

**Lieu:** LOCEAN/IPSL, 4 place Jussieu, 75005 Paris

**Modélisation numérique :** un peu

**Analyse de données :** beaucoup

**Théorie :** un peu

**Expérimentation :** pas du tout

**Instrumentation :** pas du tout

**Coordonnées des responsables du stage:**

Myiram Khodri, myriam.khodri@locean.ipsl.fr

Jerbi Beyrem, beyrem.jebri@locean.ipsl.fr

**Durée du stage:** 6 mois, début dès que possible

**Salaire:** Oui

**Poursuite de thèse éventuelle:** Possible

**Compétences requises :** Analyses de données, machine learning, data science, python

**Sujet :** Reconstructions et analyses de la variabilité climatique en zone tropicale durant les 2000 dernières années

Les projections du changement climatique des prochaines décennies réalisées dans le cadre du GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat) à l'aide de modèle de climat révèlent que la plus grande source d'incertitude se trouve dans les régions tropicales. Soumises aux variations interannuelles à décennales des températures de surfaces océaniques, ces régions sont pourtant d'une extrême vulnérabilité vis à vis du changement climatique et des épisodes pluvieux de plus en plus extrêmes (sécheresses et inondations) observés aux cours des dernières décennies.

Afin de mieux caractériser le temps de retour de tels événements climatiques extrêmes aux échelles de temps interannuelles à séculaires et en attribuer les causes (naturelles ou anthropiques), il est nécessaire de disposer de séries climatiques suffisamment longues qui s'étendent au-delà de la période d'observation instrumentale. Or nous disposons de très peu de mesures directes fiables avant la fin du dix-neuvième siècle. Pour reconstruire le climat passé, la combinaison des indicateurs historiques, biologiques, physiques ou géochimiques permet néanmoins d'obtenir des reconstructions du climat pour les 2000 dernières années. Par exemple, la densité, l'épaisseur et la composition en isotopes stables du carbone et de l'oxygène des anneaux de croissance calcaire de spéléothèmes ou des massifs coralliens prélevés dans différentes régions du globe, fournissent des enregistrements qui seront principalement contrôlés par l'intensité des précipitations et les variations des températures de surface. L'analyse de ces archives naturelles permet ainsi d'estimer le régime des précipitations continentales et des températures de surface océaniques passées région par région, au cours des derniers 1 000 à 2 000 ans. La phase de compréhension du fonctionnement du système climatique doit aussi passer, d'une part par l'utilisation d'outils statistiques appliqués à l'analyse de ces données d'observations, d'autre part par des approches diagnostiques mettant en jeu certains concepts ou théories, et plus largement par des outils de modélisation représentant la complexité des processus et mécanismes physiques en jeu dans le système Terre, tout en appréhendant les différentes échelles spatiales et temporelles. Ces outils de modélisation sont très élaborés, cependant ils comportent encore de forts biais et incertitudes, ce qui nécessite

des travaux de validation à l'aide d'observations adaptées. Ceci est indispensable pour évaluer ensuite le niveau de confiance et d'incertitude des projections climatiques du futur fournies par ces modèles.

### **Objectif du stage**

L'objectif double est de (1) mettre en œuvre des méthodes statistiques originales (du type deep learning, réseau de neurones, auto-encodeurs, etc.) afin de déduire des reconstructions de champs climatiques spatio-temporels (2) contraindre au mieux l'évolution des précipitations et des températures de surface océaniques à l'échelle globale et régionale simulée par les modèles de climat pour les 1000 dernières années. Il s'agit en particulier d'analyser et d'identifier les principaux modes de variabilité spatiotemporels cohérents à l'échelle régionale dans les observations et les simulations. Ces analyses permettront d'évaluer statistiquement la synchronicité des variations climatiques majeurs, des tendances, la fréquence et la persistance des événements extrêmes nécessaires pour en attribuer les causes physiques. L'utilisation de méthodes statistiques innovantes pour l'analyse des données disponibles permettra d'identifier les mécanismes physiques robustes et le lien avec forçages externes d'origines naturelles et les modes de variabilités océaniques internes.