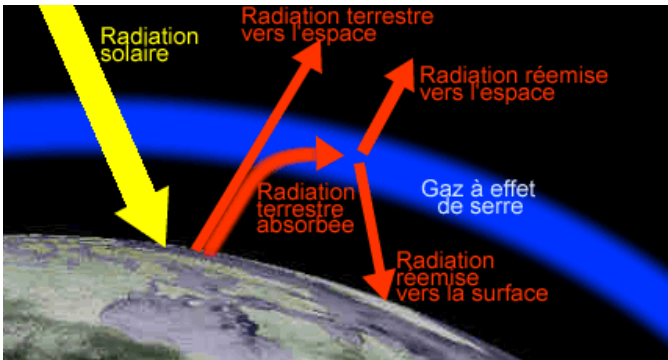


DES SCIENCES POUR PRÉPARER LA COP

[HTTP://ACCES.ENS-LYON.FR](http://acces.ens-lyon.fr)

EN BREF

Les caractéristiques de notre climat (température moyenne, pluviométrie, fréquence et intensité des évènements extrêmes, ...) dépendent de **la quantité d'énergie reçue** par la surface de la Terre. Cette énergie provient du rayonnement du Soleil et du rayonnement réémis par les gaz à effet de serre comme illustré sur le graphique ci-dessous.

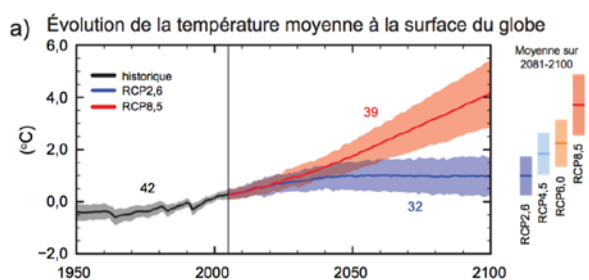


<http://planet-terre.ens-lyon.fr/article/bilan-radiatif-terre2.xml>

Les activités humaines modifient la composition de l'atmosphère (concentration en gaz à effet de serre, particules fines, ...) et influent sur l'effet de serre et donc sur l'énergie reçue par la Terre.

Les travaux des climatologues visent à comprendre quelles seront les conséquences d'une augmentation ou d'une diminution de l'énergie apportée à la surface de la Terre. L'augmentation de la température moyenne va par exemple faire fondre les glaces qui réfléchissaient la lumière du Soleil et donc augmenter la quantité d'énergie absorbée à la surface de la Terre, et faire fondre la glace et ainsi de suite. C'est ce que l'on appelle une rétroaction positive. L'effet augmente la cause : il y a un risque d'emballement !

Les modèles climatiques prennent en compte ces phénomènes et sont testés en essayant de reproduire les climats passés. Ils permettent alors de faire des prédictions sur le climat futur. Ces modèles permettent de faire des prévisions sur le climat en fonction des scénarios possibles d'émission de CO₂ dans les prochaines années comme on peut le voir dans la figure ci-contre (GIEC-2013).



Le scénario RCP2,6 (490 ppm max de CO₂ atmosphérique puis déclin) est celui qui permet une limitation de l'augmentation de la température à +2°C.

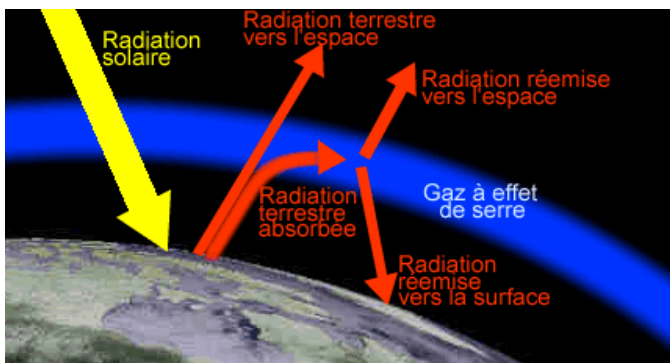
Ce sont ces scénarios d'émissions de CO₂ atmosphériques qui sont négociés lors des COPs.

Voir notre rubrique thématique sur la plateforme Acces :

<http://acces.ens-lyon.fr/acces/thematiques/eedd/simulation-des-conferences-des-parties-sur-le-changement-climatique>

COMPRENDRE LA TEMPÉRATURE MOYENNE DE LA TERRE

La température moyenne de la surface de la Terre est fixée par l'équilibre entre l'énergie qu'elle reçoit et l'énergie qu'elle émet.



<http://planet-terre.ens-lyon.fr/article/bilan-radiatif-terre2.xml>

Énergie reçue par la Terre	Énergie émise par la Terre
- Rayonnement solaire (UV + visible + IR)	- Rayonnement réfléchi (UV + visible + IR)
- Rayonnement corps noir des gaz à effet de serre (IR) dû à la présence d'une atmosphère	- Rayonnement corps noir de la surface de la Terre (IR)

Nous allons commencer par expliquer quelle serait la température de la Terre si elle n'avait pas d'atmosphère, et donc pas de gaz à effet de serre. Nous compléterons ensuite l'explication en prenant en compte l'effet de serre.

TEMPÉRATURE D'ÉQUILIBRE DE LA TERRE SANS ATMOSPHÈRE

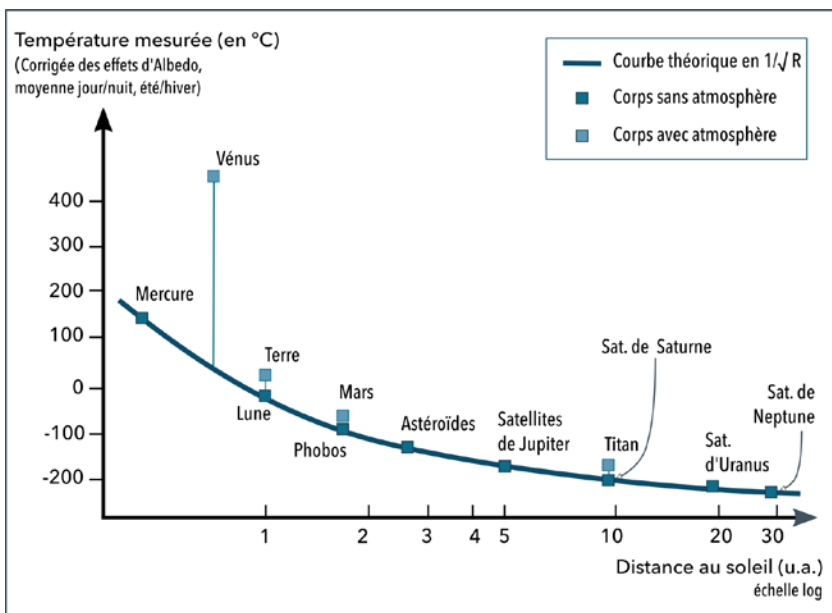
La température de la surface des planètes qui n'ont pas d'atmosphère est déterminée par l'équilibre entre l'énergie reçue par le Soleil (lumière visible, ultra-violet et infra-rouge) et l'énergie rayonnée par la surface de la planète selon la loi du corps noir (lumière infrarouge). Cet équilibre permet de déterminer les températures de la surface de tous les corps qui n'ont pas d'atmosphère, comme par exemple Mercure, la Lune, ou les satellites de Jupiter : plus la planète est loin du Soleil, plus sa température est basse.

Sans l'effet de serre, la température moyenne sur la Terre (et aux effets d'albédo près) serait la même que celle sur la Lune : $\sim -18^{\circ}\text{C}$.

Tableau des températures et distance au Soleil de certains éléments du système solaire

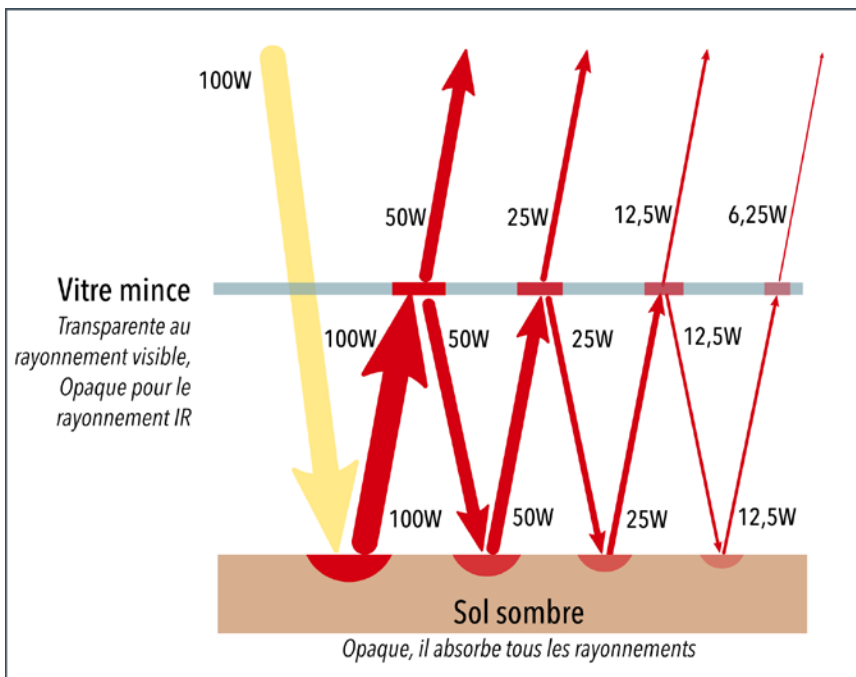
	Mercure	Vénus	Terre	Lune	Mars	Phobos
Température (°C)	140	450	15	-18	-50	-60
Distance au soleil (u.a.)	0,39	0,72	1	1	1,52	1,52

	Astéroïdes	Satellites de Jupiter	Satellites de Saturne	Titan	Satellite d'Uranus	Satellite de Neptune
Température (°C)	-130	-175	-195	-180	-220	-230
Distance au soleil (u.a.)	2,8	5,2	5,94	9,54	19,2	30



PRÉSENCE D'UNE ATMOSPHÈRE ET EFFET DE SERRE

La présence d'une atmosphère transparente à la lumière visible et aux UV qui viennent du Soleil et qui est semi-opaque aux infra-rouges permet d'augmenter l'énergie reçue par la surface d'une planète. En effet, la surface de la Terre est chauffée par la lumière qui vient du soleil, elle émet alors un rayonnement infrarouge qui chauffe les gaz à effet de serre. Ces gaz réémettent alors eux aussi un rayonnement infrarouge dont une partie vient de nouveau chauffer la Terre. La température d'équilibre de la Terre est alors plus élevée.



© Aude CAUSSARIEU, d'après Pierre THOMAS

Titre : le fonctionnement théorique d'une serre parfaite

Sur la Terre, la température superficielle est en moyenne d'environ 30°C plus élevée que s'il n'y avait pas d'atmosphère. Sur Venus cet effet est encore plus élevé.

PRÉVOIR L'ÉVOLUTION DU CLIMAT

CLIMAT ET MÉTÉO

Caractériser le climat, c'est caractériser les valeurs moyennes, les écarts moyens et les cycles de variations (au fil des saisons) pour différents paramètres météorologiques (température, pluviométrie, ...). Les climatologues construisent des modèles pour essayer de comprendre l'influence que peut avoir l'activité humaine sur l'évolution du climat.

Le travail des climatologues est différent de celui des météorologues qui doivent prédire le temps qu'il fera à très court terme (quelques jours). Les climatologues eux travaillent à l'échelle des dizaines voir des centaines d'années.

MODÉLISER LE CLIMAT

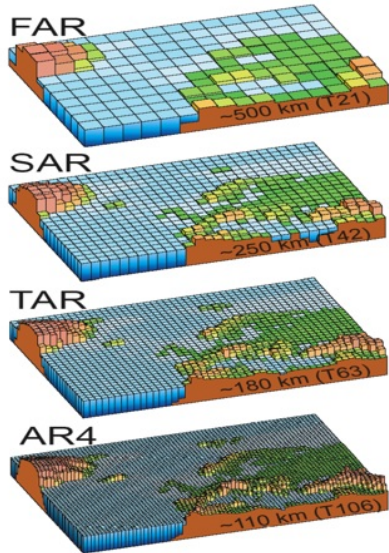
Les climatologues construisent des modèles de notre planète qui permettent de simuler les vents, courants, nuages, salinité des océans... et de simuler le climat qu'il a fait dans le passé (et on peut donc juger de la validité de ces modèles en comparant avec les données passées) ou qu'il fera dans le futur. Ces simulations sont compliquées à cause :

- ✓ Du découpage de l'atmosphère, des océans et du sol réalisé pour modéliser la terre et son atmosphère (maillage ou granulométrie). Plus le maillage est fin, plus les calculs sont longs et lourds.
- ✓ Des nombreuses interactions entre différents paramètres : influence de la température sur l'évaporation de l'eau, influence de la concentration des gaz à effet de serre sur l'effet de serre, l'interaction entre la pluviométrie et le couvert végétal (et donc l'albédo¹), la

¹ Fraction de l'énergie incidente du soleil qui est réfléchiée par les nuages ou la surface de la Terre. Les zones recouvertes de neige contribuent fortement à l'albedo.

production d'aérosol qui influence la nébulosité² ... Ces interactions peuvent stabiliser ou déstabiliser le climat.

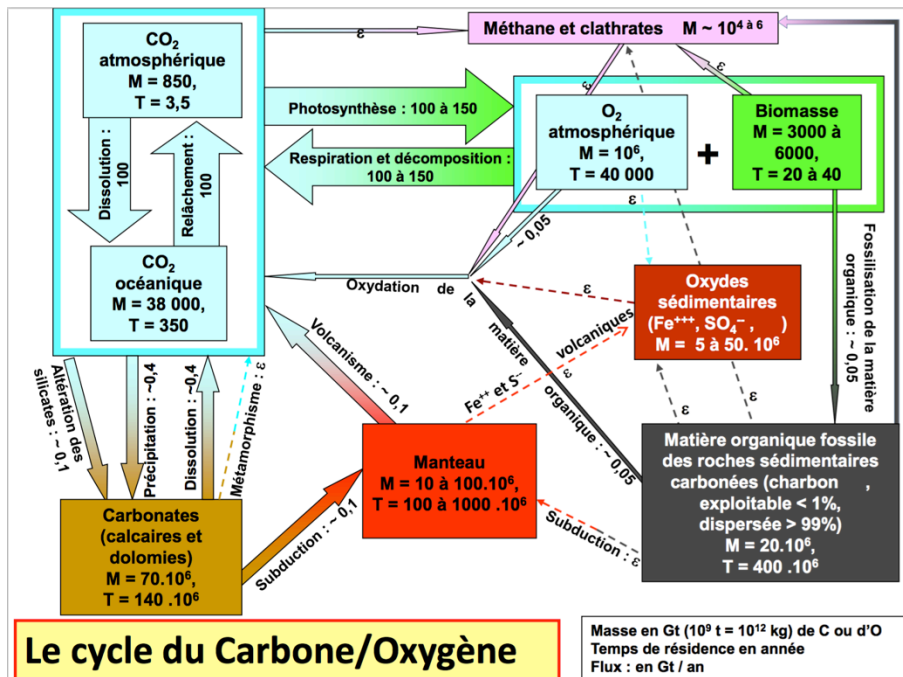
- ✓ De la sensibilité aux conditions initiales choisies pour la simulation. Notre planète est un système chaotique, cela signifie que pour des conditions de départ de simulation très proches, les résultats peuvent fortement diverger.



Source : GIEC 2007, différents maillages pour décrire la planète dans les modèles climatiques.

ÉVOLUTION DU CLIMAT AVEC L'ACTIVITÉ HUMAINE

L'enjeu des négociations sur le climat est de limiter l'impact de l'homme sur le climat de la planète (= ne pas changer le climat).

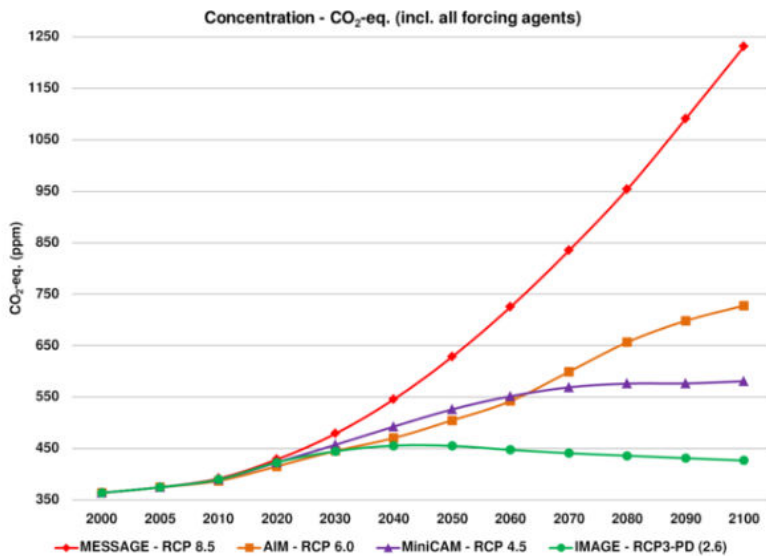


© Pierre Thomas, 2015

² Fraction du ciel couverte par des nuages à un instant donné.

INFLUENCE DE L'AUGMENTATION DE LA CONCENTRATION EN CO₂ SUR LE CLIMAT

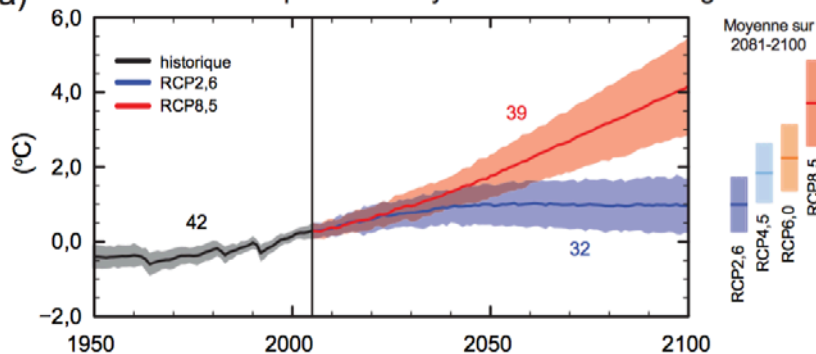
Les modélisations des climatologues permettent d'étudier l'influence de plusieurs variables sur le changement climatique. En particulier, les climatologues peuvent faire tourner leurs modèles pour différents scénarios d'émissions de CO₂ d'origine anthropique (produit par l'activité humaine) appelés RCP (profils représentatifs d'évolution de concentration). L'ensemble des résultats permet d'estimer une fourchette de températures moyennes probables dans le futur.



Les scénarios choisis par le GIEC pour tester l'évolution du climat

Lors des simulations de COP, les élèves vont proposer un scénario³ d'émission de CO₂ d'origine anthropique simplifié à l'échelle de la planète. Le logiciel va alors utiliser les résultats des différentes études scientifiques pour prédire l'augmentation de la température moyenne du globe à l'échéance de 2100.

a) Évolution de la température moyenne à la surface du globe



Source : Rapport GIEC 2013

³ Dans les documents du GIEC il s'agit des RCP : profils représentatifs d'évolution de concentration.

CONSENSUS DU GIEC

De nombreux groupes de chercheurs travaillent pour produire des simulations de l'évolution du climat. Le groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) réunit plus d'une centaine de climatologues pour construire un rapport de synthèse sur les connaissances scientifiques autour du climat. Plusieurs conclusions émergent du dernier rapport :

- ✓ Le réchauffement du système climatique est sans équivoque et les changements observés depuis 1950 sont sans équivalent depuis des décennies voir des millénaires. L'atmosphère et l'océan se sont réchauffés, la couverture de neige et de glace a diminué, le niveau des mers s'est élevé. Parallèlement à cette augmentation de T, les concentrations de gaz à effet de serre ont augmenté. L'ordre de grandeur de l'augmentation de T est similaire à l'ordre de grandeur de ce qui est calculé avec l'augmentation mesurée du CO₂. Et il faut dire que les autres causes de variations de températures (variation naturelle du CO₂ – éruption volcanisme par exemple-, variation de la constante solaire ... sont tout à fait insuffisantes pour expliquer l'augmentation constatée de la T
- ✓ La plus grande contribution, environ 60%, au déséquilibre énergétique (et donc au réchauffement du climat) provient de l'augmentation de la concentration de CO₂. Les 40 autres % viennent de l'augmentation en méthane, de l'ozone troposphérique, des chloro et fluoro carbone, du protoxyde d'azote ... Tous les scénarios, tous les modèles du climat, prédisent une poursuite du réchauffement climatique de l'ordre de 2°C pour la fin du XXI^{ème} siècle même après stabilisation puis diminution des émissions de gaz à effet de serre (scénario RCP 2,6). Ils prédisent une augmentation beaucoup plus forte si les émissions continuent à augmenter.

Auteure : Aude Caussarieu, 2017

RESSOURCES

SOURCES PRIMAIRES

- ✓ Rapport du GIEC : Changement climatique 2013, les éléments scientifiques : https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/.../WG1AR5_SPM_brochure_fr.pdf
- ✓ Découvrir les nouveaux scénarios RCP et SSP utilisés par le GIEC : www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/.../ONERC_decouvrir_scenarios_Giec.pdf

SOURCES SECONDAIRES

- ✓ Conférence de Pierre Thomas : Effet de serre et cycle du carbone : <http://planet-terre.ens-lyon.fr/article/serre-carbone-climat-FT2015.xml>
- ✓ Site de JM Jancovici : <https://www.manicore.com/>
- ✓ Site le climat en question : <http://www.climat-en-questions.fr/>
- ✓ Conférence de Didier Paillard : Dynamique et thermodynamique du climat <http://culturesciencesphysique.ens-lyon.fr/video-html5/se2012/paillard/dynamique-et-thermodynamique-du-climat-diapo20>
- ✓ Conférence de Valérie Masson-Delmotte : Climat et énergie: <http://culturesciencesphysique.ens-lyon.fr/ressource/conference-ScienceEnergie2012-climat-energie-Masson-Delmotte.xml>
- ✓ Série d'articles sur l'effet de serre sur le site planet-terre :
 - <http://planet-terre.ens-lyon.fr/article/radiatif-biosphere.xml>
 - <http://planet-terre.ens-lyon.fr/article/bilan-radiatif-terre2.xml>
 - <http://planet-terre.ens-lyon.fr/article/bilan-radiatif-terre3.xml>