

Biais froid sur le Plateau Tibétain et projections climatiques (CMIP6)

Mickaël LALANDE (mickael.lalande@univ-grenoble-alpes.fr)

Octobre 2020

PAX7STAF - Variabilité Climatique et Environnementale

1 Introduction

La région des Hautes Montagnes d'Asie (HMA) inclut le Plateau Tibétain qui est l'un des plus hauts plateaux du monde avec une altitude moyenne de 4000 m (Figure 1). De fait, il a une influence considérable sur le climat régional et de manière plus globale (Orsolini et al., 2019). Les glaciers de montagne de l'Himalaya abritent également les plus grands réservoirs d'eau douce de la planète en dehors des régions polaires. La fonte des neiges et des glaciers de cette région contribue grandement à l'approvisionnement annuel en eau de plusieurs centaines de millions de personnes dans la région (Sharma et al., 2019).

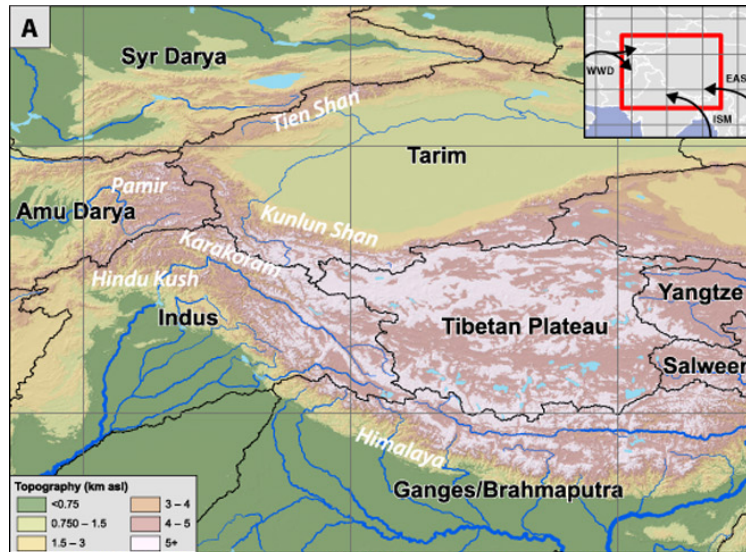


FIGURE 1 – Adapted from Smith and Bookhagen (2018) : Topographic map of HMA with major catchment boundaries (black) derived from SRTM data and names of major mountain ranges. Inset map shows political boundaries, as well as wind direction of major weather systems (WWD : winter westerly disturbances, ISM : Indian summer monsoon, and EASM : East Asian summer monsoon).

Il est du coup crucial de bien représenter la région des HMA dans les modèles climatiques globaux. Cependant, de fait de sa topographie complexe et du manque d'observations (en particulier en haute altitude) les modèles climatiques globaux ont des biais assez importants dans cette région du monde (Figure 2).

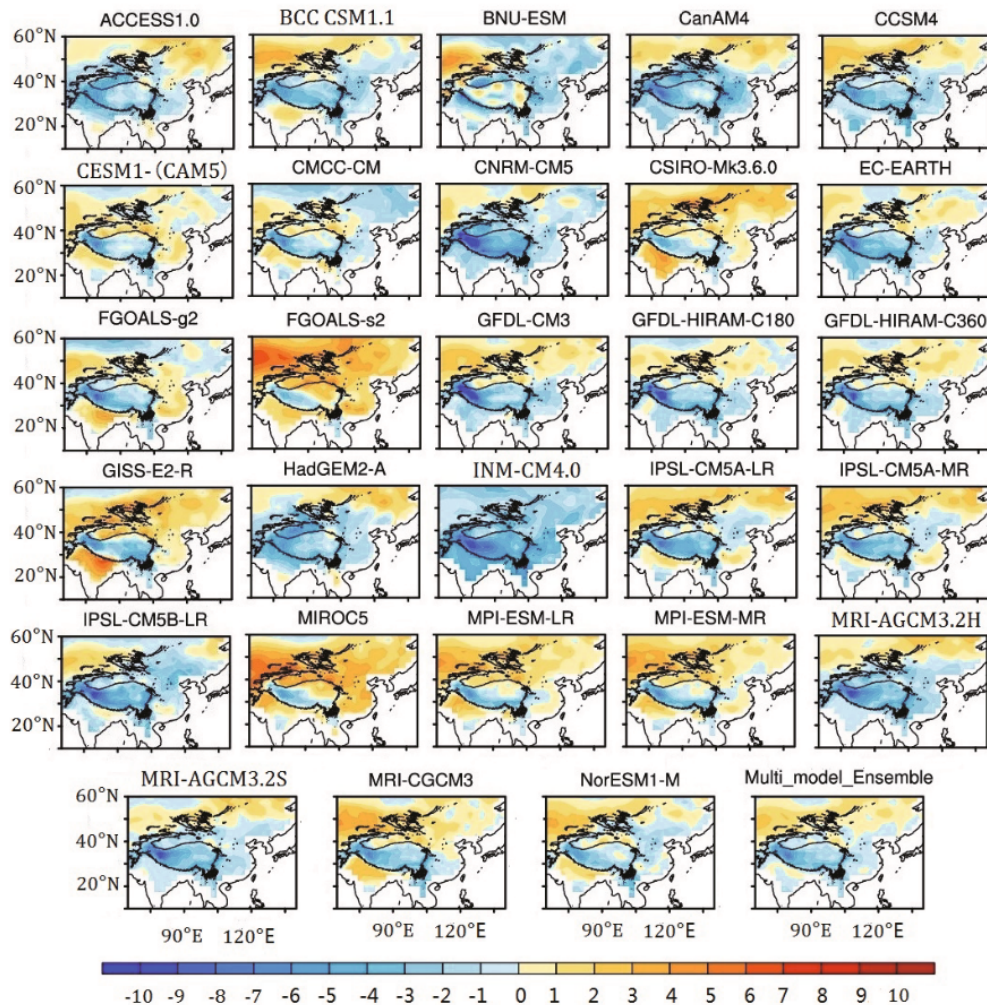


FIGURE 2 – From [Chen et al. \(2017\)](#) : Annual mean Tas (°C) differences between various models and CRU data averaged during 1979–2005. All air temperature values in the models have been corrected to real elevation at a resolution of $2.5^\circ \times 2.5^\circ$.

2 Suggestion d'analyses

Je vous propose d'analyser un des modèles globaux de climat français dans sa version CMIP6 (<https://www.ipsl.fr/Organisation/structures-federatives/Le-Centre-de-modelisation-du-climat>) : **IPSL-CMA6-LR** qui présente un biais important de couverture de neige et de température sur la zone des HMA. Libre à vous de regarder d'autres modèles si vous avez le temps.

1. Télécharger ou accéder aux données via intake (ce que je vous recommande si cela fonctionne cela vous simplifiera grandement la vie, voir [tutoriel](#)) du modèle **IPSL-CM6A-LR** pour la variable de température de l'air proche de la surface (**tas**) en mensuel (table **Amon**) pour l'expérience **historical** (puis **SSP*** pour la suite). Sélectionner un premier membre (**r1i1p1f1**) ou pas mais attention à la mémoire! (on pourra en discuter)
2. Choisir la région d'analyse des HMA et la période (*indice* : fonction [sel](#) de xarray)
3. Raffiner avec par exemple la zone d'altitude supérieure à 2500 m pour vos calculs si possible, exemple de fichier de topographie : [GMTED2010](#) ; indice : fonction [where](#) de xarray)
4. Mettre en évidence les biais sur la climatologie historique (à comparer à des observations dont je pourrai vous indiquer en fonction des variables que vous décidez d'analyser, la température de surface

sera déjà bien, puis la couverture de neige si vous avez le temps ; exemple d'observations pour la température : [CRU](#) et la couverture de neige : [NOAA CDR](#))

5. Est-ce que les tendances sont affectées par les biais ? (regarder les séries temporelles en anomalies et/ou calculer les tendances sur les dernières trentaines d'années par exemple et comparer aux observations)
6. Analyse des projections (choisir un ou plusieurs scénarios SSP)
7. Optionnel : donner une valeur d'incertitude à ces projections (analyse ensembliste, comme par exemple exemple [Figure SPM.7.a p.21](#), mais avec seulement un modèle et plusieurs membres)

Pour vous aider à démarrer et prendre en main ces nouveaux outils, je vous ai fait un exemple de code pour débiter : https://github.com/mickaellalande/variabilite_climatique (procédure d'installation + exemple de début code dans [cold_bias_HMA.ipynb](#))

3 Quelques questions qui pourront vous guider

- Qu'est-ce qu'un modèle de climat ?
- Qu'est-ce que les expériences CMIP (Coupled Model Intercomparison Project) ?
- Quels sont les scénarios pour CMIP6 ? ([O'Neill et al., 2016](#))
- Quel est la résolution du modèle que vous utilisez ?
- A quoi correspond rli1p1f1 ?
- Quelles peuvent être les origines des biais dans cette région ? (lister seulement des pistes il n'y a pas forcément de réponse tranchée sur la question en plus du fait que l'origine des biais peut être différente d'un modèle à un autre)
- Dans quelle mesure peut-on faire confiance dans les projections climatiques malgré les biais ?
- Est-il judicieux d'analyser un seul modèle ? (juste répondre à la question et expliquer ce que vous pourriez faire pour avoir quelque chose de plus robuste)
- Est-ce que les chiffres que vous obtenez pour les projections sont cohérents avec la littérature (à comparer aux projections globales) ? Est-ce que le Plateau Tibétain tend à se réchauffer plus vite que le reste du globe (vis-à-vis de vos résultats qu'il faudra prendre avec des pincettes aux vues des questions précédentes) ?
- Pouvez-vous donner l'incertitude sur les projections pour ce modèle ? (indiquer comment faire et si vous avez le temps faites le travail avec toutes les réalisations)

4 Outils

Beaucoup d'outils sous Python facilitent grandement les analyses. Il est possible que la plateforme <https://jupyterhub.u-ga.fr/> soit bloquante pour télécharger certains packages. Si c'est le cas je vous aiderai à mettre un environnement en place sur votre machine personnelle.

Packages très utiles (que je vous recommande mais si vous êtes à l'aise avec autre chose n'hésitez pas à utiliser vos outils) :

xarray pour lire et manipuler les fichiers netCDF (format des fichiers de modèles de climat), vous pouvez vous faire la main en regardant un peu ces [tutoriels](#).

cartopy / **matplotlib** pour faire des plots (alternative : [proplot](#) encore plus simple mais en développement)

xesmf pour faire des regrid (alternative [CDO](#) mais en ligne de commande)

intake pour facilement accéder aux données (sinon il faudra aller les télécharger à la main sur le portail CMIP6 : <https://esgf-node.llnl.gov/search/cmip6/>)

Références

Chen, X., Liu, Y., and Wu, G. (2017). Understanding the surface temperature cold bias in CMIP5 AGCMs over the Tibetan Plateau. *Advances in Atmospheric Sciences*, 34(12) :1447–1460.

- O'Neill, B. C., Tebaldi, C., Van Vuuren, D. P., Eyring, V., Friedlingstein, P., Hurtt, G., Knutti, R., Kriegler, E., Lamarque, J. F., Lowe, J., Meehl, G. A., Moss, R., Riahi, K., and Sanderson, B. M. (2016). The Scenario Model Intercomparison Project (ScenarioMIP) for CMIP6. *Geoscientific Model Development*, 9(9) :3461–3482.
- Orsolini, Y., Wegmann, M., Dutra, E., Liu, B., Balsamo, G., Yang, K., de Rosnay, P., Zhu, C., Wang, W., Senan, R., and Arduini, G. (2019). Evaluation of snow depth and snow cover over the Tibetan Plateau in global reanalyses using in situ and satellite remote sensing observations. *The Cryosphere*, 13(8) :2221–2239.
- Sharma, E., Molden, D., Rahman, A., Khatiwada, Y. R., Zhang, L., Singh, S. P., Yao, T., and Wester, P. (2019). Introduction to the Hindu Kush Himalaya Assessment. In *The Hindu Kush Himalaya Assessment*, pages 1–16. Springer International Publishing, Cham.
- Smith, T. and Bookhagen, B. (2018). Changes in seasonal snow water equivalent distribution in High Mountain Asia (1987 to 2009). *Science Advances*, 4(1) :e1701550.