

Sujet de stage M2

Intitulé : Développement de nouvelles méthodes statistiques de descente d'échelle pour les prévisions décennales du climat.

Encadrant : Juliette Mignot (LOCEAN, Paris), Mathieu Vrac (LSCE, Gif-sur-Yvette), Redouane Lguensat (IPSL, Paris)

Collaborations : Didier Swingedouw (CNRS-EPOC)

Lieu du stage : LOCEAN, Tr 45-55 5^e étage, 4 place Jussieu, 75005 Paris

Sujet :

Une thématique émergente des sciences du climat concerne la prévision décennale. Il s'agit de se focaliser sur la prochaine décennie et de prendre en compte les conditions initiales de l'océan pour améliorer les prévisions du climat à venir. Cette approche permet ainsi de prévoir aussi bien les évolutions du climat liées à l'augmentation de gaz à effet de serre dans l'atmosphère, que celles liées aux variations naturelles, intrinsèques, du climat.

Ces prévisions, qui surpassent les projections traditionnelles, peuvent apporter un bénéfice intéressant pour de nombreux secteurs, notamment l'agriculture, l'énergie, la gestion de l'eau, *etc.* Cependant, pour pouvoir être utilisé, une opération est nécessaire pour descendre les informations climatiques de l'échelle de la maille des modèles de climat (environ 100 km de côté) à des échelles plus fines (kilométrique). Pour se faire, des méthodes statistiques ont été développées qui permettent de proposer une telle descente d'échelle (*downscaling* en anglais). Il existe par exemple la méthode dite « Cumulative Distribution Function-transform » (CDF-t) (Michelangelli et al. 2009) qui a déjà été appliqué avec succès aux prédictions climatiques (Sgubin et al. 2022) et sera considéré comme notre méthode de référence. Une variante de l'approche « Quantile-Mapping » sera appliquée dans ce stage et approfondie par exemple via ses récentes extensions, R2D2, permettant une correction de biais multivariée et spatiale et une réduction d'échelle (Vrac et al. 2022).

De plus, des méthodes d'apprentissage automatique de pointe pourront être couplées à CDF-t pour améliorer le processus de réduction d'échelle, car un tel couplage s'est déjà avéré efficace (Yin et al. 2022). Nous prévoyons d'axer ce couplage sur l'apprentissage profond. En effet, concernant les approches de *downscaling*, les techniques basées sur l'apprentissage profond (généralement utilisant des réseaux de neurones convolutifs) ont rencontré un grand succès dans la communauté du traitement du signal/image en général (Dong et al. 2016). Par conséquent, les méthodes de correction de biais multivariées, telles que R2D2, seront associées à des réseaux convolutifs déterministes à jour, par exemple en incorporant des contraintes de conservation sur les prévisions à échelle réduite (Harder et al. 2022).

Ce stage propose de développer un code informatique qui permettra de mettre en place ces nouvelles méthodes de descentes d'échelles. L'idée sera d'utiliser la base de données CMIP6 contenant les données des prévisions climatiques décennales de nombreux modèles, ainsi que des observations récentes. Les fruits de ce stage seront ensuite utilisés dans le cadre du Programme Prioritaire de Recherche TRACCS afin d'optimiser l'utilisation des simulations climatiques pour des services climatiques. Pour plus de détails sur ce sujet, les candidat.e.s sont invité.e.s à contacter Juliette Mignot.

Compétences requises : Nous cherchons un.e étudiant.e avec des connaissances en mathématiques appliquées et statistiques, en utilisation de méthodes de machine learning tel que réseau de neurones, et avec de fortes compétences en programmation, sur des langages du type python, matlab, R, etc. Une certaine autonomie, de la rigueur et de la créativité seront très utiles pour la bonne réalisation du stage. Une aisance dans la communication aussi bien orale qu'écrite sera également une qualité recherchée.

Références

- Sgubin, G. *et al.* Systematic investigation of skill opportunities in decadal prediction of air temperature over Europe. *Clim. Dyn.* (2021) doi:10.1007/s00382-021-05863-0.
- Michelangeli, P.-A., Vrac, M. & Loukos, H. Probabilistic downscaling approaches: Application to wind cumulative distribution functions. *Geophys. Res. Lett.* **36**, L11708 (2009).
- Haddad, Z. S. & Rosenfeld, D. Optimality of empirical Z-R relations. *Q. J. R. Meteorol. Soc.* **123**, 1283–1293 (1997).
- Vrac, M. & Thao, S. R2D2 v2.0: accounting for temporal dependences in multivariate bias correction via analogue rank resampling. *Geosci. Model Dev.* **13**, 5367–5387 (2020).
- Yin, G., Yoshikane, T., Yamamoto, K., Kubota, T. & Yoshimura, K. A support vector machine-based method for improving real-time hourly precipitation forecast in Japan. *J. Hydrol.* **612**, 128125 (2022).
- Dong, C., Loy, C. C., He, K. & Tang, X. Image Super-Resolution Using Deep Convolutional Networks. *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.* **38**, 295–307 (2016).
- Harder, P. *et al.* Generating physically-consistent high-resolution climate data with hard-constrained neural networks. (2022) doi:10.48550/ARXIV.2208.05424.