

# Sujet de stage de recherche en laboratoire

## Année 2025

Laboratoire : LMD-ENS UMR8539 [Paris]

Durée : 4 à 6 mois

Niveau : Master 2 ou équivalent

Titre du stage : Le climat en Ile de France d'ici 2050 le long de la TRajectoire d'Adaptation au Changement Climatique (TRACC)

Nom et statut du (des) responsable (s) de stage : Christophe CASSOU, Antoine DOURY  
et de l'équipe encadrante : Nathalie de Noblet

Coordonnées (téléphone et email) de l'équipe encadrante du stage :

CC / Directeur de Recherche CNRS-LMD ; mail : [christophe.cassou@lmd.ipsl.fr](mailto:christophe.cassou@lmd.ipsl.fr)

AD / Chercheur Météo-France ; mail : [antoine.doury@meteo.fr](mailto:antoine.doury@meteo.fr)

NdN / Directrice de Recherche CEA, mail : [nathalie.de-noblet@lsce.ipsl.fr](mailto:nathalie.de-noblet@lsce.ipsl.fr)

Sujet du stage :

La France métropolitaine s'est réchauffée aujourd'hui [2013-2024] de l'ordre de 2,1°C en moyenne annuelle par rapport au début du 20e siècle [1900-1930]. L'Ile de France suit à peu près ce rythme-là. Sur ces 2,1°C, 1,7 sont attribuables à l'influence humaine sur le climat ; le reste est dû à l'effet des fluctuations spontanées du climat, ou variabilité interne, qui ont amplifié le réchauffement d'origine anthropique (Ribes et al, 2022)<sup>1</sup>, en particulier sur les trois dernières années record. En parallèle, la ressource en eau a diminué de l'ordre de 14% sur le territoire national entre [1990-2001] et [2002-2018] et cette baisse s'explique essentiellement par une augmentation de l'évapotranspiration de surface dans une atmosphère plus chaude.<sup>2</sup> Les précipitations restent quasi-inchangées en moyenne annuelle sur la France mais contrairement aux températures, les pluies ont une variabilité spatiale et temporelle marquée ce qui réduit la détection de tendance significative sur les dernières décennies d'observations. C'est aussi le cas pour l'Ile de France.

Les précipitations sont fortement pilotées par la variabilité interne du climat qui va continuer à moduler le changement climatique d'origine anthropique à court-moyen terme (avant 2050) en particulier sur l'Europe. L'importance de la variabilité interne est telle que le signe même du changement de précipitation reste incertain sur de larges régions en France (dont l'Ile de France) à cette échéance, avec des conséquences importantes sur le remplissage des nappes, le débit des rivières et plus généralement la ressource en eau disponible. En termes de température, la variabilité interne modulera la vitesse du réchauffement qui pourrait être deux fois plus rapide dans le cas le plus défavorable. Cette source d'incertitude irréductible est essentielle à considérer dans les stratégies d'adaptation au changement climatique afin d'éviter au maximum la maladaptation, terme générique pour les effets de verrouillages et d'augmentation de la vulnérabilité, par exemple des activités agricoles à la disponibilité en eau pour l'irrigation.

L'objectif principal de ce stage est de mieux quantifier et comprendre l'effet de la variabilité interne sur l'évolution des températures et précipitations en Ile de France au cours des deux prochaines décennies, en suivant la TRACC (TRajectoire d'Adaptation au Changement Climatique). En effet, la TRACC ne doit pas être considérée comme une trajectoire déterministe mais comme un ensemble ou distribution de possibles climatiques, qui enveloppe cette trajectoire « synthétique » qui ne prend en compte que la seule influence humaine sur le climat. Un ensemble de simulations climatiques régionalisées via des méthodes d'intelligence artificielle est déjà disponible et sera utilisé au cours de ce stage, en plus de la base de données DRIAS, pour

---

<sup>1</sup> Ribes, A., Boé, J., Qasmi, S., Dubuisson, B., Douville, H., and Terray, L.: An updated assessment of past and future warming over France based on a regional observational constraint, *Earth Syst. Dynam.*, 13, 1397–1415, <https://doi.org/10.5194/esd-13-1397-2022>, 2022.

<sup>2</sup> <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/evolutions-de-la-ressource-en-eau-renouvelable-en-france-metropolitaine-de-1990-2018?rubrique=&dossier=1028185>

construire quelques « trames narratives climatiques » ou « famille de trajectoires climatiques » qui vont être représentatives des changements futurs possibles avant 2040 en incluant l'effet de la variabilité interne.

Plus concrètement, il s'agira de partitionner le panel de simulations disponibles en « trames narratives internes » pour que les acteurs de la région puissent, à terme, déterminer le niveau d'impacts de chacune d'entre elles, sur les enjeux d'intérêt pour l'Ile de France. L'analyse quantifiera l'importance de la variabilité interne pluriannuelle à multidécennale par rapport aux changements dus à la seule influence anthropique, et pour chaque trame narrative, déterminera les empreintes locales de la variabilité interne des températures et précipitations (moyenne, variance, répartition spatiale et saisonnière) et leurs conséquences sur les enjeux d'intérêt. Un accent particulier sera mis sur les années/saisons extrêmes (fréquence et intensité, événements composites) en fonction des différentes trames, et en particulier les canicules et pluies diluviennes aux impacts importants sur des enjeux sanitaires, de transport (inondation par ruissellement, etc.).

En définissant des bonnes pratiques d'analyses définies avec l'ensemble des acteurs (scientifiques, politiques territoires, etc.), ce stage pourra servir de « cadre pilote » qui pourra inspirer d'autres régions. Il se déroulera au Laboratoire de Météorologie Dynamique sur le campus de l'ENS. Il bénéficiera de l'effort considérable produit par les équipes de modélisation du Cerfacs et de Météo-France dans le cadre de l'exercice d'inter-comparaison de modèles CMIP6 sur lequel s'est appuyé le dernier rapport du GIEC, et DRIAS. Il s'inscrit dans les thématiques prioritaires pour le PNACC (Plan National d'Adaptation au Changement Climatique). Il bénéficiera d'un co-encadrement à 4 combinant diverses expertises et travaux communs en cours à la fois en matière de recherche fondamentale mais aussi de diffusion des connaissances et d'intégration des incertitudes pour les acteurs régionaux de l'adaptation au changement climatique.