



CAUSES & ENJEUX DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Ce document contient la transcription textuelle d'une vidéo du MOOC « Causes et enjeux du changement climatique ». Ce n'est donc pas un cours écrit au sens propre du terme ; le choix des mots, l'articulation des idées et l'absence de chapitrage sont propres aux interventions orales des auteurs.

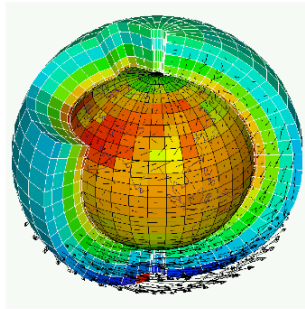
La simulation du climat à l'échelle humaine

Robert VAUTARD

Directeur de recherche – CNRS

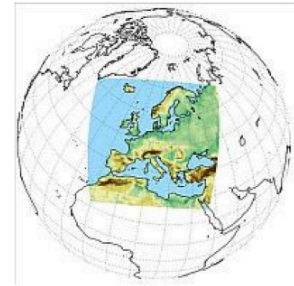
Le climat change et il devrait continuer à changer dans les décennies à venir. Or, pour bien comprendre les effets du changement climatique sur notre vie quotidienne, on a besoin de simuler les variables du climat à toute petite échelle. Dans cet exposé, je vais essayer de vous expliquer quelles sont les techniques pour y arriver.

- Alors, le premier problème que nous avons est que les modèles de simulation du climat sont des modèles qui tentent de simuler le climat à l'échelle du globe, avec l'atmosphère, l'océan, les surfaces terrestres et qui essaient surtout de bien simuler l'énergétique du système climatique.
- Mais pour cela, il a besoin de simuler l'ensemble du globe et dû aux problèmes de calculs numériques et de la limite en calcul numérique que nous avons, il est impossible de simuler tous les points du globe à la fois.
- Aujourd'hui, les modèles de climat simulent environ un point tous les 200 kilomètres. Or, c'est largement insuffisant pour simuler des phénomènes de petites échelles spatiales, comme les phénomènes orageux, les pluies intenses ou les tempêtes.



**Modèle global
(résolution ~200 km)**

**Zoom &
descente d'échelle**

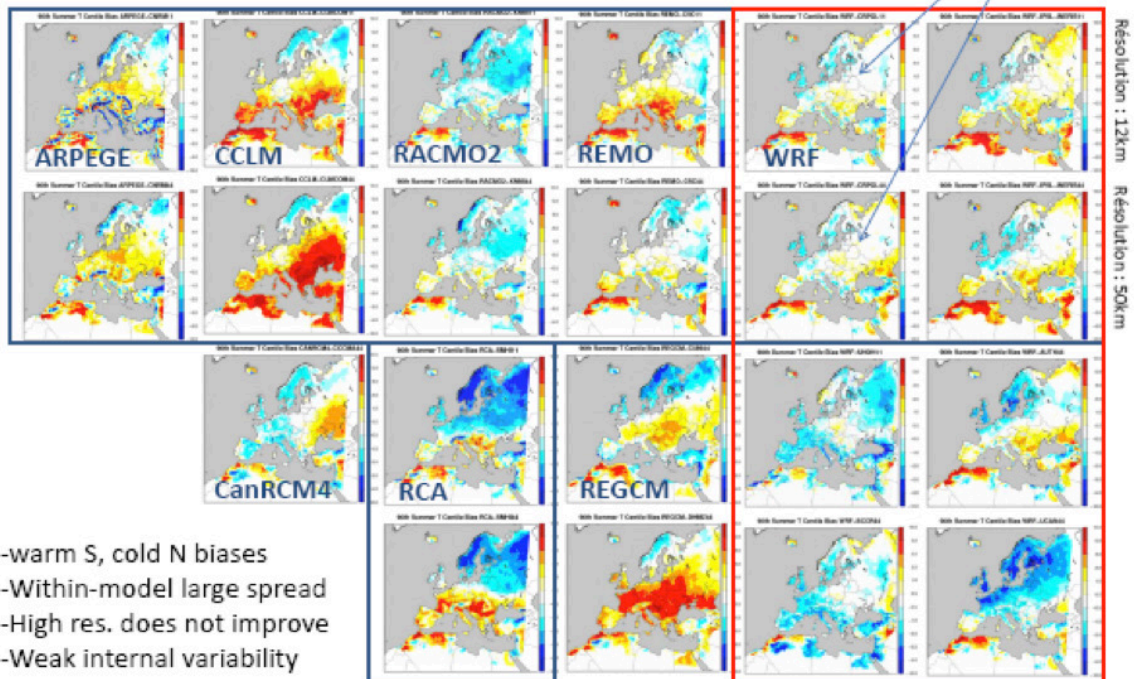


**Modèle régional
(12 km)**

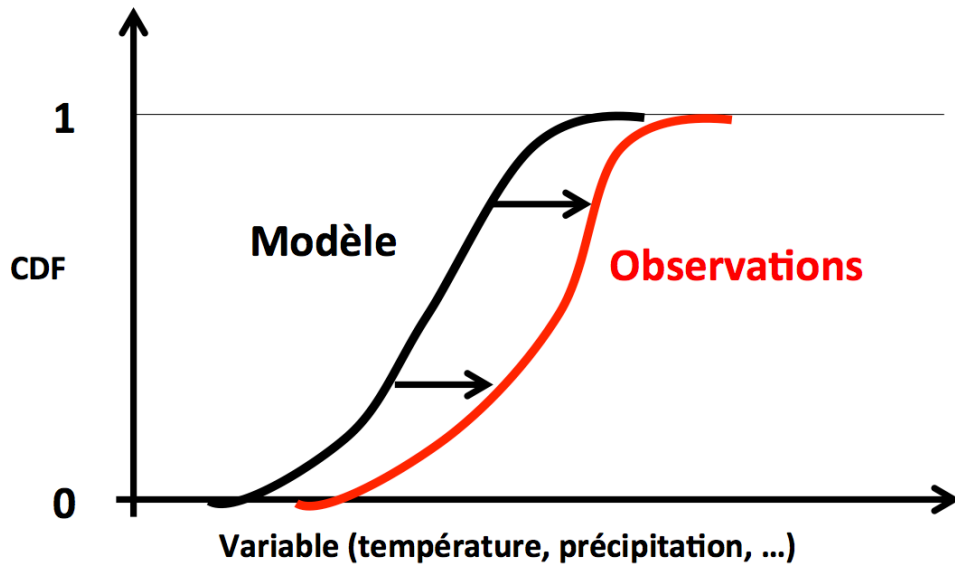
- ⇒ On a donc besoin d'avoir recours à une technique pour essayer de préciser un petit peu ces simulations à une échelle plus fine.
- ⇒ Alors, pour cela, pour éviter la surconsommation ou l'impossibilité de consommation en calcul numérique, on doit faire un compromis.
- Pour cela, on utilise un zoom, une méthode de zoom qui consiste finalement à ne simuler qu'une plus petite région, par exemple ici, on le voit dans la figure de droite, l'Europe, mais on n'essaye pas donc de simuler l'ensemble du globe avec ce modèle de climat.
- ⇒ Donc on fait en quelque sorte une incrustation et avec cette incrustation, on peut simuler un point environ tous les 10 ou 20 kilomètres, ce qui permet d'être beaucoup plus précis, notamment sur les effets liés au relief, les pluies par exemple que l'on voit dans les Cévennes, qui sont des pluies qui sont liées au relief des Cévennes que l'on ne peut pas voir dans les modèles de simulation globale, ou d'autres événements extrêmes comme des tempêtes ou des phénomènes liés eux aussi au relief comme les vents, comme le mistral etc.

Alors voilà, c'est un exercice qui a été fait par un ensemble de modèles, ici une vingtaine de modèles qui ont fait le même exercice de simulation du climat sur l'Europe à une échelle d'une dizaine de kilomètres et voilà un petit peu quelques résultats.

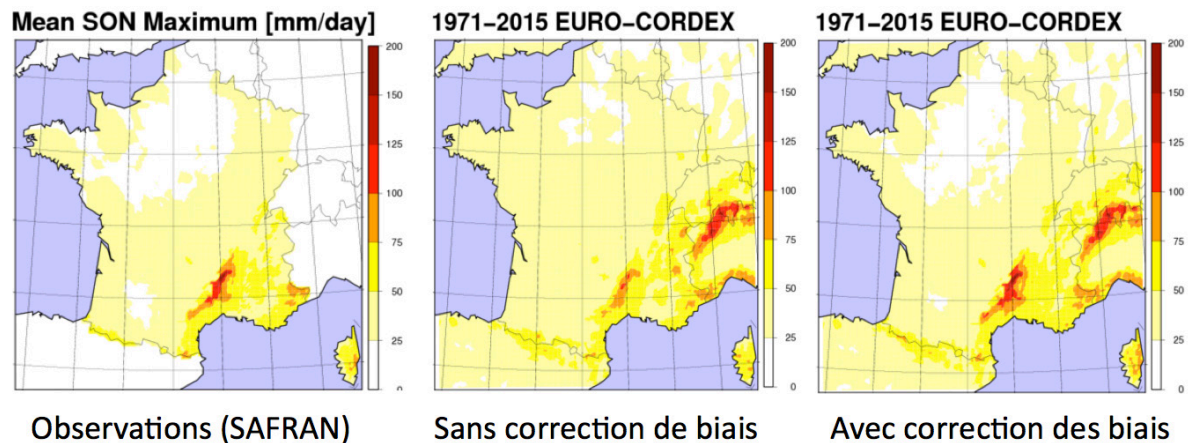
Biais du 90^{ème} quantile de T



- Le premier concerne la température. En fait, ce que nous avons essayé de comparer, c'est si les fortes températures étaient bien représentées dans ces nouveaux modèles à très haute résolution.
- Alors, ce qu'on observe, sans regarder dans le détail, c'est que finalement, on voit que les températures près des reliefs sont un petit peu mieux simulées mais dans l'ensemble, on a des cartes qui représentent les biais de températures.
- ⇒ C'est-à-dire l'écart à la climatologie, en quelque sorte les erreurs du modèle et on voit qu'elles persistent et qu'elles persistent quand même à grande échelle.
- Alors, cela est dû à un ensemble de facteurs, notamment la bonne simulation de l'interaction entre l'atmosphère et la végétation et le sol et le cycle de l'eau, et qu'il est encore aujourd'hui difficile de simuler et même avec ces modèles de petite échelle, on n'arrive pas encore tout à fait bien à simuler les fortes températures.
- Alors, pour cela, on a quand même besoin de pouvoir prévoir les conséquences du changement climatique, donc on a recours à des techniques statistiques qui vont corriger les biais du modèle.



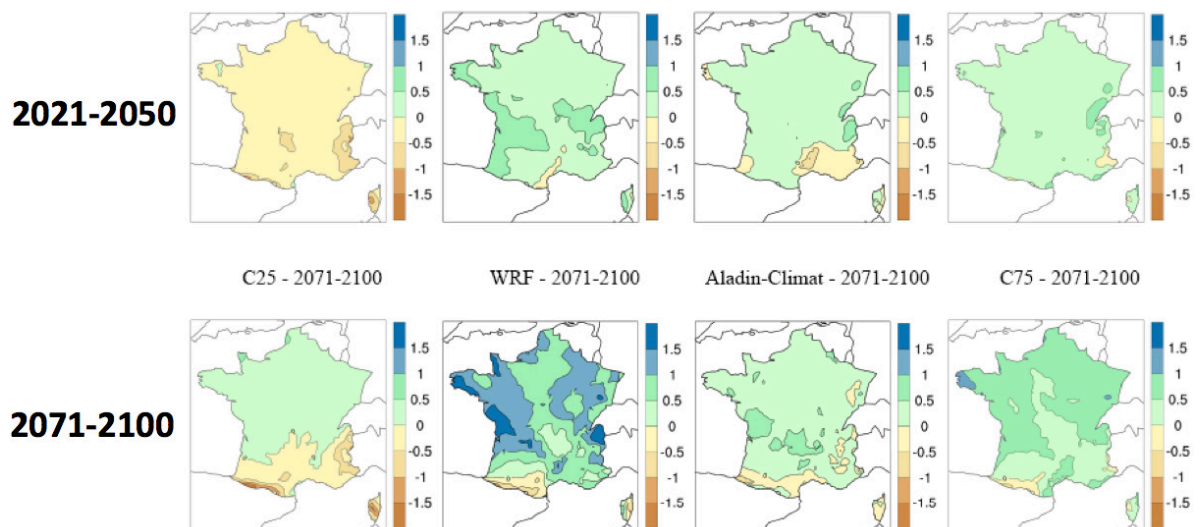
- ⇒ On prend un jeu d'observations, on prend les données du modèle et on va essayer de corriger les données du modèle avec des observations par des techniques statistiques assez avancées.
- Là, dans cette figure, nous représentons par exemple la courbe de distribution cumulée des températures (donc c'est la probabilité pour que la température soit inférieure à une valeur donnée- en abscisse -), et donc, on voit par exemple que le modèle a une température qui est trop basse par rapport aux observations.
- ⇒ Donc on va essayer de rapprocher ces deux courbes par une technique statistique avancée qui est aujourd'hui au cœur des développements de la recherche.
- Voilà, donc grâce à ces techniques, on arrive à mieux simuler les événements extrêmes.
- ⇒ Par exemple ici, on représente sur la figure de gauche les observations des pluies, des cumuls de pluies d'automne les plus importants en France, donc les maximales de cumul journalier de pluie en automne et on voit très bien se dégager la chaîne de montagnes des Cévennes dans lesquelles il pleut énormément et surtout les pluies sont extrêmement intenses. Les pluies peuvent atteindre en cumul journalier la valeur annuelle des cumuls de pluie à Paris par exemple.



- Alors, les modèles dans la figure du milieu, représentent relativement bien la structure spatiale, mais ne sont pas assez intenses dans ces pluies, il pleut en quelque sorte deux fois moins que dans les observations.
- Grâce aux techniques de correction de biais des modèles, on arrive dans la figure de droite à mieux simuler les événements les plus forts.

Alors, c'est grâce à l'ensemble de ces techniques, les modèles globaux, les modèles régionalisés, les corrections statistiques, tous ensemble, que nous arrivons à simuler par exemple le climat sur la France au cours du XXI^e siècle.

- Alors, dans ces figures qui sont le résultat d'une étude que nous avons faite avec Météo France, nous représentons les cumuls de pluie, l'écart des cumuls de pluie aux normales d'aujourd'hui pour une période future proche (2021 - 2050) et une période de futur lointain (la fin du siècle).
- Ce que l'on voit, c'est avec deux modèles (les deux modèles qui sont utilisés en France dans chacune des colonnes), ce que l'on voit c'est que les deux modèles prédisent une augmentation des précipitations au cours du XXI^e siècle.
- Mais ce que l'on voit aussi, c'est qu'à la fin du XXI^e siècle, les modèles donnent des valeurs très différentes.
- ⇒ Le modèle de gauche donnant des valeurs beaucoup plus fortes de l'augmentation des pluies que le modèle de droite.
- Donc, si on a une bonne vision du signe des changements à attendre, on a encore beaucoup d'incertitudes sur leur amplitude.



Scénario RCP8.5

Alors, voilà, il reste encore énormément à faire dans la recherche pour pouvoir simuler correctement le climat de façon globale et jusqu'à toute petite échelle.

- La première chose est de mieux représenter le cycle de l'eau, les nuages dans les modèles, mais aussi l'interaction entre les variables du climat, la température, l'eau, et la chimie atmosphérique, les gaz à effet de serre.
- Enfin, il est absolument indispensable pour bien représenter notamment les vagues de chaleur et le climat de l'été, les interactions entre la surface terrestre, la végétation et l'atmosphère.

Voilà, ce sont les principaux défis qui sont devant nous et bien sûr à ces défis s'ajoutent d'autres défis de simuler correctement par exemple le climat dans une ville ou dans une petite vallée, donc des défis de toute petite échelle.