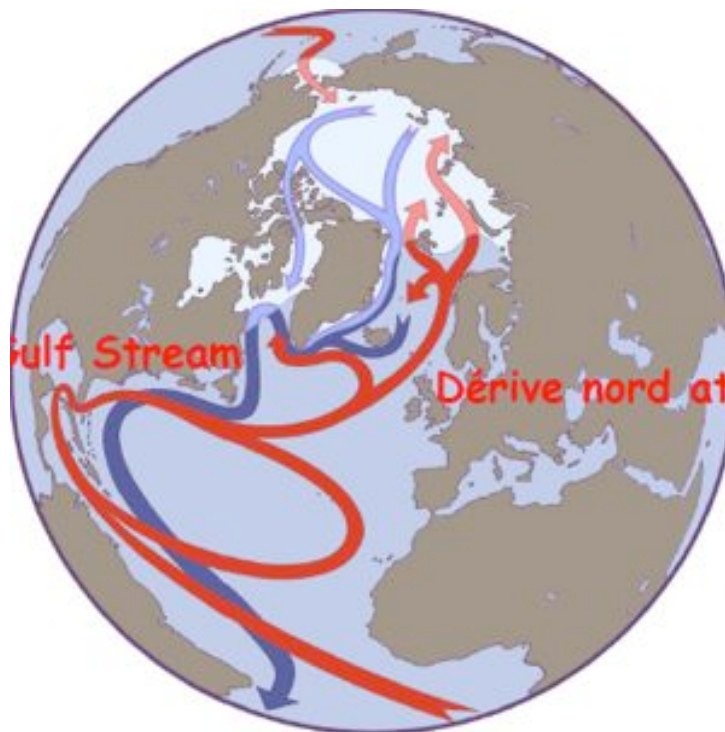
<http://www.sauvonsleclimat.org/new/spip/spip.php?auteur32>

# Les courants océaniques !

Les grands courants océaniques transportent de la chaleur en direction des pôles.

**Ces courants n'influencent pas directement le bilan énergétique global de la Terre !**

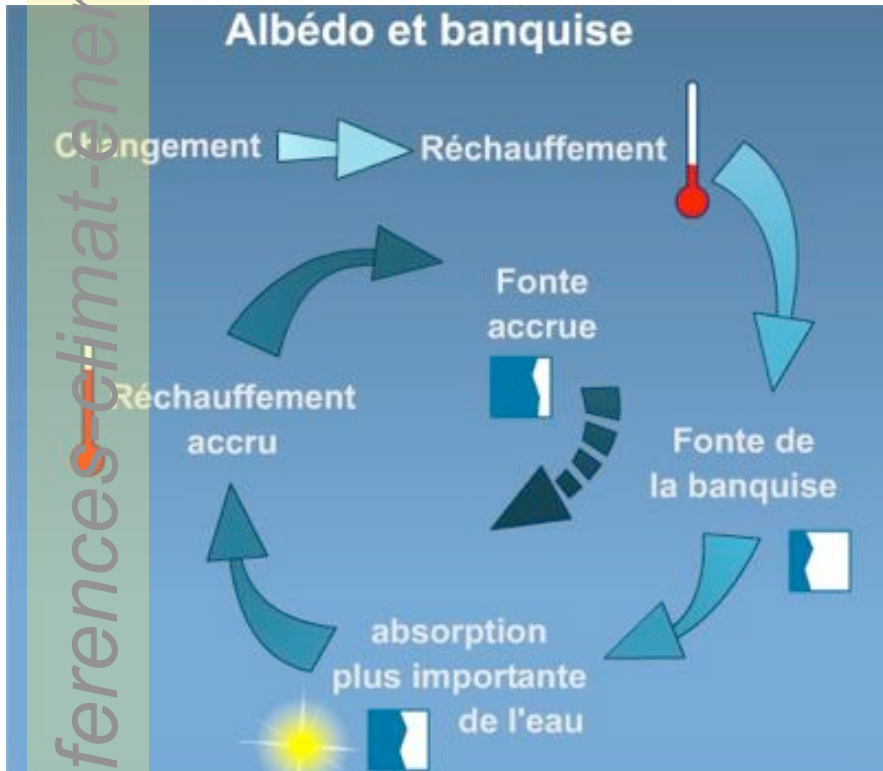
**Par contre, ils ont un effet indirect par les échanges avec l'atmosphère : échanges de chaleur, de vapeur d'eau et de gaz carbonique !**



# Les boucles de rétroaction viennent tout compliquer !

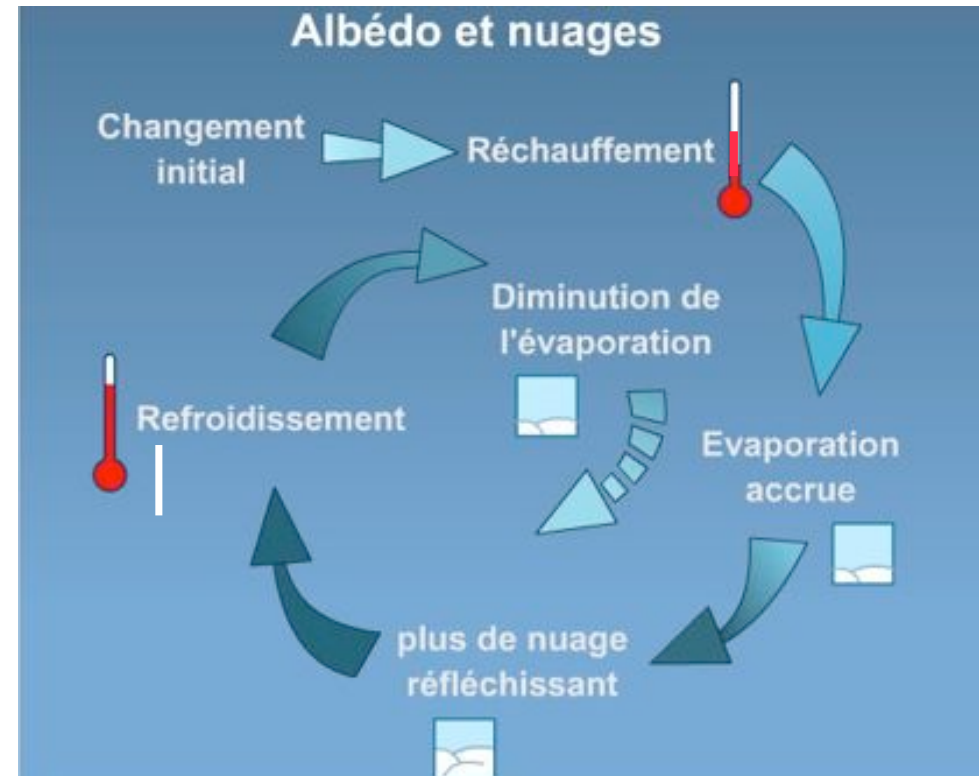
Exemple d'un mécanisme qui amplifie la variation de départ :

Exemple d'un mécanisme qui atténue la variation de départ :



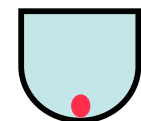
Source: CD de la Fondation Polaire Internationale, ©2003

Illustration par la position d'une bille :



Source: CD de la Fondation Polaire Internationale, ©2003

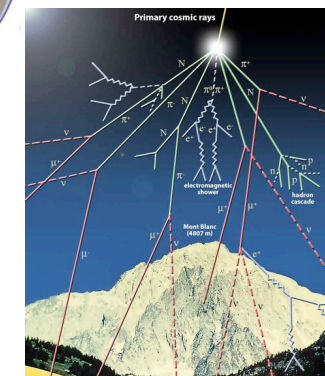
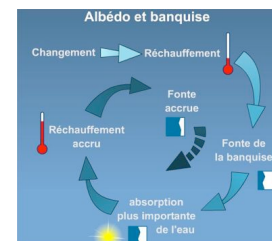
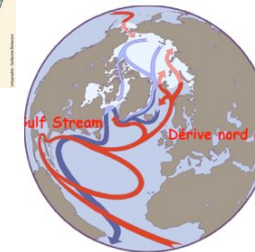
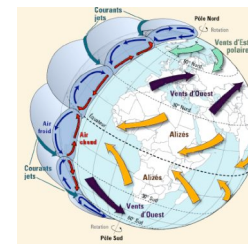
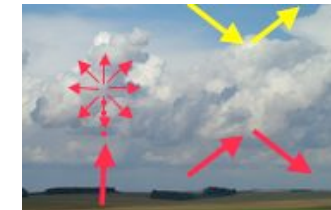
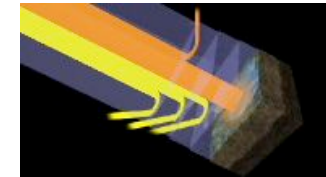
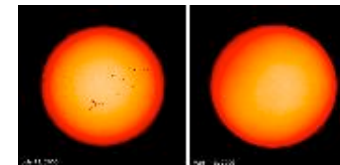
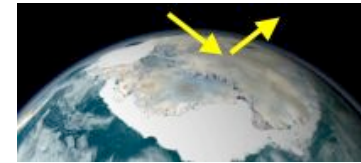
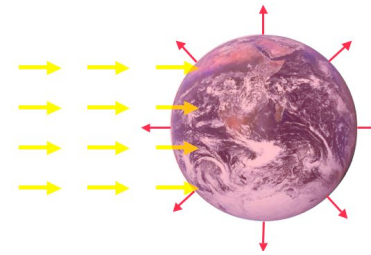
Illustration par la position d'une bille :





# Résumons !

- Les 2 flux d'énergie rayonnante doivent s'équilibrer, sinon la Terre chauffe ou refroidit.
- L'atmosphère agit sur le flux entrant.
- La nature du sol agit sur le flux entrant.
- Les nuages agissent sur le flux entrant et sur le flux sortant.
- L'intensité du rayonnement solaire entrant varie.
- **Les gaz à effet de serre agissent sur le flux sortant.**
- L'atmosphère redistribue la chaleur et a un effet indirect (échanges  $H_2O + CO_2$  avec océans + formation des nuages)
- Les océans redistribuent la chaleur et ont un effet indirect (échanges  $H_2O + CO_2$  avec atmosphère)
- Les boucles de rétroaction positives et négatives compliquent tout.
- Et on soupçonne que les rayons cosmiques, qui eux-mêmes dépendent du flux solaire, influencent la formation des nuages !

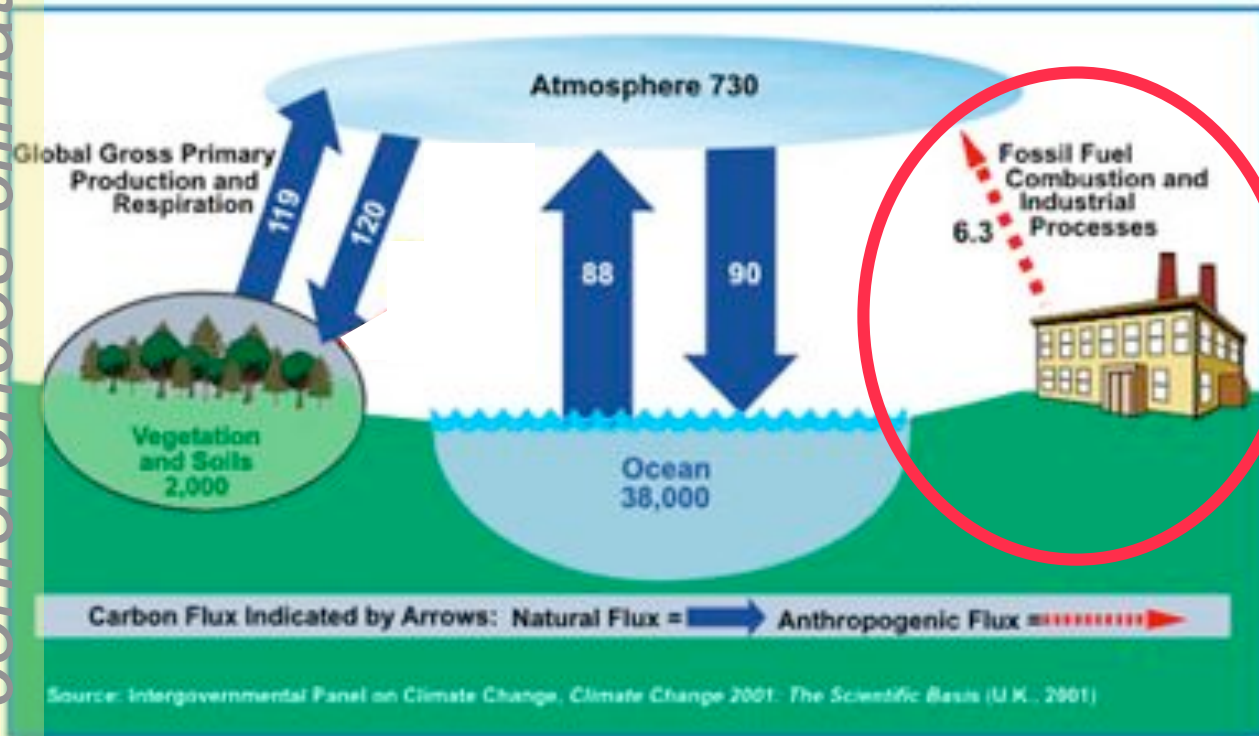


conferences-climat-energie.ch

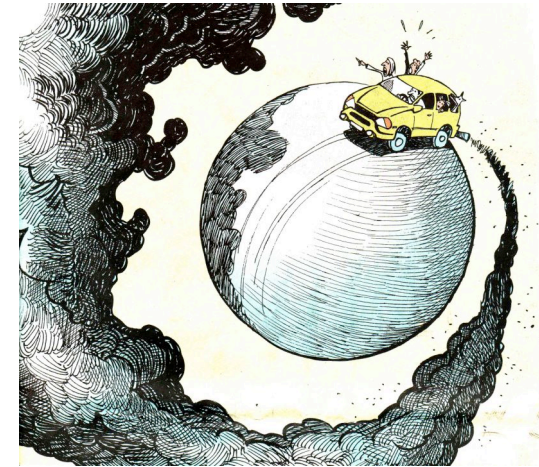
Avec ses rejets, l'humanité modifie le taux de CO<sub>2</sub> atmosphérique, ce qui influence le bilan énergétique de la Terre !

Mais est-ce que ces valeurs sont importantes ?

### Flux annuel de carbone et stocks en Gigatonnes



Source : <http://earthtrends.wri.org/updates/node/245>



Dessin de Chappatte paru dans « Le Temps », le 29 décembre 2007.

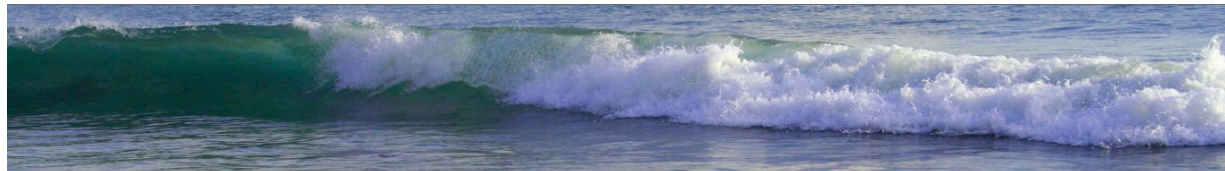
L'humanité injecte entre 6 et 7 Gigatonnes d'équivalent carbone dans l'atmosphère chaque année (dont la moitié est « fixée » par la photosynthèse).



# L'influence du CO<sub>2</sub> ne s'arrête pas à l'effet de serre !

conférence-climat-energie.ch

L'augmentation du taux de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère provoque une augmentation de l'acidité des océans par absorption du CO<sub>2</sub>.



## Ocean Acidification – the other half of the CO<sub>2</sub> problem

### Background

The World's oceans cover over 70% of the planet's surface, contribute half of its primary production and contain an enormous diversity of life. Thus it is not surprising that they provide invaluable resources to human society. They also play a vital role in the Earth's life support system through regulating climate and global biogeochemical cycles through their capacity to absorb atmospheric carbon dioxide (CO<sub>2</sub>).

### What happens when ocean pH decreases?

The world's oceans currently absorb on average about one metric tonne of CO<sub>2</sub> produced by each person every year. It is estimated that the surface waters of the oceans have taken up over 500 thousand million tonnes of CO<sub>2</sub> (500 Gt CO<sub>2</sub>), about half of all that generated by human activities since 1800. This additional CO<sub>2</sub> is already reducing ocean pH and it is also affecting the carbonate chemistry through the reduction of the carbonate ions, aragonite and calcite, which are used by many marine organisms to build their external skeletons and shells.

effects and results from research are now just emerging. These studies suggest that acidification is a real threat for the survival of some important marine ecosystems and a number of key marine species.

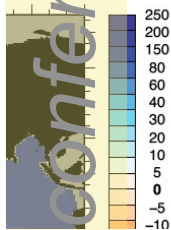
Ocean acidification leads to the decrease in carbonate ion concentration, a crucial element in the construction of the external skeleton or shells of many marine calcifying organisms. By the end of this century, ocean acidification will affect the calcification process which allows organisms such as corals, molluscs and calcareous

*At present, ocean chemistry is changing more rapidly than it has over the past 650,000 years.*



By Richard A. Feely, Christopher L. Sabine, and Victoria J. Fabry

**Within decades, acidity levels in the polar oceans are projected to reach levels sufficient to dissolve some shells.**



Global warming is increasing ocean temperatures and raising sea levels. New scientific research shows that **our oceans are beginning to face yet another threat due to global warming-related emissions – their basic chemistry is changing because of the uptake of carbon dioxide released by human activities.**

When carbon dioxide is absorbed by the oceans it reacts with seawater to form carbonic acid. Ocean acidification, as the phenomenon is called, over time will create major negative impacts on corals and other marine life, with anticipated adverse consequences for fishing.

*Ocean acidification and climate change are both effects of excessive carbon dumping into the atmosphere.*

carbon emissions over this period. This natural process of absorption has benefited humankind by significantly reducing the greenhouse gas levels in the atmosphere and thus minimizing some impacts of global warming. However, the ocean's daily uptake of 22 million tons of carbon dioxide is starting to take its toll on the chemistry of seawater.

### About the Authors

*Drs. Richard Feely and Christopher Sabine are oceanographers at the Pacific Marine Environmental Laboratory of the National Oceanic and Atmospheric Administration, where they specialize in the ocean carbon cycle. Dr. Victoria Fabry is a biologist at the California State University San Marcos, with expertise in the effects of carbon dioxide on marine life.<sup>1,2</sup>*

Source :



# L'influence des activités humaines sur le bilan énergétique de la Terre ne s'arrête pas au CO<sub>2</sub> !

Des aérosols (par ex. des composés soufrés) sont rejetés dans l'atmosphère, notamment par la combustion du charbon.

Ces composés soufrés ont une influence sur la formation des nuages !

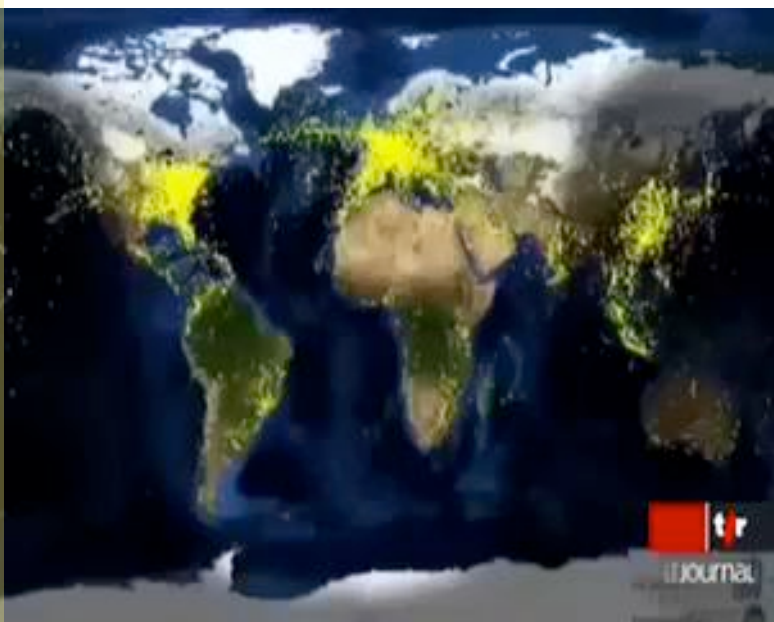


La ville Wuhan (province du Hubei) en Chine, le 3 décembre 2009

Source : CNESMAG n°44, janvier 2010

# L'influence des activités humaines sur le bilan énergétique de la Terre ne s'arrête pas au CO<sub>2</sub> !

Le trafic aérien est à l'origine de traînées de condensation (« ConTrail ») sorte de « nuages artificielles ».



TSR, téléjournal du mardi 5 janvier 2010



Source : émission « Dans l'ombre du ciel » du 24/09/07 consacrée à l'obscurcissement planétaire diffusée sur Arte Sciences

# Que peut-on conclure de tout cela ?

- L'effet de serre existe et il agit sur le bilan radiatif de la Terre.
- L'homme rejette de grandes quantités de gaz à effet de serre dans l'atmosphère.
- Il y a un risque que les rejets anthropiques de CO<sub>2</sub> soient de type « CO<sub>2</sub> allumette », c'est-à-dire qu'ils démarrent des boucles de rétroaction positives sur lesquelles l'humanité n'a pas de prise.
- Vu la complexité du système climatique, nous n'avons pas encore la capacité de pouvoir estimer exactement l'importance de ce risque.
- Mais les conséquences d'un réchauffement climatique pourraient être énormes.

fonte des glaces

En Patagonie, le glacier Upsala (Argentine), en 1928 et en 2004.



sécheresses



montée des eaux, inondations





# Peut-on faire et doit-on faire quelque chose ?

Dans toute situation semblable, où il y a un risque avec des conséquences très importantes, mais sans capacité de pouvoir les connaître exactement, **chacun est prêt à payer pour une assurance risque !**

*Assurance incendie*



*Assurance maladie*



*Assurance vol*



*Assurance voyage*



*ou encore juridique, responsabilité civile, etc ...*

Alors contre le risque de dérèglement climatique :

## **Quel prix est-on prêt à payer ?**

Je vous remercie de votre attention !



Alors contre le risque de dérèglement climatique :


**Quel prix est-on prêt à payer ?**

Pour en savoir plus, vous pouvez visiter mon site:  
[www.conferences-climat-energie.ch](http://www.conferences-climat-energie.ch)


**Accueil**   **Conférences**   **Climat**   **Energie**   **Contact & CV**

## Conférences Climat & Energie

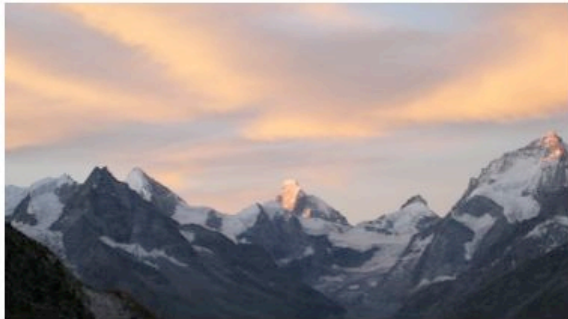
un produit proposé par Jean-Claude Keller  
ingénieur EPF et physicien, maître de physique au gymnase de Morges (Vaud, Suisse)




Vous voulez organiser une conférence ou un débat sur les questions qui touchent au réchauffement climatique et à la consommation d'énergie, alors prenez contact !




Vevey, le 29 octobre 2009




Lever de soleil sur le Cervin (photo prise par J.C. Keller).  
Prise de vue depuis la région de l'hôtel Weisshorn dans le Val d'Anniviers (Valais, Suisse).




Bergières, le 18 juin 2009




Cointin, le 12 mars 2009



Gymnase Auguste Piccard, le 20 janvier 2010



Salins, le 29 mai 2009



Cointin, le 12 mars 2009

Mises à jour du dernier mois :

- [Conférences](#)
- [Equilibre thermique de la Terre](#)
- [Bilan radiatif](#)
- [Les cellules de Hadley](#)
- [Mesures du rayonnement par satellite](#)
- [Cycles solaires](#)
- [Montée des eaux](#)
- [Arctique](#)
- [Evolution récente des températures](#)
- [Satellites](#)
- [IBUKI](#)
- [SMOS](#)
- [Cryosat-2](#)

Mises à jour de l'avant-dernier mois :

Conférences Climat & Energie, site créé par Jean-Claude Keller

Dernière mise à jour du site : 16/3/2010

