

Sujet de stage de recherche en laboratoire

Année 2025

Laboratoire : LMD-ENS UMR8539 [Paris]

Durée : 4 à 6 mois (préférentiellement 6)

Niveau : Master 2 ou équivalent

Titre du stage : Projection de la ressource en eau en France à court-terme (2025-2040)

Nom et statut du (des) responsable (s) de stage : Christophe CASSOU, Florence HABETS, Antoine DOURY, Jean-Pierre VERGNES

Coordonnées (téléphone et email) du (des) responsable (s) de stage :

CC / Directeur de Recherche CNRS-LMD ; mail : christophe.cassou@lmd.ipsl.fr

FH / Directrice de Recherche CNRS-ENS, mail : florence.habets@ens.fr

AD / Chercheur Météo-France ; mail : antoine.doury@meteo.fr

JPV / Directeur de Recherche BRGM, mail : JP.Vergnes@brgm.fr

Sujet du stage :

Le réchauffement observé sur la France métropolitaine aujourd'hui [2013-2024] est de l'ordre de 2,1°C en moyenne annuelle par rapport au début du 20e siècle [1900-1930]. 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 anthropique 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. 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. Les précipitations sont fortement pilotées par la variabilité interne du climat qui va continuer à moduler le changement climat 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 à cette échéance, avec des conséquences importantes sur le remplissage des nappes, le débit des rivières et plus généralement la ressource en eau disponible. 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 de la ressource en eau en France à l'échelle régionale dans les deux prochaines décennies. Un ensemble de simulations climatiques régionalisées via des méthodes d'intelligence artificielle est déjà disponible et sera utilisé au cours de ce stage pour forcer un modèle hydrologique simulant les débits et le niveau des nappes en France afin de déterminer le panel des possibles de leur évolution. Plus concrètement, il s'agira de partitionner le panel de simulations en quelques « trames narratives climatiques » ou « famille de trajectoires climatiques » qui vont être représentatives des changements futurs possibles avant 2040, tels estimés à partir du modèle climatique CNRM-CM6 du groupe de Météo-France/Cerfacs, et de sa régionalisation à 12km sur le territoire national. L'analyse quantifiera l'importance de la variabilité interne pluriannuelle à multidécennale par rapport aux changements dus à l'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 nappes et les débits. Un accent particulier sera mis sur les années extrêmes, et en particulier les sécheresses aux impacts importants et sur la région Poitou-Charentes où les enjeux liés à l'eau sont cruciaux.

Ce stage 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 de l'expertise du BRGM sur la modélisation des nappes. Il s'inscrit dans les thématiques prioritaires pour le PNACC (Plan 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 pour les acteurs régionaux de l'adaptation au changement climatique.