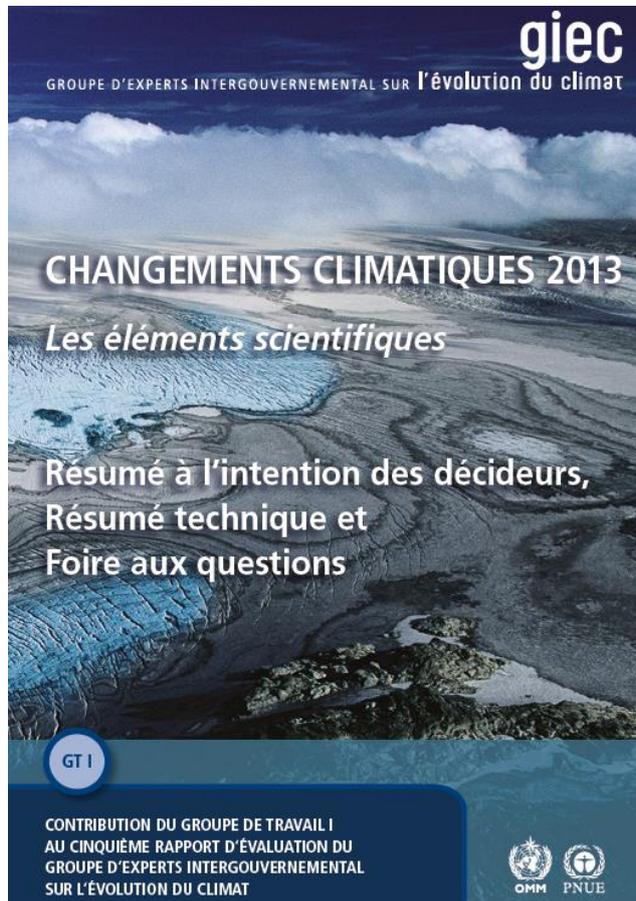


« Jouons à GIEC a dit ! » Climat, modélisation et hiatus

Préambule



Le 5^{ème} rapport du Groupe I a été publié en 2013. Il existe une traduction en français que l'on peut trouver sur le site www.ippcc.ch (voir photo ci-contre). Il comprend deux parties.

La **première partie** est rédigée et approuvée par les représentants des gouvernements et comprend une préface, l'avant-propos et le Résumé à l'Intention des Décideurs (**RID**). On y trouve la sentence suivante :

« ... la science montre à présent avec 95% de certitude que depuis le milieu du 20^{ème} siècle l'activité humaine est la cause principale du réchauffement observé. »

La **deuxième partie** reste du ressort des scientifiques. Elle comprend le Résumé Technique (**RT**), la Foire aux questions (**FAQ**) et un glossaire. Dans cette partie, les incertitudes existent :

« D'après les résultats des modèles, on accorde un degré de confiance limité à la prévisibilité des températures en moyenne annuelle et décennale, tant pour la moyenne mondiale que pour certaines zones géographiques. Les résultats multimodèles concernant les précipitations indiquent une prévisibilité généralement faible. Les projections à court terme concernant le climat sont également limitées par l'incertitude des projections quant au forçage naturel ». (RT 6.4)

Selon les politiques c'est 95% de certitude et pour les scientifiques c'est plutôt 95% d'incertitude.

Si la première thèse est largement répandue et considérée comme une vérité démontrée, la deuxième est ignorée alors qu'elle est pourtant essentielle. Je propose donc d'examiner ce que le « **GIEC a dit** » dans cette partie.

Jouons à GIEC a dit !

Sommaire

Les Climats	page 3
• Les climats selon Köppen	
• Le climat selon le GIEC	
Le modèle climatique	page 6
• Modélisation	
• Les 42 modèles	
• Les forçages externes	
• Les 4 « profils »	
Le hiatus	page 16
• Les observations	
• Les causes du hiatus selon le GIEC (encadré RT3).	
• Intervalle des températures projetées	
Synthèse et commentaires	page 21

La règle du jeu « GIEC A DIT »

Le propos est d'exposer les textes méconnus du « Résumé Technique » du 5^{ème} rapport.

Malheureusement ils sont souvent peu lisibles, même parfois abscons. La plupart mériteraient une sérieuse remise en forme. Les auteurs sont multiples et appartiennent à des disciplines scientifiques et à des cultures différentes. Il en résulte un plan décousu, des redondances voire des incohérences

Le résultat est un peu aride mais il était indispensable d'être le plus fidèle possible à la pensée des rédacteurs.

*« Les citations et extraits des rapports sont, comme cet alinéa, en italique, en noir et entre guillemets » J'ai mis en **caractère gras** les mots clés ou les assertions qui me semblent remarquables.*

Mes commentaires sont en bleu. Ce sont :

- des explications, des résumés, des traductions lorsque les citations sont peu compréhensibles sans avoir connaissance du contexte.
- le rappel de quelques concepts que le GIEC suppose être universellement connus. A cette fin, j'ai été contraint d'utiliser d'autres sources que le GIEC.
- quelques rappels des rapports précédents du GIEC
- mes très nombreuses interrogations

Les climats

Les climats selon Köppen

« *Climat* » (glossaire)

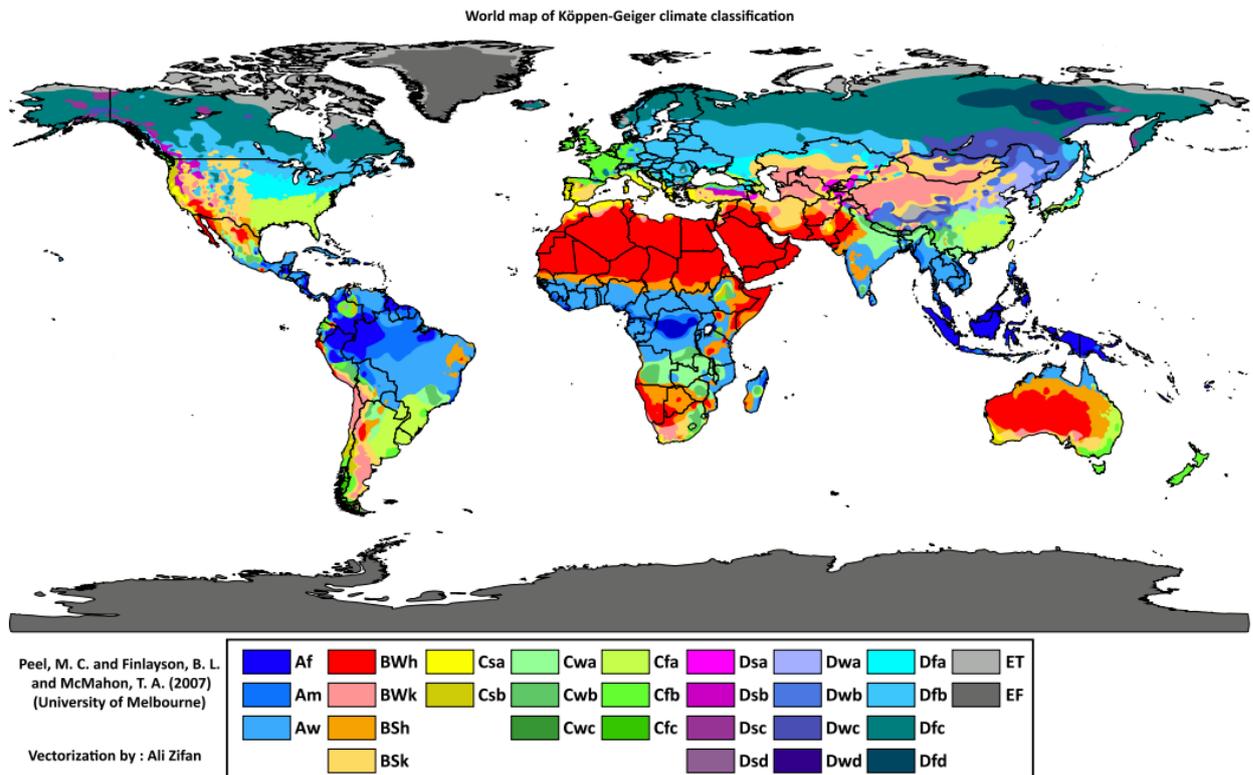
« Au sens étroit du terme, le climat désigne en général le temps moyen ou, plus précisément, se réfère à une description statistique fondée sur les moyennes et la variabilité de grandeurs pertinentes sur des périodes variant de quelques mois à des milliers, voire à des millions d'années (la période type, définie par l'Organisation météorologique mondiale est de 30 ans).

Ces grandeurs sont le plus souvent des variables de surface telles que la température, la hauteur de précipitation et le vent. Dans un sens plus large, le climat désigne l'état du système climatique, y compris sa description statistique. »

La plus courante des classifications du climat est celle de Köppen qui distingue, en première analyse, les climats suivants : tropical, sec, tempéré, continental et polaire.

Quels sont les critères qui caractérisent ces différents climats ? Quelques exemples :

- la température moyenne annuelle
- la température moyenne du mois le plus froid
- la température moyenne du mois le plus chaud
- précipitations annuelles moyennes
- précipitations du mois estival le plus sec
- précipitations du mois hivernal le plus humide
- etc.



Jouons à GIEC a dit !

Comme la carte de la page précédente le montre, il existe de nombreux climats dépendant de nombreux facteurs. L'un des facteurs est la latitude avec une différence entre l'hémisphère nord et l'hémisphère sud du fait de l'inclinaison de l'axe de rotation de la terre. A latitude égale, un autre facteur est l'altitude (exemple : le Tibet et le Maroc sont à la même latitude avec pourtant des climats très différents). Les courants océaniques ont également une influence importante.

Ces climats peuvent évoluer différemment les uns des autres. Il est évident que le climat moyen n'a aucun sens.

L'analyse statistique devrait prendre en compte, au minimum, les moyennes et les dispersions des températures et des précipitations, tant pour l'historique que pour les simulations.

Le 5^{ème} rapport limite son champ d'étude à la température moyenne de la Terre et ignore les précipitations qui sont pourtant fondamentales. A température égale nous pouvons avoir un désert ou une végétation tropicale.

Ce n'est donc pas une étude de l'évolution des climats mais uniquement l'étude de l'évolution d'un indicateur dont l'interprétation est de fait difficile et peu opérationnelle.

Le climat selon le GIEC

Le 5^{ème} rapport privilégie l'étude de la « **Température moyenne à la surface du globe (GMST)** ».

Cet indicateur global est évidemment trop réducteur pour caractériser un climat ! Une température constante peut cacher un basculement nord / sud. Dans une même région, l'Europe par exemple, il peut exister simultanément une partie qui se réchauffe et une autre partie qui refroidit.

Supposons quelques degrés de plus en antarctique, cela change la moyenne mais pas nécessairement les climats de l'hémisphère nord.

Comme la latitude est un paramètre important, un compromis instructif serait déjà d'avoir l'historique et les projections des températures aux deux pôles, à l'équateur, et aux 45^{èmes} parallèles nord et sud.

Les 4 mesures de la température moyenne

Les relevés de températures utilisés dans le 5^{ème} rapport proviennent principalement de 4 institutions.

Deux instituts mesurent les **températures au sol (sur terre et sur mer)** grâce aux stations météorologiques terrestres ou maritimes. Comme les stations sont très inégalement réparties à la surface du globe, des algorithmes permettent de pondérer les différences mesures. Ils peuvent être différents d'un institut à l'autre et varier dans le temps au fur et à mesure de l'évolution du réseau de mesure.

Jouons à GIEC a dit !

Ce sont pour les températures au sol :

Le Goddard Institute de la NASA.

Ces relevés sont baptisés GISTEMP. La période de référence définissant la température origine par rapport à laquelle les écarts sont mesurés est de 30 ans, de janvier 1951 à décembre 1980.

Le CRU du Hadley Center est la principale institution de climatologie au Royaume Uni. Ses relevés sont les HadCRUT4. La période de référence est aussi de 30 ans mais de janvier 1961 à décembre 1990.

Deux autres instituts utilisent les satellites pour mesurer la **température de la basse atmosphère (troposphère)**. Ce sont :

Le CEPMMT (Centre Européen pour le Prévisions Météorologiques à Moyen Terme) Ses relevés sont nommés ERA-Intérim. Ils couvrent la période de 1979 à aujourd'hui.

Le NOAA (National Océanic And Atmosphéric Center) est une agence américaine utilisant les satellites TIROS et GOES.

La période de référence des mesures satellitaires est généralement de 20 ans (janvier 1979 à décembre 1998)

Les températures de la basse atmosphère sont mesurées grâce à des satellites selon la méthode MSU (Microwave Sounding Unit)

Les micro-ondes (fréquences entre 1 et 300 GHz), sont utilisées par les satellites pour mesurer les températures à travers les couches nuageuses. Les satellites ne mesurent pas directement la température, mais les intensités d'émission électromagnétique de l'oxygène atmosphérique pour certaines bandes de fréquence micro-ondes. Les résultats sont ensuite traités selon des algorithmes précis, pour donner finalement des valeurs de température. Car on a montré que l'intensité de ces émissions de l'oxygène dans la bande des micro-ondes était proportionnelle à la température des couches atmosphériques concernées. (Source Cambre)

Ces méthodes ne prétendent pas mesurer la température absolue de la Terre mais des écarts, appelés **anomalies**, par rapport à une période de référence qui est différente d'un institut à l'autre.

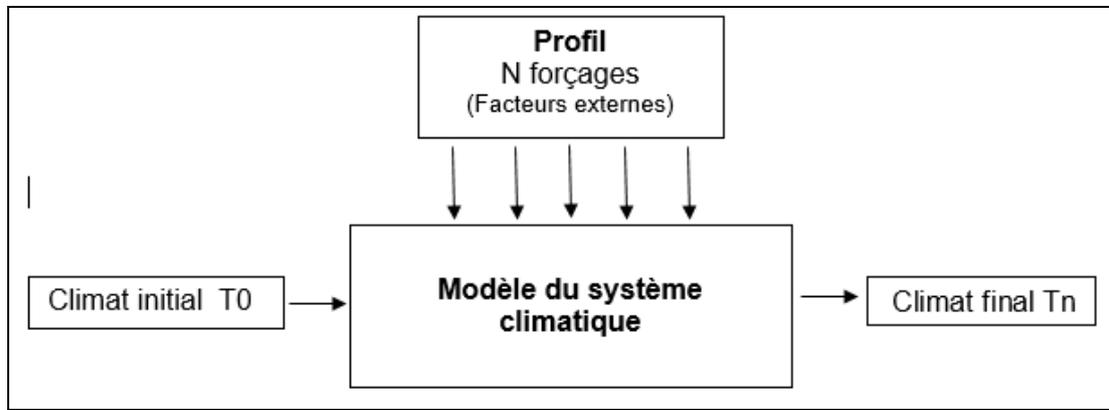
Il n'y a qu'une Terre donc qui n'a qu'une température au sol et qu'une température de la troposphère (de 0 à 15000 m). Deux relevés devraient suffire. Pourquoi utiliser 4 mesures (parmi d'autres). La raison est simple :

Il n'y a pas de consensus pour déterminer une mesure unique « sol » et une mesure unique « troposphère ».

Les modèles climatiques

Modélisation

Le concept de modélisation du climat peut être représenté par le schéma ci-dessous.



Un modèle

« Modèle climatique (spectre ou hiérarchie) » (glossaire)

« Représentation numérique du système climatique fondée sur les propriétés physiques, chimiques et biologiques de ses composantes et leurs processus d'interaction et de rétroaction, et qui tient compte d'une partie de ses propriétés connues.

Le système climatique peut être représenté par des modèles d'une complexité variable: autrement dit, pour une composante ou une combinaison de composantes donnée, on peut définir un spectre ou une hiérarchie de modèles différant par certains aspects tels que le nombre de dimensions spatiales, le degré de représentation explicite des processus physiques, chimiques ou biologiques, ou le degré d'inclusion de paramétrages empiriques.

Les modèles de circulation générale couplés atmosphère-océan (MCGAO) fournissent une représentation d'ensemble du système climatique, qui est une des plus complètes du spectre actuellement disponible.

Une évolution se dessine vers des modèles plus complexes à chimie et biologie interactives. Les modèles climatiques sont des outils de recherche pour l'étude et la simulation du climat, ainsi qu'à des fins opérationnelles, notamment pour les prévisions climatiques mensuelles, saisonnières et interannuelles.

Un modèle est la construction informatique qui permet de simuler le fonctionnement et l'évolution du système climatique. Comme nous pouvons le lire, les climatologues utilisent plusieurs modèles et de nombreux sous-modèles. Il peut exister des variantes pour chaque sous-modèle. L'ensemble est en cours d'évolution.

Le 5^{ème} rapport utilise 42 modèles !

Jouons à GIEC a dit !

Un profil

« *Description vraisemblable de ce que nous réserve l'avenir, fondée sur un ensemble cohérent et intrinsèquement homogène d'hypothèses concernant les principales forces motrices (rythme de l'évolution technologique, prix, etc.) et les relations en jeu.* »

C'est un jeu d'hypothèses sur l'ensemble des facteurs externes influençant l'évolution du climat. Ces facteurs peuvent être naturels (activité solaire, volcanique, paramètres orbitaux, etc.) ou anthropiques (gaz à effet de serre, aérosols, utilisation des surfaces terrestres, etc.)

Le 5^{ème} rapport utilise 4 profils !

Un scénario

L'association **d'un modèle et d'un profil** constitue **un scénario**.

« **Les scénarios ne sont ni des prédictions ni des prévisions**, mais permettent cependant de mieux cerner les conséquences de différentes évolutions ou actions »

L'évolution des variables résultant de l'application d'un scénario est une « projection » et non une prévision.

Les scénarios du 5^{ème} rapport prennent en compte :

- 4 jeux de données pour les observations et les historiques
- 4 profils RCP (4 jeux d'hypothèses de forçages externes)
- 42 modèles du système climatique

Il en résulte 139 projections (certains modèles ne prennent pas en compte tous les profils).

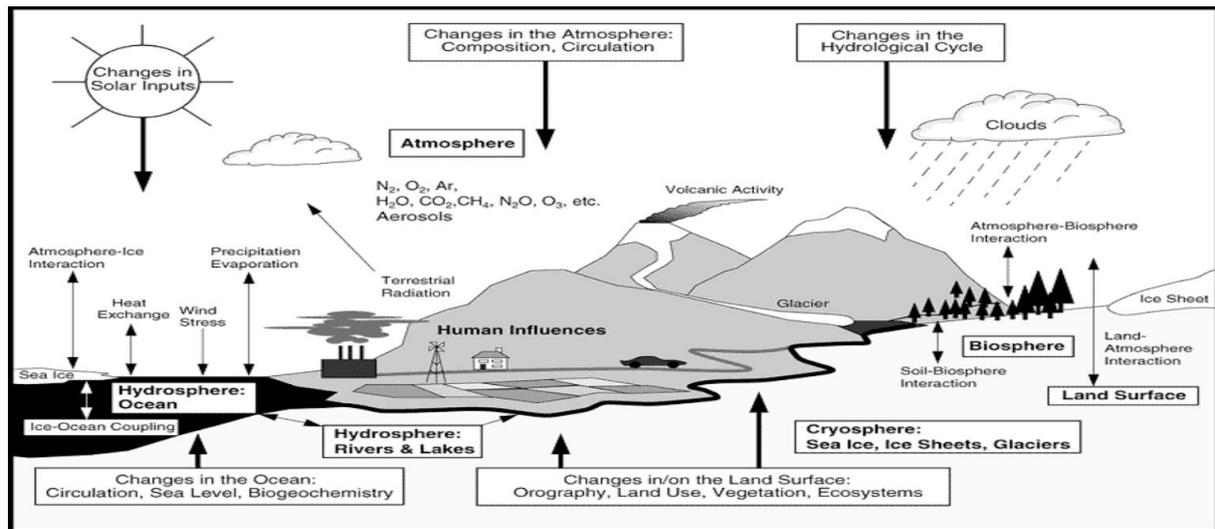
Quelques interrogations ?

Nous avons vu précédemment que la mesure de la température moyenne à la surface du globe n'est pas une science exacte. Il serait intéressant de connaître les écarts entre ces mesures et la précision de chacune ?

Le texte du '*glossaire*' donne quelques raisons qui conduisent à utiliser 42 modèles différents ? La FAQ 12.1 complète ces explications (voir page 8). Comme le système climatique réel de la Terre est unique, quel est le bon ?

Par contre, les forçage externes étant peu ou pas prévisible, il serait normal de faire différents jeux d'hypothèses. Le nombre de facteurs influençant le climat est important. Comment peut-on se contenter de 4 profils d'un seul facteur externe ?

Les 42 modèles



Cette illustration, provenant du 3^{ème} rapport du GIEC montre la grande variété des phénomènes qu'il faut prendre en compte pour construire un modèle du système climatique.

De nombreuses disciplines interviennent : astronomie, géologie, vulcanologie, océanographie, mécanique des fluides, glaciologie, hydrologie, thermodynamique, agronomie, biologie, etc. Personne ne maîtrise l'ensemble de ces disciplines.

Qui peut se dire climatologue ?

Chaque discipline élabore des modèles qu'il faut ensuite assembler dans le modèle global en assurant la cohérence. La complexité est extrême et demande ses puissances de calcul considérables.

La première question est celle du FAQ 12.1.

« FAQ 12.1 Pourquoi utilise-t-on un si grand nombre de modèles et de scénarios pour effectuer des projections concernant le changement climatique »

« Les modèles du climat sont articulés sur les **principes physiques** qui gouvernent notre système climatique, ainsi que sur des **connaissances empiriques**, et représentent les processus interactifs et complexes nécessaires pour simuler le climat et le changement climatique, passés et futurs. »

« S'il est possible de poser les **équations de dynamique des fluides** qui déterminent le comportement de l'atmosphère et de l'océan, il est impossible de les résoudre sans recourir à des **algorithmes** numériques par le biais de **simulations** de modèles mathématiques, tout comme le génie aéronautique repose sur des simulations numériques d'équations similaires. Par ailleurs, ces équations ne permettent pas de décrire un grand nombre de processus physiques, biologiques et chimiques de petite échelle, tels que **les processus nuageux**, soit parce que nous

Jouons à GIEC a dit !

*ne disposons pas de la capacité de calcul permettant de décrire le système avec une résolution suffisamment fine pour simuler directement ces processus, soit parce que **notre connaissance scientifique** des mécanismes qui régissent ces processus **n'est encore que partielle**. On doit donc les approximer en procédant à ce que l'on appelle des paramétrisations au sein des modèles climatiques, qui permettent d'établir une relation mathématique entre les grandeurs simulées directement et les grandeurs approximées, souvent sur la base du comportement observé. »*

Résumons : Dans certains cas, nous connaissons les lois physiques qui régissent les phénomènes (par exemple, les lois de la thermodynamique). Il est donc possible d'établir une modélisation mathématique. Dans d'autres cas nous constatons une corrélation entre un facteur et une variable sans connaître précisément le phénomène physique qui l'explique. Une droite ou une courbe représentative de la corrélation sera empiriquement utilisée dans la modélisation. C'est la paramétrisation.

« Compte tenu des limites des calculs et des observations, il existe plusieurs représentations numériques, solutions et approximations possibles, toutes aussi plausibles pour modéliser le système climatique. Cette diversité est considérée comme un aspect sain du domaine de la modélisation du climat et donne lieu à une série de projections plausibles du changement climatique à l'échelle mondiale et régionale.

*Ce jeu de projections possibles fournit une base permettant de quantifier l'incertitude des projections, mais le nombre relativement restreint des modèles et le fait que la contribution des résultats des modèles aux archives publiques est un acte volontaire signifient que **l'échantillonnage des futurs possibles n'est ni systématique, ni complet.***

Les phénomènes continus relevant de la mécanique des fluides sont simulés grâce à un **maillage** discontinu plus ou moins fin. Plus il est fin, plus le résultat est précis mais plus la capacité de calcul nécessaire est importante. C'est une différence entre les modèles.

La deuxième partie de l'alinéa explique qu'il existe bien d'autres modèles que les 42 modèles sélectionnés

« De plus, certaines lacunes communes à tous les modèles persistent; les différents modèles présentent des avantages et des inconvénients différents et il n'est pas encore évident de déterminer ceux des aspects de la qualité des simulations, susceptibles d'être évalués à l'aide des observations qui devraient guider notre évaluation des simulations futures des modèles. »

Cette dernière remarque est étonnante. Depuis plusieurs dizaines d'années nous connaissons l'historique des facteurs externes et l'historique des températures. Si pour ce passé et un modèle donné, la simulation des températures à partir des facteurs externes connus s'écarte des températures connues, c'est que le modèle est à corriger voire à abandonner ?

Jouons à GIEC a dit !

« On utilise couramment des modèles de complexité variable pour résoudre différents problèmes de projection. Lorsque des simulations longues, pluriséculaires, sont nécessaires ou que l'on recherche des réalisations multiples, il est possible d'utiliser un modèle plus rapide, avec une résolution plus faible ou une description simplifiée de certains processus climatiques. »

Selon les horizons, le facteur dominant diffère, des modèles 'simplifiés' différents peuvent donc être pertinents. C'est surtout vrai lorsqu'un facteur est très dominant. Cela semble être le cas pour l'activité solaire du dernier millénaire.

« Les modèles simplifiés peuvent représenter de manière adéquate des grandeurs moyennes à grande échelle, telles que la température moyenne du globe, mais seuls les modèles complexes permettent de simuler des détails plus fins tels que les précipitations régionales. »

A noter toutefois que ce 5^{ème} rapport ne s'occupe peu des précipitations.

Les forçages externes

Les forçages externes

« Forçage externe » (glossaire)

Se rapporte à un agent de forçage extérieur au système climatique qui provoque un changement dans ce dernier. Les **éruptions volcaniques**, les variations de l'**activité solaire**, les changements anthropiques de la **composition de l'atmosphère** ainsi que les changements **d'affectation des terres** sont des forçages externes. Le **forçage orbital** est également un forçage externe, l'insolation variant en fonction des caractéristiques de l'orbite de la Terre (excentricité, obliquité, précession des équinoxes). »

On peut traduire forçage externe par facteur externe. Certains forçages sont prévisibles, d'autres sont relativement ou totalement imprévisibles. Il est nécessaire de faire des hypothèses sur l'évolution de chacun de ces forçages.

Examinons la prévisibilité de ces facteurs externes :

Activité volcanique

L'activité volcanique est terrestre et sous-marine - Aucune prévision possible.

Activité solaire

Comme le dernier millénaire le montre, les variations de l'activité solaire sont imprévisibles. Les 'orages' solaires sont imprévisibles

A court terme nous constatons un cycle de 11 à 13 ans mais d'intensité variable. C'est donc que très partiellement prévisible.

Les émissions anthropiques

Ce sont les GES anthropiques. Ces émissions ne sont pas mesurées mais calculées. Elles sont partiellement prévisibles à 10/20 ans, complètement imprévisibles à cent ans.

Jouons à GIEC a dit !

Affectation des terres

Elle est prévisible à 10/20 ans, complètement imprévisible à cent ans.

Les facteurs astronomiques

- Excentricité de l'orbite terrestre (périodicité : 100000 et 400000 ans)
- Obliquité de l'axe de rotation (périodicité 41000 ans)
- Précession de l'axe de rotation (périodicité : 22000 ans)
- Position du soleil par rapport au barycentre de la galaxie (périodicité : 60 ans)

C'est donc théoriquement prévisible, mais comme toutes ces périodicités sont approximatives, leur combinaison donne un résultat très imprécis !

Le FAQ1.1 apporte quelques compléments :

*FAQ 1.1 « Une seconde source d'incertitude tient à la diversité des trajectoires que pourraient suivre les taux d'émission de GES et de précurseurs d'aérosols et aux tendances futures en matière **d'utilisation des terres**. Les projections climatiques doivent cependant intégrer ces variables. Pour parvenir à des estimations, les scientifiques recourent à des scénarios différents qui décrivent **la société humaine de demain**, sur le plan de la **démographie**, de **l'évolution économique et technologique** et des **choix politiques**. Ils estiment ensuite les **émissions probables** attachées à **chaque scénario**. Le GIEC aide à formuler les politiques dans la mesure où les projections climatiques associées aux divers scénarios d'émissions montrent les conséquences que différentes mesures pourraient avoir sur le climat. Ces scénarios doivent être compatibles avec l'éventail complet des scénarios d'émissions décrits dans les publications scientifiques, avec ou sans politique relative au climat. De ce fait, ils sont conçus de façon à pouvoir **donner un aperçu de l'incertitude dans les scénarios futurs**. »*

Ce FAQ 1.1 distingue donc :

Les facteurs primaires

- L'évolution démographique
- L'évolution technologique
- Les évolutions socio-économiques

Les facteurs secondaires qui en résultent

- Les émissions de gaz à effet de serre (CO² - NO² - NH₄ – vapeur d'eau – etc.)
- Les émissions d'aérosols (particules et gaz sulfurés) ?
- Les émissions de calories (effet urbain)
- L'utilisation des sols (types d'agriculture – urbanisation – déforestation)

En fait ces différents facteurs sont identifiés et analysés dans le Résumé Technique et dans les FAQ mais sans qu'on sache ce qui est pris en compte dans les scénarios.

Jouons à GIEC a dit !

Le GIEC distingue les facteurs externes naturels et les facteurs externes anthropiques.

Les forçages naturels et anthropiques :

FAQ 12.1 « Le climat à venir est en partie déterminé par l'ampleur des émissions futures de **gaz à effet de serre, d'aérosols** et d'autres éléments de forçage naturels et anthropiques. **Ces forçages sont extérieurs au système climatique**, mais modifient néanmoins son comportement. Le climat futur est façonné par la réponse de la Terre à ces forçages, ainsi que par la variabilité interne inhérente au système climatique. **Les scientifiques s'appuient sur un ensemble d'hypothèses concernant l'ampleur et le rythme des émissions futures pour élaborer des scénarios d'émission différents, sur lesquels sont fondées les projections des modèles climatiques.** »

Dans ce texte, parmi tous les facteurs externes seulement deux sont mis en exergue : les gaz à effet de serre et les aérosols ?

Les profils

Il est donc nécessaire de faire des **hypothèses sur l'évolution future de tous ces forçages externes**. Un jeu d'hypothèses de l'ensemble des forçages est appelé un profil.

Le 5^{ème} rapport utilise 4 profils

Forçages : les 4 profils

Les 4 profils

Encadré RID1 « **Les scénarios utilisés par le Groupe de Travail I sont axés sur les émissions anthropiques et ne prennent pas en compte les évolutions des facteurs naturels tels que le forçage solaire ou volcanique ou les émissions naturelles, par exemple de CH₄ et de N₂O.** »

Ce choix est fondamental car extrêmement réducteur. Il n'est pas expliqué et semble peu justifié. A titre d'exemple : l'optimum romain, l'optimum médiéval et le petit âge glaciaire ne peuvent résulter de l'émission de GES anthropiques. L'hypothèse des variations de l'activité solaire est la plus vraisemblable.

« Pour établir le cinquième Rapport d'évaluation du GIEC, la communauté scientifique a défini un ensemble de quatre nouveaux scénarios, appelés **Profils Représentatifs d'évolution de Concentration (RCP)** (voir glossaire). Ces RCP sont identifiés par leur forçage radiatif total approximatif pour l'année **2100 par rapport à 1750.** »

« La plupart des simulations CMIP5 et simulations réalisées par des modèles de système Terre ont été réalisées avec des concentrations de CO₂ prescrite. »

« En incluant également les concentrations prescrites de CH₄ et de N₂O, on détermine les concentrations en CO₂ équivalent ... »

Jouons à GIEC a dit !

Les 4 profils sont les suivants :

RCP 2,6 Un profil dans lequel le forçage radiatif atteint un pic d'environ 3 W m^{-2} avant **2100**, puis décroît (ECP correspondant base sur des émissions constantes après **2100**);

RCP 4,5 et RCP 6,0 Deux profils de stabilisation intermédiaires, ou le forçage radiatif se stabilise à environ $4,5 \text{ W m}^2$ et $6,0 \text{ W m}^2$ après **2100** (ECP correspondant base sur des émissions constantes après **2150**);

RCP 8,5 Un profil haut, dans lequel le forçage radiatif excède $8,5 \text{ W m}^2$ en 2100 et continue de croître pendant un certain temps encore (ECP correspondant base sur des émissions constantes après **2100** et des concentrations constantes après **2250**).

Ces profils sont résumés dans de tableau suivant. Il donne les hypothèses pour les concentrations de CO₂ en 2100.

RCP		RCP2,6	RCP4,5	RCP6,0	RCP8,5
Forçage radiatif	Wm ²	2,6	4,5	6,0	8,5
Concentration de CO2	ppm	421	538	670	936
Concentration de CO2 ++	ppm	475	630	800	1313
Forçage radiatif	Forçage radiatif total approximatif pour l'année 2100 par rapport à 1750				
Concentration de CO2++	Concentration en CO2 équivalent en incluant le CH4 et N2O				

Commentaires et compléments

De 1750 à 2100 (voire 2250) !

Prendre pour référence l'année 1750 est très étrange. A cette date, nous sortions à peine du « petit âge glaciaire » résultant d'un minimum de l'activité solaire (Minimum de Maunder). Nous ne savions pas que l'antarctique existait. Les mesures de la température terrestre globale n'ont commencé qu'en 1950. Les mesures satellitaires n'ont commencé qu'en 1979 !

Comme nous allons le voir plus loin, le GIEC n'a pas été en mesure de faire des projections réalistes pour la période 1998 / 2012. Faire des hypothèses pour 2100 et à fortiori pour 2250 paraît franchement surréaliste !

De 421 ppm à 936 ppm de CO₂

L'amalgame ?

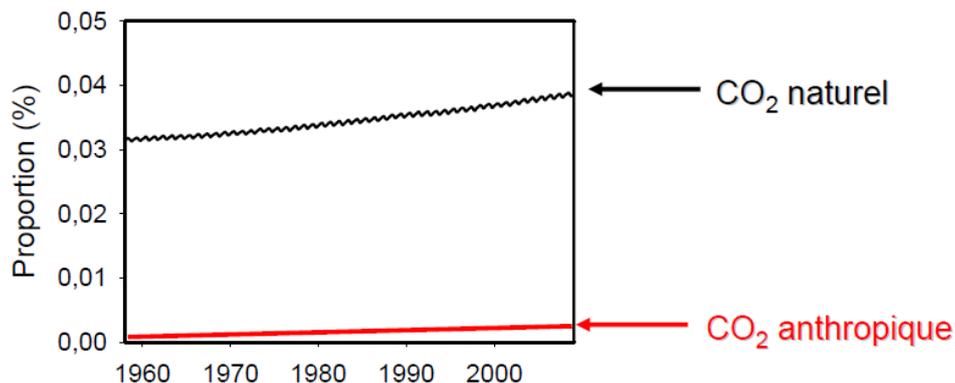
La concentration de CO₂ indiquée est clairement le taux total : naturel + anthropique. Aucune information n'est donnée pour la répartition naturel / anthropique, ni pour l'historique, ni pour les profils. C'est pourtant, méthodologiquement, absolument nécessaire. La part anthropique est un bien facteur externe. Par contre la part

Jouons à GIEC a dit !

naturelle résulte d'autres facteurs externes non identifiés dans le rapport et pour lesquels les hypothèses ne sont pas précisées.

L'historique

En l'absence d'information provenant du GIEC sur cette répartition, il faut bien explorer d'autres sources. Le CO₂ naturel et le CO₂ anthropique, d'origine fossile, sont des isotopes différents. Les mesures faites par l'Observatoire de Mauna Loa permettent donc de connaître la répartition naturel / anthropique : voir le graphique ci-dessous datant de 2010. (Présentation de François GERVAIS du 18/03/2010)



En 2010 la concentration globale de CO₂ dans l'atmosphère était d'environ 400 ppm soit 0.04% dont environ 20 ppm de CO₂ anthropique soit 0.002%. (Les ppm sont des 'parties par million'). Le graphique montre clairement que la croissance de 1960 à 2010 est essentiellement naturelle.

A titre indicatif, la concentration de la vapeur d'eau, autre GES primordial, peut aller de 1 à 5%, soit jusqu'à 100 fois plus !

Les profils futurs

Le taux de CO₂ en 2100 est de 421 ppm pour le profil RCP 2.6 et de 936 ppm pour le profil RCP 8.5 soit une différence de 515 ppm. Un doublement ou un triplement des émissions anthropiques ne peuvent expliquer cette différence. Il y a donc une hypothèse implicite d'augmentation du CO₂ naturel dont on ne connaît ni la valeur, ni l'origine ?

Forçage radiatif

En fait les concentrations en ppm ne sont qu'indicatives. L'hypothèse est le forçage radiatif dont le RCP porte le nom. Ce n'est pas un facteur externe. Il devrait être le résultat d'un calcul, d'un bilan énergétique et thermique à partir des facteurs externes. Le prendre pour hypothèse revient quasiment à prendre l'élévation de température pour hypothèse ?

Choix des hypothèses

Comme nous l'avons vu précédemment la plupart des facteurs externes sont peu ou pas prévisibles notamment à 100 ans. Chacun est donc libre de faire les hypothèses qui lui plaisent pour chaque facteur externe y compris pour les concentrations de GES en 2100. Toutefois il serait préférable d'indiquer les arguments qui les soutiennent.

Jouons à GIEC a dit !

Par contre il n'est pas admissible de présenter les projections qui en résultent comme les « *prévisions des scientifiques* »

Aucun profil n'est envisagé pour les variations de l'activité solaire ?

Le FAQ 5.1 aborde le sujet. Citons l'introduction et la conclusion de ce FAQ :

*Introduction : « L'éclairement énergétique solaire total (TSI, chapitre 8) est la quantité totale d'énergie du Soleil qui parvient à la limite supérieure de l'atmosphère. Il varie selon une large gamme d'échelles temporelles, qui va de milliards d'années à quelques jours seulement, quoique les changements soient plutôt faibles depuis 140 ans. **Les modifications de l'éclairement énergétique solaire jouent un grand rôle dans la variabilité du climat** (chapitre 1; figure 1.1), comme les émissions volcaniques et les facteurs anthropiques. »*

*Conclusion : « **En dépit des incertitudes touchant l'activité solaire à venir, on estime avec un degré de confiance élevé que les effets de l'activité solaire, dans la plage des grands maxima et minima, seront beaucoup plus réduits que les changements imputables aux effets anthropiques.** »*

L'évolution de l'activité solaire a joué un grand rôle dans le passé mais ce ne sera pas le cas dans le futur ? Comprenez qui pourra !

Le Hiatus

Les observations

Le terme « Hiatus » est celui utilisé par le GIEC pour caractériser l'écart entre les observations des températures et les projections des modèles. Examinons ce que dit l'encadré RT. 3

Encadré RT.3 - Les modèles climatiques et le hiatus du réchauffement moyen à la surface du globe sur les 15 dernières années

« **La température moyenne à la surface du globe (GMST) observée a affiché une tendance linéaire haussière bien moins marquée sur les 15 dernières années qu'au cours des 30 à 60 dernières années.** »

« À titre d'exemple, avec le HadCRUT4, la tendance s'établit à **0,04 °C par décennie entre 1998 et 2012, contre 0,11 °C par décennie entre 1951 et 2012**. La diminution de la tendance est plus marquée pendant l'hiver de l'hémisphère Nord. »

« 111 des 114 réalisations montrent une tendance GMST entre 1 998 et 2012 supérieure à l'ensemble de la tendance de l'ensemble HadCRUT4 ; **la tendance moyenne de l'ensemble CMIP5 est de 0,21 °C par décennie.** »

Pour résumer : la tendance 1998-2012 est 3 fois inférieure à la tendance 1951-2012 et 5 fois inférieure à la moyenne des projections

0.04°C par décennie, c'est 0.4° par siècle et non 2 à 5°C.

Notons aussi que l'augmentation décennale est mesurée en centième de degré ! C'est à comparer, sous nos climats tempérés à des écarts entre le jour et la nuit de 10°, entre les moyennes de l'été et de l'hiver plus de 10°. Les extrêmes peuvent aller de 40° à -20° soit un écart de 60°.

Figure RT.14

Ce graphique (voir page suivante) reprend les 4 jeux de données pour les observations, les 4 profils RCP pour les forçages et les 42 modèles d'où résultent 139 projections.

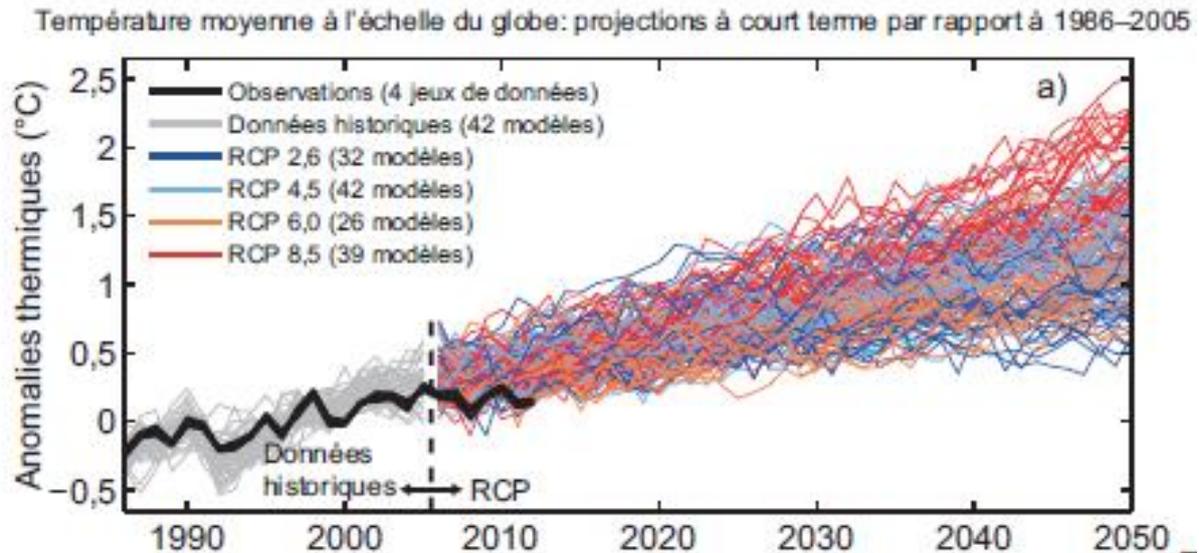
L'encadré RT.3 ci-dessus distingue 3 périodes :

- 1951-1998 : période couverte par les rapports précédents
- 1998-2012 : nouvelle période avec des observations du réel
- 2013-2100 ? : période des projections hypothétiques

La figure RT.14 ci-après prend en compte des périodes différentes (?)

- 1956 – 2006 pour l'historique
- 2006-2012 appelée « période de référence » ;
- 2012-2035 dans la légende et 2012-2050 sur le graphique pour les projections

Jouons à GIEC a dit !



Les projections, de 1998 à 2012 sont, en grande majorité, supérieures aux observations !

Analyse de la figure RT 14

Nous pouvons regretter la mauvaise qualité du graphique. De plus, mettre sur le même graphique 4 mesures des températures, 4 hypothèses pour les facteurs externes pour 42 modèles rend toute interprétation difficile. La seule chose qui est démontrée est que l'essentiel des projections sont erronées

Sol ou troposphère

Que ce soit pour les observations ou les projections, mélanger ces 2 niveaux de température n'a aucun sens. Nous aurions pu espérer un graphique pour les températures au sol et un autre graphique pour les températures dans la troposphère

4 profils RCP de forçages

Mélanger les projections des 4 profils (définissant 4 hypothèses) n'a aucun sens. Il faut donc un graphique par profil. Il manque une analyse du réel afin de déterminer quel a été le profil le plus pertinent sur la période 1998-2012. C'est certainement l'hypothèse basse du profil RCP 2.6 ?

Validation des 42 modèles

Pour la période analysée dans le RT.3, le profil réel est connu. Il peut correspondre à l'un des 4 profils RCP. Dans ce cas les projections de ce seul profil permettraient de valider le/les modèles les plus réalistes parmi les 42 modèles.

Si le profil réel ne correspond à aucun des 4 profils RCP, il serait logique de refaire les projection sur les 42 modèles avec ce seul profil réel. Cela permettrait de comprendre ce qui différencie les modèles donnant une projection proche du réel et les modèles dont la projection s'éloigne du réel.

Jouons à GIEC a dit !

Réinitialisation ?

Pour la période 2012-2050, les projections devraient être mises à jour à partir du réel en 2012, en prenant le profil réaliste et à partir des modèles sélectionnés. Le nuage qui nous est présenté n'a strictement aucun intérêt !

A noter qu'aucune typologie des 42 modèles n'est donnée. Aucune information n'est donnée sur les modifications concrètes envisagées sur ces modèles.

Les causes du hiatus selon le GIEC

Le chapitre RT.3 donne une analyse assez complète des causes du hiatus :

RT.3 « Ce hiatus dans l'évolution de la GMST au cours des 15 dernières années soulève toutefois deux questions connexes: quelle en a été la cause et les modèles climatiques sont-ils en mesure de le reproduire ? »

« Cette différence entre les tendances simulées et observées pourrait être causée par une combinaison des facteurs suivants:

- a) variabilité interne du climat,*
- b) absence ou inexactitude du forçage radiatif*
- c) erreur de la réponse des modèles. »*

Passons aux commentaires relatifs à ces facteurs mais dans l'ordre des chapitres précédents soit Modèle / Facteurs externes / Initialisation / Variabilité interne du climat.

Erreur dans la réponse des modèles :

Les réponses moyennes des gaz à effet de serre

*« Les disparités entre les tendances simulées et observées de la température moyenne à la surface du globe entre 1998 et 2012 pourraient en partie s'expliquer par la tendance de certains modèles CMIP5 à simuler un réchauffement plus marqué en réponse à des augmentations de la concentration de gaz à effet de serre que ne le confirme les observations.ce qui indique que les **réponses moyennes des gaz à effet de serre et autres réponses anthropiques par modèle devraient être réduites à la baisse pour mieux correspondre aux observations.** »*

Aucune trace de cette surestimation de l'effet de serre dans le RID !

*« Par voie de conséquence, les projections à court terme de l'augmentation de la température moyenne à la surface du globe devraient être revues à la baisse d'environ 10 %. **Cette révision à la baisse ne suffit cependant pas à expliquer la surestimation de l'évolution moyenne de la température moyenne à la surface du globe obtenue par modèle sur la période de hiatus.** »*

Jouons à GIEC a dit !

« Autre source possible d'erreur de modèles: **la piètre représentation de la vapeur d'eau dans la haute atmosphère**. Il a été suggéré qu'une diminution de la vapeur d'eau dans la stratosphère après l'an 2000 avait entraîné une réduction du rayonnement descendant de grande longueur d'onde et ainsi contribué au refroidissement en surface, lequel pourrait avoir échappé aux modèles. »

La vapeur d'eau qui est de loin le premier gaz à effet de serre n'est pas incluse dans la dénomination GES du GIEC !

« Après 1998, toutefois certains facteurs contribuant au ralentissement du forçage radiatif effectif sont absents des modèles CMIP5, comme l'augmentation de la teneur en **aérosols dans la stratosphère** après 2000 et **le minimum solaire inhabituellement bas de 2009**. »

Résumons : Les erreurs possibles sont une surestimation de l'effet « positif » des GES notamment anthropiques, l'indétermination de l'effet de la vapeur d'eau, une sous-estimation de l'effet « négatif » des aérosols et du minimum solaire.

Forçage radiatif effectif :

« Dans le cinquième Rapport d'évaluation, l'estimation la plus probable de l'évolution du forçage radiatif effectif entre **1998 et 2011 est de 0,22** [0,10 à 0,34] W m² par décennie (plage d'incertitude de 90 %), soit un chiffre considérablement inférieur à celui de la tendance relative à **la période 1984-1998, 0,32** [0,22 à 0,42] Wm² par décennie. »

« Le **fléchissement** de l'estimation la plus probable (cinquième Rapport d'évaluation) de la tendance du forçage radiatif effectif entre 1998 et 2011 comparée aux périodes 1984-1998 et 1951-2011 est **essentiellement dû à un recul des forçages naturels**, »

« **Le forçage solaire** est passé d'un maximum relatif en 2000 à un minimum relatif en 2009, avec une différence entre valeurs extrêmes d'environ 0,15 W m², et une évolution linéaire entre 1998 et 2011 d'environ -0,10 W m² par décennie ».

« À noter qu'une **éruption volcanique importante** a eu lieu en 1982..... En outre, **une série de petites éruptions volcaniques** a entraîné une augmentation de la teneur observée en aérosols de la stratosphère après 2000 »

L'étude des forçages naturels devrait être prioritaire car, historiquement, sur le dernier millénaire, ils ont été fondamentaux. Les forçages anthropiques sont récents et ces commentaires montrent qu'il n'est pas prouvé qu'ils soient prépondérants.

Ces commentaires montrent aussi la nécessité d'étudier la réaction des modèles à différentes hypothèses pour ces facteurs externes fondamentaux.

Variabilité interne du climat :

« Les périodes de hiatus de 10 à 15 ans peuvent être la manifestation de la **variabilité décennale interne du climat**, laquelle renforce dans certains cas les modifications à long terme dues à un forçage externe et les contrebalancent dans d'autres »

Jouons à GIEC a dit !

« ...une partie de la réduction de la GMSTpourrait résulter de la correction d'une erreur du modèle due à un forçage passé inexact ou à une réponse incorrecte du modèle au forçage passé notamment dans l'océan. L'ampleur relative de ces effets est actuellement inconnue »

« Toutefois le système climatique y compris l'océan à des profondeurs supérieures à 700 m, a très probablement continué d'accumuler de l'énergie pendant la période 1998-2010. Dans le droit fil de cette accumulation d'énergie le niveau moyen de la mer à l'échelle du globe a continué d'augmenter entre 1998 et 2012, à un rythme très légèrement inférieur ; non significatif par rapport à la période 1993-2012. La concordance entre la teneur en chaleur observée et l'évolution du niveau de la mer permet d'évaluer avec un degré de confiance élevé qu'il y a eu accumulation soutenue d'énergie par les océans, elle-même compatible avec le déséquilibre radiatif positif du système climatique. »

« La température moyenne à la surface du globe a été influencée par un épisode El Nino de très forte intensité en 1998 »

Les évolutions océaniques restent mal connues et peu prévisibles. Un réseau de 3000 balises ARGO, a été déployé depuis 2002 sur tous les océans du monde. Ce réseau doit contribuer à mieux comprendre les phénomènes mentionnés. Chaque balise plonge régulièrement à 2000 mètres de profondeur et enregistre la température mais aussi la salinité.

Variabilité interne ?

En fait, ce qui est appelé variabilité interne est, le plus souvent, ce qui n'est pas compris. Ce sont par exemple :

- des mécanismes dont la théorie est incertaine, ou dont les effets sont mal modélisés ou non pris en compte dans les modèles actuels.
- des états initiaux mal connus et des historiques incertains ou absents
- des retards des effets par rapports aux causes qui peuvent rendre instable l'autorégulation du climat

Comment dans ces conditions peut-on déterminer que la surestimation des GES est de 10% plutôt que 5% ou que 20 % ?

Synthèse et commentaires

Le hiatus

Comment peut-on prétendre que « *la science* » permet de prévoir le réchauffement climatique « *avec 95% de certitude* »,

- alors que le Résumé technique du même document montre que « 95 % » des projections sont supérieures à l'évolution réelle de la température sur la période 1998 – 2012.
- alors que la moyenne des projections est 5 fois supérieure au réel et que certaines projections sont presque 10 fois supérieures.

Ce grand-écart est désigné par le terme **hiatus**. Le terme est correct en français mais reste un euphémisme. **La faille** aurait été un terme plus pertinent !

Les modèles

Une projection est le produit d'un modèle et d'un jeu d'hypothèses sur les facteurs externes. Le 5^{ème} Rapport a sélectionné 42 modèles parmi bien d'autres. Les raisons de cette diversité sont nombreuses. Elles sont largement et honnêtement expliquées dans le Résumé Technique.

L'absence des tests de validation des modèles est évidemment très regrettable. Pour la période 1998-2012, nous connaissons les conditions initiales et nous connaissons l'évolution des facteurs externes. L'utilisation de ces données réelles sur chacun des 42 modèles pourrait permettre d'apprécier la pertinence de chaque modèle ! (voir page 16). On peut toutefois objecter, à juste titre, qu'il est peu probable qu'un modèle construit pendant une période de réchauffement soit capable de prédire le prochain refroidissement.

Comme il n'y a qu'une terre, 42 modèles c'est encore 41 de trop ?

Les facteurs externes

Le Résumé Technique explore l'ensemble des nombreux facteurs externes, naturels et anthropiques qu'il faut prendre en compte. Pour faire une projection il faut faire l'hypothèse d'un profil d'évolution de tous ces facteurs pour la période considérée.

Malheureusement les profils indiqués ne considèrent que les Gaz à Effet de Serre (GES) mais en éliminant la vapeur d'eau qui est pourtant de très loin le premier GES. Les données fournies pour les autres GES mélangent les GES naturels et les GES anthropiques donc des facteurs internes et des facteurs externes. La figure RT.14 laisse penser que l'hypothèse basse (RCP 2.6) est proche du réel et que les 3 autres sont irréalistes.

Il y a nécessairement des hypothèses implicites pour tous les autres facteurs externes dont on ne sait rien ! La plupart des facteurs externes sont peu prévisibles à 10/20 ans et parfaitement imprévisibles à 100 ans donc même avec un modèle parfait, le climat reste et restera imprévisible à moyen et long terme.

Il est donc légitime de faire des hypothèses. Par contre il est franchement anormal de présenter les **projections** qui en résultent comme des « **prévisions scientifiques** ».

Jouons à GIEC a dit !

L'activité humaine

Il est répété ad nauseam que l'homme est largement responsable du réchauffement climatique et que les émissions anthropiques des CO₂ en sont la cause principale.

La croissance démographique, l'amélioration du niveau de vie, l'utilisation des sols, les émissions de GES, d'aérosols ou de calories ont certainement un effet. Il serait ridicule de le nier. L'effet urbain est un exemple évident : plusieurs degrés de différence entre le centre des grandes agglomérations et leur environnement. Il est pourtant complètement ignoré du GIEC ?

De là à déclarer que les activités humaines seraient responsables de l'essentiel du léger réchauffement actuel. Il y a un pas qu'il est impossible de franchir. Surtout lorsqu'on prétend que le CO₂ anthropique, 5% du CO₂ atmosphérique, serait la cause de tout !

Le RT confirme que l'analyse causale d'un système aussi complexe est forcément extrêmement difficile et risquée. La modélisation climatique n'en est qu'aux balbutiements. La distinction des effets naturels et des effets anthropiques est impossible à ce stade.

Climat versus température moyenne

Le 5^{ème} rapport WG1 n'est pas une étude des climats mais uniquement une étude de la température moyenne à la surface du globe terrestre (GMST) ou dans la basse stratosphère. Pour des raisons non expliquées, les précipitations sont ignorées par le GIEC, tant pour les observations que pour les projections. Elles sont pourtant étudiées par les scientifiques.

« GIEC a dit » !

Il est fort vraisemblable que la plupart des hommes politiques et des journalistes qui nous parlent chaque jour du réchauffement climatique n'aient jamais lu ce 5^{ème} Rapport au-delà du Résumé à l'intention des Décideurs (RID) ? Ils ignorent manifestement le Résumé Technique (RT) et la Foire Aux Questions (FAQ). Ils ne peuvent donc pas connaître le hiatus et les très nombreuses incertitudes des scientifiques.

Que l'on soit climato-urgentiste ou climato-fataliste, chacun peut trouver son bonheur dans ce rapport. Un auteur pourra, à juste titre, indiquer que toutes les données utilisées proviennent du GIEC. Un autre auteur pourra tout aussi légitimement faire de même pour défendre la thèse contraire ! L'un citera le RID, l'autre citera le RT et les FAQ.

En fait, l'un citera un manifeste politique, l'autre citera une analyse de l'état de la jeune science climatique.