

# Réchauffement Climatique : Les nouvelles simulations françaises

*Gérard Schumacher  
Astrophysicien  
Directeur de recherche CNRS*

Depuis mon dernier article intitulé « Réchauffement Climatique : nouvelles fraîches » (voir : <https://pactefinanceclimat83.blogspot.com/>), des nouvelles encore plus fraîches, et très importantes, ont été publiées.

Le 17 septembre 2019, le consortium CLIMERI-France (Infrastructure nationale de Modélisation du Système Climatique de la Terre), qui regroupe des chercheurs et ingénieurs du CNRS, du CEA et de Météo France, a organisé une conférence de presse pour exposer les derniers résultats de leurs simulations sur le climat. La vidéo de la conférence de presse est visible ici :

<https://youtu.be/JqF2P964CgQ>

Le document correspondant, en version pdf, est également disponible sur :

[https://climeri-france.fr/wp-content/uploads/2019/09/DP\\_confpresse\\_CMIP6.pdf](https://climeri-france.fr/wp-content/uploads/2019/09/DP_confpresse_CMIP6.pdf)

Il existe une trentaine de modèles climatiques dans le monde. Les laboratoires français sont à la pointe de la recherche dans ce domaine avec deux modèles, qui ont bénéficié de la plus grosse puissance de calcul jamais affectée à un programme de simulations numériques sur le climat. Le modèle de l'Institut Pierre-Simon Laplace (IPSL) a été élaboré par des chercheurs provenant de neuf laboratoires du CNRS et du CEA de la région parisienne, et il bénéficie de l'expertise et de la puissance de travail de près d'un millier de personnes. Le modèle du Centre National de Recherche Météorologiques (CNRM) provient de l'interaction entre Météo France et le CNRS, avec l'aide du CERFACS (Centre Européen de Calcul Scientifique Intensif) à Toulouse. Les simulations provenant de ces deux modèles donnent des résultats presque identiques, ce qui renforce beaucoup leur crédibilité.

Depuis vingt ans, le PMRC (Programme Mondial de Recherches sur le Climat) a créé le programme d'inter-comparaison des modèles du climat (CMIP) qui organise le partage des résultats entre les 20 centres de modélisation du climat de la planète. Actuellement c'est la sixième version qui est en cours (CMIP6) et ses résultats seront pris en compte pour le sixième rapport du GIEC qui doit paraître en 2021.

## Paramétrage des simulations

L'énorme puissance de calcul (20 millions de milliards d'octets traités en 560 millions d'heures de supercalculateurs) a permis aux chercheurs français d'augmenter la résolution des simulations à l'échelle du globe par un facteur 4,5 par rapport à ce qui avait été fait jusqu'à présent. Les modèles eux-mêmes sont le fruit de plus de quatre années de travail afin d'améliorer la prise en compte des phénomènes physiques.

Les modèles ont été validés en reproduisant le climat dans le passé, jusqu'au début de l'ère industrielle, vers 1850, et la concordance avec les mesures existantes est excellente. On peut aussi noter qu'aucune simulation ne permet d'aboutir à l'élévation de température de 1° observée aujourd'hui, sans

tenir compte des concentrations de gaz à effet de serre et d'aérosols dus aux activités humaines, ce qui disqualifie complètement les arguments climato-sceptiques. Les nouvelles simulations ont également montré une bonne adéquation aux variations thermiques observées, en remontant jusqu'au Pliocène il y a trois millions d'années.

Pour comprendre ce qui suit, il faut placer le problème dans son contexte. Actuellement il y a dans le monde une vingtaine d'organismes, groupant souvent plusieurs centres de recherche, et travaillant sur 31 modèles. Il n'est pas sûr que, dans l'histoire, autant de cerveaux aient été impliqués aussi rapidement dans la résolution d'un problème. Devant l'urgence de la situation, tous ces organismes ont décidé de confronter leurs modèles au sein d'un programme d'inter-comparaison appelé CMIP, afin de mieux les comprendre, et de déceler les biais éventuels pour mieux les corriger. C'est sans doute la première fois que l'on procède ainsi, et c'est ce qui a permis d'aboutir à des simulations de plus en plus robustes.

La problématique du climat est difficile sachant qu'interviennent de nombreux paramètres, et surtout parce que l'on ne peut pas faire d'expériences sur un système aussi vaste en masse et en volume. On ne peut qu'observer le passé et faire des simulations numériques pour le futur. Pour ce faire, en physique, on construit une théorie à partir de laquelle on écrit l'équation du système, puis on fait varier un paramètre pour voir comment évolue le phénomène.

Dans le cas du climat, pour étudier l'effet des activités humaines sur l'évolution de la température globale de la planète, il ne suffit pas de faire varier un paramètre. Il faut essayer de prédire les variations du « forçage radiatif », c'est à dire l'augmentation d'énergie fournie à la terre en tenant compte des variations de l'activité solaire, de l'orbite de la terre et surtout des émissions des gaz à effets de serre et des aérosols. Ces deux derniers points ne sont pas des paramètres physiques mais socio-économiques. Ils dépendent l'évolution de la démographie, de la technologie, de la consommation d'énergie, de la modification de l'albédo terrestre due à la déforestation, du développement économique de chaque pays de leurs interactions politiques etc.... La communauté des sciences économiques, sociales et politiques a donc construit un modèle spécifique aux scénarios, dont les résultats ont été intégrés dans le modèle global du climat. Tout cela est très complexe. Le CMIP a été créé pour rassembler, codifier et distribuer les données entre les laboratoires. Nous en sommes à la sixième version (CMIP6).

## Résultats

La figure suivante représente les résultats des simulations du consortium français.

### Codification CMIP6 des scénarios :

Beaucoup de paramètres interviennent là aussi dans la constitution d'un scénario. Voici une explication simplifiée de la signification de chaque scénario :

SSP1 1.9 correspond au maintien de la température globale en dessous de 1,5° comme étudié par le GIEC. Il n'est même pas représenté sur ce diagramme, parce qu'il n'est plus possible de l'atteindre.

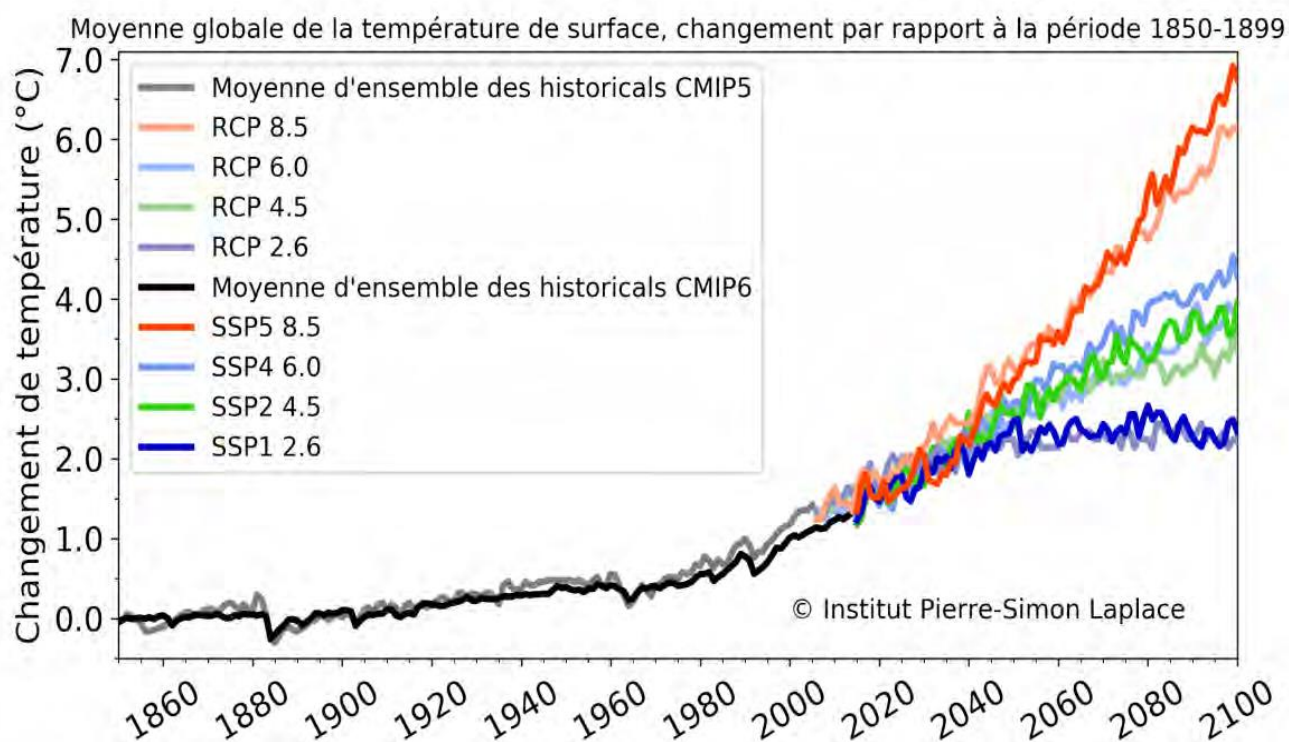
SSP1 2.6 correspond à une diminution progressive de l'émission de CO<sub>2</sub> dès 2020, pour aboutir à « Zéro carbone » en 2080, ce qui est conforme aux accords de Paris (COP 21).

SSP2 4.5 correspond à un maximum des émissions en 2050, avec une diminution progressive pour revenir à la situation d'aujourd'hui en 2085.

SSP5 8.5 correspond à la situation où on ne fait rien pour réduire l'utilisation des énergies fossiles. C'est ce que nous faisons aujourd'hui. Il correspond à une multiplication par un facteur 6 des émissions de CO<sub>2</sub> en 2080. C'est le pire scénario.

Sur le diagramme on peut constater que :

- dans le scénario SSP5 8.5 le réchauffement est encore plus sévère de 1° que dans les simulations de l'exercice précédent (CMIP5 en 2014) puisqu'on atteindrait une température de 7° au-dessus de la température de référence de 1850.
- dans le meilleur des cas (SSP1 2.6) on n'échappera pas à un réchauffement de quelques 2,6° qui se stabiliserait vers la fin du siècle, et mettrait ensuite des milliers d'années pour redescendre aux températures actuelles. Mais il semble difficile que l'on puisse atteindre cet objectif (accords de Paris) tellement le monde est déjà engagé dans des processus de consommation énergétique et de dévastation de la planète.
- Le scénario SSP2 4.5 est celui que l'on pourrait espérer atteindre s'il y avait une réaction rapide des dirigeants au niveau mondial pour mettre en place des projets ambitieux de réduction des émissions de GES, ainsi qu'au niveau de chaque individu, ce qui suppose un changement radical du mode de vie. On atteindrait quand même dans ce cas une augmentation de température globale de quelques 3,5° ce qui aurait de très graves conséquences pour l'écosystème, dont nous faisons partie.



## Conséquences

Le rôle des chercheurs regroupés au sein du pôle CLIMERI est de déterminer de la façon la plus précise et robuste possible les mécanismes globaux du système climatique, et à l'aide des simulations d'estimer la variation des paramètres physiques dans le futur. Au cours de la conférence de presse les trois orateurs ont tout de même évoqué quelques conséquences pratiques dues aux changements qui nous attendent :

- L'augmentation des températures sera plus marquée aux pôles qu'au niveau de l'équateur et des tropiques.
- Les canicules seront plus fortes et plus fréquentes.
- La sécheresse et les zones arides s'étendront, y compris autour de la Méditerranée, ce qui provoquera, entre autres, de plus en plus de feux de forêts. L'agriculture sera sévèrement impactée par cette sécheresse.
- Les précipitations intenses de courte durée seront plus fréquentes, y compris autour de la Méditerranée (elles n'arriveront pas à atténuer la sécheresse).
- Le niveau de la mer continuera à monter pendant très longtemps à cause surtout de la dilatation des océans.
- La surface de la banquise diminuera de plus en plus vite et la calotte glaciaire arctique disparaîtra irrémédiablement.
- Les cyclones seront plus intenses

## Conclusions

La température moyenne de la planète à la fin du siècle dépend fortement des politiques climatiques qui seront mises en œuvre dès maintenant, et ce tout au long du 21<sup>e</sup> siècle.

L'objectif des chercheurs est de réduire encore le maillage spatial de la planète pour accéder à des simulations à caractère plus régional. Mais pour cela, il ne suffit pas d'un simple zoom sur une région donnée, parce que l'état de l'atmosphère de la planète entière influence les conditions climatiques de chaque région. Il faut donc conserver le modèle global, mais augmenter sa finesse. Des recherches sont en cours dans ce but, et des simulations à haute résolution ont été faites sur des zones plus réduites comme l'Europe ou l'Océan Indien pour limiter le temps de calcul. Et quelle ne fut pas la surprise des chercheurs de voir apparaître dans leurs simulations un cyclone qui a bien eu lieu en 2012, et qui est passé au Sud de la Réunion. Ce cyclone a été mis en évidence par la simulation malgré la petite taille et la brièveté du phénomène à l'échelle du climat. Ceci démontre toute la puissance du processus de modélisation des équipes françaises, qui est récompensée par cet événement.

Mais la Terre ne s'arrêtera pas de tourner en 2100, et d'autres simulations montrent que si l'on ne fait rien, en 2300 l'augmentation de température pourrait atteindre une douzaine de degrés, même si nous avons disparu bien avant.