

Descente d'échelle statistique : méthode Quantile-Quantile

Scénarios climatiques sur les Antilles françaises

Ali Bel Madani, Philippe Cantet - Météo-France (DIRAG/EC-MPF)

9 juillet 2021

Introduction

Les modèles numériques de simulation du climat ont pour but de synthétiser notre connaissance des lois physiques de l'atmosphère et de son interaction avec la surface afin de reproduire un climat selon différentes conditions (par exemple la concentration en gaz à effet de serre). Il faut garder à l'esprit qu'un modèle est une simplification humaine d'un système énormément plus complexe, ce qui implique certaines difficultés à reproduire la réalité, notamment les phénomènes extrêmes (fortes pluies, vent fort...).

Dans le cadre du projet C3AF, le modèle CNRM-CM5_ARPEGEv6.2 a été utilisé pour simuler le climat historique (1965-2013) et futur (2031-2080) sous le scénario RCP8.5 [1]. L'utilisation d'une grille non régulière a permis d'obtenir une résolution de l'ordre de 15-20 km dans la région des Petites Antilles. Celle-ci permet de représenter explicitement le climat local sur les îles des Antilles françaises, à l'exception de Saint-Barthélemy dont les données climatiques sont associées à celles de Saint-Martin du fait de la proximité et des similarités entre les deux îles [2]. Cependant la résolution du modèle ne permet pas de représenter le relief accidenté de ces petites îles montagneuses avec un degré de réalisme suffisant pour reproduire l'altitude des plus hauts sommets, qui reste fortement sous-estimée (Table 1).

Île	Nombre de points terre modèle	Altitude minimale modèle (m)	Altitude maximale modèle (m)	Altitude minimale réelle (m)	Altitude maximale réelle (m)
Guadeloupe	8	11	328	0	1467
Martinique	7	21	296	0	1397
Saint-Barthélemy & Saint-Martin	1	57	57	0	424

Table 1. Les Antilles françaises vues par le modèle CNRM-CM5_ARPEGEv6.2 : nombre de points terre et altitudes.

Il est clair que les modèles climatiques ne permettent pas de reproduire le climat avec la variabilité temporelle et spatiale que l'on peut avoir sur les observations. Cependant, dans l'étude du changement climatique, on souhaite simplement que le modèle varie dans le même sens et du même ordre de grandeur que la réalité quand on lui applique une perturbation systématique (scénarios du GIEC).

Dans l'exploitation classique des simulations climatiques, on travaille en mode anomalie. On fait l'hypothèse que si le modèle a un biais raisonnable (par exemple s'il est 1°C trop chaud), ce biais sera sensiblement le même sous le climat de la fin du 21^e siècle. Il suffit alors d'estimer ce biais à l'aide des observations et de le soustraire aux sorties du modèle. Dans le cadre du projet C3AF, nous utilisons la méthode Quantile-Quantile [2] introduite par [3]. Les performances de cette méthode sont jugées supérieures par rapport aux autres méthodes usuelles pour reproduire la variabilité observée, aussi bien pour les faibles valeurs que pour les fortes [4]. A fin d'avoir une saisonnalité semblable à celle observée, nous appliquons la méthode Quantile-Quantile mois par mois comme expliqué par [5].

Références

- [1] Fabrice Chauvin, Romain Pilon, Philippe Palany, and Ali Belmadani. Future changes in Atlantic hurricanes with the rotated-stretched ARPEGE-Climat at very high resolution. *Climate Dynamics*, 54, 947–972, 2020.
- [2] Philippe Cantet, Ali Belmadani, Fabrice Chauvin, and Philippe Palany. Projections of tropical cyclone rainfall over land with an Eulerian approach: Case study of three islands in the West Indies. *International Journal of Climatology*, 41(1): E1164– E1179, 2021.
- [3] Michel Déqué. Frequency of precipitation and temperature extremes over France in an anthropogenic scenario: Model results and statistical correction according to observed values. *Global and Planetary Change*, 57, 16-26, 2007.
- [4] Lukas Gudmundsson, JB Bremnes, JE Haugen, and T Engen-Skaugen. Downscaling RCM precipitation to the station scale using statistical transformations : A comparison of methods. *Hydrology and Earth System Sciences*, 16(9) :33833390, 2012.
- [5] Philippe Cantet, Michel Déqué, Philippe Palany, and Jean-Louis Maridet. The importance of using a high-resolution model to study the climate change on small islands : the lesser antilles case. *Tellus A : Dynamic Meteorology and Oceanography*, 66(1) :24065, 2014.

Données initiales

Nous avons à notre disposition sur les Antilles :

1. des observations :

- les pluies quotidiennes observées sur la période 1980-2013 pour 69 postes : 36 sur la Guadeloupe (16 sur Grande-Terre, 16 sur Basse-Terre, 3 sur Marie-Galante, 1 sur La Désirade), 29 sur la Martinique, et 4 sur Saint-Barthélemy (3) et Saint-Martin (1) ;
- les températures (minimales et maximales) quotidiennes observées sur la période 1988-2013 pour 17 postes : 2, 13 et 2 sur la Guadeloupe, la Martinique et Saint-Barthélemy/Saint-Martin, respectivement.

2. des sorties du modèle CNRM-CM5_ARPEGEv6.2 (résolution de 15-20km) sur 16 points modèle considérés comme terre¹ : 8 sur la Guadeloupe (3 sur Grande-Terre, 4 sur Basse-Terre, 1 sur Marie-Galante), 7 sur la Martinique, et 1 sur Saint-Martin (0 sur Saint-Barthélemy) :

- les pluies et températures (minimales et maximales) quotidiennes sur la période 1980-2013 pour 5 simulations d'ensemble historiques où les températures de surface de la mer (SST) utilisées sont celles du modèle CNRM-CM5, préalablement débiaisées par la méthode quantile-quantile à partir de l'analyse de données mensuelles observées HadISST1 [1] ;
- les pluies et températures (minimales et maximales) quotidiennes sur la période 2031-2080 pour 5 runs simulations d'ensemble du climat futur où les SST utilisées sont celles du modèle CNRM-CM5 sous le scénario RCP8.5, préalablement débiaisées par la méthode quantile-quantile à partir de l'analyse de données mensuelles observées HadISST1 [1].

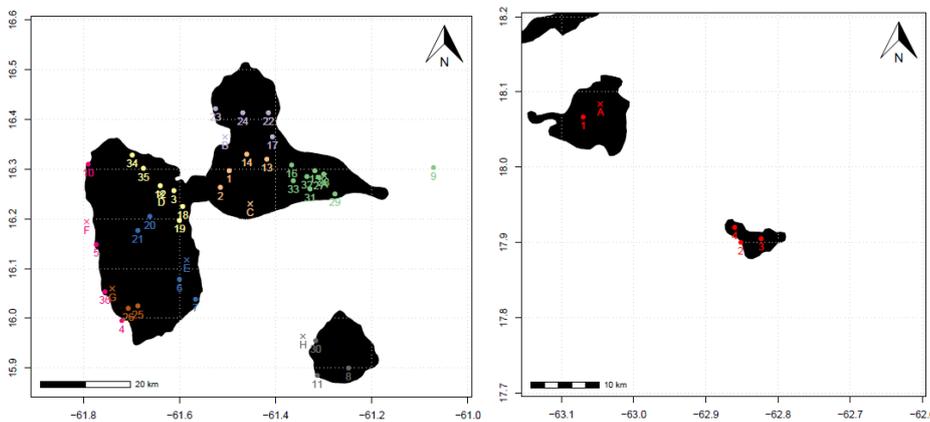


Fig. 1. Les stations pluviométriques (points et numéros²) et points terre modèle (croix et lettres) disponibles en Guadeloupe (à g.) et à Saint-Barthélemy/Saint-Martin (à d.). Seules les stations 2 et 20 en Guadeloupe, 1 et 2 à Saint-Barthélemy/Saint-Martin fournissent également les températures. Le code couleur indique quel point modèle a été associé aux différents postes d'observation pour appliquer la correction Quantile-Quantile.

La localisation des postes d'observation et des points modèle est illustrée sur la Figure 1 pour la Guadeloupe et Saint-Barthélemy/Saint-Martin, et sur la Figure 2 pour la Martinique. Pour Basse-Terre et Grande-Terre (Guadeloupe) ainsi que pour la Martinique, les associations entre les points modèle et les différents postes d'observation, utilisées pour appliquer la correction Quantile-Quantile, sont le résultat d'une classification hiérarchique de Ward prenant en compte différents indices climatiques et leurs localisations géographiques. Pour Marie-Galante et la Désirade (Guadeloupe), le seul critère de distance géographique a été appliqué compte tenu du relief peu marqué sur ces îles³. Pour Saint-Barthélemy et Saint-Martin, l'ensemble des postes sont associés à l'unique point modèle disponible.

¹ [5] montre l'importance d'utiliser uniquement les points terre sur les Petites Antilles.

² Cf. [table de correspondance avec les noms et identifiants des stations](#).

³ Pour la Désirade, le point modèle le plus proche est situé sur Grande-Terre.

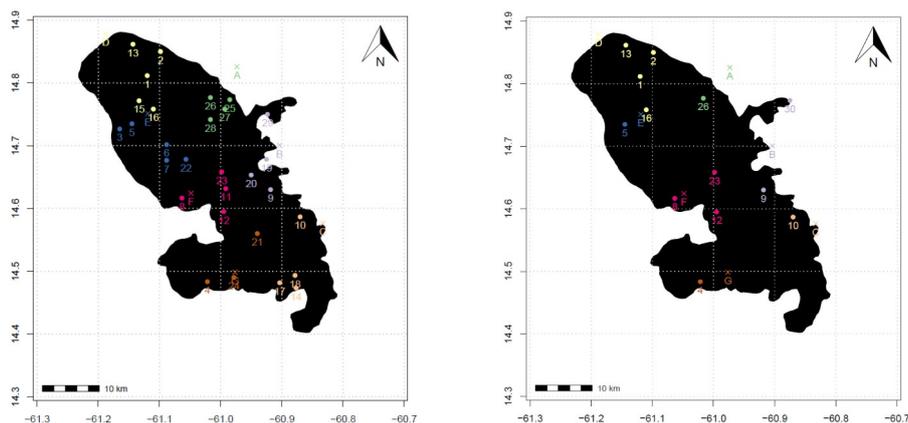


Fig. 2. Les stations (points et numéros²) pluviométriques (à g.) et thermiques (à d.), et les points terre modèle (croix et lettres) disponibles en Martinique. Le code couleur indique quel point modèle a été associé aux différents postes d'observation pour appliquer la correction Quantile-Quantile.

Données corrigées mises à disposition

Les données mises à disposition sont les sorties modèle corrigées par la méthode Quantile-Quantile (mois par mois) [2,5] sur les points stations localisés sur les Figures 1 et 2. Il s'agit des chroniques quotidiennes de précipitations (69 postes) et de températures (17 postes) pour les différentes simulations historiques (5) et futures (5) du modèle CNRM-CM5_ARPEGEv6.2. Il y a donc 10 x 4 fichiers (un fichier par simulation et par variable : précipitations, températures minimales, maximales et moyennes⁴). Le format des données est un fichier NetCDF incluant également des métadonnées sous la forme d'attributs globaux et spécifiques à la variable considérée, dont les valeurs quotidiennes sont disponibles pour chaque station (dimension Station). Le nom, l'identifiant INSEE, la localisation et l'altitude des stations sont également indiqués.

Conseils d'utilisation

Les simulations historiques permettent une comparaison avec les simulations du climat futur afin de caractériser un signal d'évolution climatique. Ces simulations historiques permettent également la comparaison statistique (et en aucun cas chronologique) avec les observations dans une large mesure. Pour les simulations du climat futur, il semble y avoir une rupture significative dans les températures annuelles autour de 2055 pour l'ensemble des Antilles françaises. Il peut alors sembler opportun d'étudier deux sous-périodes futures : 2031-2055 et 2056-2080.

4 La température moyenne correspond simplement à la moyenne de la minimale et de la maximale.