

Toulouse, le 19 Juin 2023

A l'attention des Directrices/Directeurs d'Unités de Recherche associées au M2 SOAC

Cher.e.s Directrices/Directeurs d'Unités,

Le M2 SOAC (parcours Dynamique du Climat et parcours Etudes Environnementales) sollicite vos équipes pour proposer des sujets de stage de recherche sur les thématiques scientifiques du master (<https://masters.obs-mip.fr/soac/>) pour l'année universitaire 2023-2024. D'une durée de **6 mois**, ces stages pourront débuter à partir du **15 février 2024**, ou plus tard selon convenance, et devront finir au maximum le **30 septembre 2024**. Les soutenances intermédiaires de stage auront lieu **mi mai 2024** et les soutenances finales **au cours de la semaine du 2 septembre 2024 (dates précisées ultérieurement)**.

La date de retour des propositions de stage - via les Directeurs d'Unité - est fixée au **mercredi 20 septembre 2023**. Vous aurez la possibilité de présenter vos laboratoires et sujets de stage proposés au sein de vos équipes au cours d'une séance devant les étudiants et élèves le **mardi 26 septembre 2023** à l'ENM (créneaux d'environ 15-20 minutes). Si votre unité de recherches est concernée par un prochain changement de direction et si vous le souhaitez, vous pourrez associer la future direction à tout ou partie de la démarche. Les propositions de stage auront été validées au préalable par la Commission Pédagogique du master. Nous diffuserons en parallèle l'offre complète sur le site web du master à partir du **mercredi 27 septembre 2023**. La Commission Pédagogique du Master n'interviendra pas sur l'attribution de stages, qui relève de la seule compétence des chercheurs proposant les sujets. **Dès qu'une attribution sera conclue, nous remercions les chercheurs concernés de nous prévenir afin que le sujet soit retiré de la liste des propositions**. Nous souhaitons clore la phase d'attribution vers la moitié du mois de décembre 2023, ce qui laissera environ 2 mois aux étudiants/élèves pour contacter les chercheurs et visiter les laboratoires d'accueil.

Vous trouverez ci-après : le modèle de fiche à remplir pour chaque sujet de stage proposé (**sur 1 seule page et sans figure SVP**), et le guide du stage qui rappelle les objectifs de ces stages de recherche et qui sert de référence pour leur évaluation (à transmettre aux responsables de stage).

Pour nous faciliter la manipulation des nombreux fichiers (création d'un document de compilation), nous vous serions reconnaissants de nous retourner par mail les fiches de stage sur la page suivante au format .pdf et avec la nomenclature ci-après :

M2SOAC-2024-proposition-stage-LABORATOIRE-ENCADRANT.pdf

Nous vous remercions pour votre collaboration et vous adressons nos plus cordiales salutations.

Véronique PONT

*Responsable UPS
du M2 SOAC-DC*

Olivier PANNEKOUCKE

*Responsable INPT
des M2 SOAC-DC et SOAC-EE*

Dominique SERÇA

*Responsable UPS du master
SOAC et du M2 SOAC-EE*

M2 SOAC : Fiche de stage de recherche en laboratoire

Laboratoire : CNRM, UMR 3589 (Météo France et CNRS)

Titre du stage : Prévisibilité des sécheresses en Europe

Nom et statut du (des) responsable (s) de stage :

Constantin Ardilouze, chercheur ITM

Hervé Douville, chercheur IPEF

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

constantin.ardilouze@meteo.fr / herve.douville@meteo.fr

05 61 07 99 12 / 05 61 07 96 25

Sujet du stage :

Les sécheresses en Europe peuvent avoir de lourdes conséquences économiques, environnementales et sociétales (Stahl et al. 2016, Naumann et al. 2021), notamment en été, quand la consommation d'eau augmente et qu'apparaissent des tensions sur ses différents usages (agriculture, tourisme, soutien d'étiage, refroidissement de centrales).

Les sécheresses météorologiques (manque de précipitations) sont habituellement suivies de sécheresses dites « agricoles », correspondant à un déficit de l'humidité de la zone racinaire des sols, voire de sécheresses hydrologiques concernant quant à elles les aquifères et les rivières. Sur le sud de l'Europe, le 6ème rapport du GIEC indique avec un bon degré de confiance un accroissement de l'intensité et de la durée des sécheresses agricoles estivales au cours du siècle, pour un scénario de réchauffement global de +2°C (AR6 Chapitre 11, Seneviratne et al. 2021).

Dans ce contexte, anticiper les sécheresses extrêmes avec quelques mois d'avance pourrait faciliter les arbitrages sur le partage de la ressource en eau et, potentiellement, permettre des choix plus judicieux concernant la gestion des réservoirs artificiels ou des surfaces cultivables. La prévision saisonnière donne une indication des anomalies climatiques attendues pour les 7 prochains mois mais ses performances restent limitées en Europe, en particulier pour les précipitations. Néanmoins, la mémoire hydrologique liée aux réservoirs de neige et d'eau douce, et les interactions surface-atmosphère confèrent une certaine prévisibilité aux sécheresses agricoles (Esit et al., 2021). D'autre part, les anomalies de circulation atmosphérique associées aux sécheresses les plus persistantes sont potentiellement plus prévisibles que les autres, lorsqu'elles sont la signature de modes de variabilité interannuelle capturés par les modèles (Meehl et al., 2021). Enfin, peu d'études se sont intéressées à la prévisibilité intégrée sur des périodes allant jusqu'à 7 mois, allant ici de la fin de l'hiver (période de recharge hydrologique, faible évaporation) jusqu'à la fin de l'été.

L'objectif de ce stage est le suivant:

- Caractériser à partir de réanalyses (ex : ERA5) et observations (ex : CRU, GPCC) les sécheresses survenues au cours des 40 dernières années en Europe. On se basera sur les indices standardisés de bilan d'eau à la surface (SPEI) et sur l'humidité du sol en zone racinaire. On distinguera éventuellement l'Europe du Nord et l'Europe méditerranéenne. Les circulations atmosphériques moyennes (pression au niveau de la mer, hauteur du géopotential à 500 hPa) et température de surface océanique (TSO) associées seront analysées. Un des enjeux de cette partie est d'étudier la sensibilité des résultats au mode de calcul de l'évapotranspiration potentielle qui concourt à l'indice SPEI (Joetzjer et al. 2013), mais aussi à l'agrégation spatiale et temporelle des indices de sécheresse. Une référence de comparaison sera notamment la base de données de sécheresses implémentée par Spinoni et al (2019).

- Evaluer les performances de la prévision des indices de sécheresse (SPEI, humidité du sol) et des anomalies de circulation et de TSO associées, sur l'intégralité de la période 1993-2018, et pour certaines sécheresses exceptionnelles identifiées à partir des observations. On s'appuiera sur les re-prévisions du système 8 de Météo France initialisées le 1^{er} février pour chacune des années de la période, et couvrant 7 mois.

Ce stage peut être considéré comme un préalable à une thèse qui sera proposée en lien direct avec ce sujet, mais inscrite dans le contexte du changement climatique et élargie à d'autres impacts potentiellement liés aux sécheresses (canicules et feux de forêts) ainsi qu'à d'autres régions où la prévisibilité est potentiellement plus importante et/ou plus sensible au changement climatique (ex : Amérique du Nord, Amazonie).

Esit, M., Kumar, S., Pandey, A., Lawrence, D. M., Rangwala, I., & Yeager, S. (2021). Seasonal to multi-year soil moisture drought forecasting. *npj Climate and Atmospheric Science*, 4(1), 16.

Joetzjer, E., Douville, H., Delire, C., Ciais, P., Decharme, B., & Tyteca, S. (2013). Hydrologic benchmarking of meteorological drought indices at interannual to climate change timescales: a case study over the Amazon and Mississippi river basins. *Hydrology and Earth System Sciences*, 17(12), 4885-4895.

Meehl, G. A., Richter, J. H., Teng, H., Capotondi, A., Cobb, K., Doblas-Reyes, F., ... & Xie, S. P. (2021). Initialized Earth System prediction from subseasonal to decadal timescales. *Nature Reviews Earth & Environment*, 2(5), 340-357.

Naumann, G., Cammalleri, C., Mentaschi, L., & Feyen, L. (2021). Increased economic drought impacts in Europe with anthropogenic warming. *Nature Climate Change*, 11(6), 485-491.

Seneviratne, S.I., X. Zhang, M. Adnan, W. Badi, C. Dereczynski, A. Di Luca, S. Ghosh, I. Iskandar, J. Kossin, S. Lewis, F. Otto, I. Pinto, M. Satoh, S.M. Vicente-Serrano, M. Wehner, and B. Zhou, 2021: Weather and Climate Extreme Events in a Changing Climate. In *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1513–1766, doi: [10.1017/9781009157896.013](https://doi.org/10.1017/9781009157896.013).

Spinoni, J., Barbosa, P., De Jager, A., McCormick, N., Naumann, G., Vogt, J. V., ... & Mazzeschi, M. (2019). A new global database of meteorological drought events from 1951 to 2016. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 22, 100593.

Stahl, K., Kohn, I., Blauhut, V., Urquijo, J., De Stefano, L., Acácio, V., ... & Van Lanen, H. A. (2016). Impacts of European drought events: insights from an international database of text-based reports. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 16(3), 801-819.

GUIDE DU STAGE DE FIN D'ETUDE (2023-2024)

Le stage de fin d'étude est une phase de formation de l'étudiant, au cours de laquelle l'encadrant joue un rôle prépondérant et propose diverses activités répondant toutes à des objectifs particuliers :

1. *Travail bibliographique* : savoir resituer son sujet dans le contexte d'étude correspondant.
2. *Assimilation de méthodes, d'approches, de techniques* : savoir manipuler des données, utiliser et/ou développer un modèle, mener des expériences, mettre en place une approche ou une méthode afin d'obtenir des résultats nécessaires à l'analyse d'un problème, à la résolution d'une question scientifique ou industrielle.
3. *Support de communication (poster / rapport)*: savoir rédiger une synthèse de ses travaux dans un format imposé, en faisant preuve de clarté et d'esprit de synthèse, avec un choix judicieux d'illustrations (figures, tableaux...).
4. *Soutenance orale* : savoir présenter de façon synthétique ses travaux et défendre ses résultats devant une assistance au cours d'une série de questions/réponses.
5. *Effort de pédagogie* : savoir expliciter son propos devant une assistance dont tous les membres ne sont pas spécialistes du domaine présenté.

Le jury doit pouvoir **évaluer les compétences acquises** par l'étudiant dans ces diverses activités, afin de vérifier que tous les objectifs de la formation ont été atteints. **Pour les élèves/étudiants travaillant sur un sujet plutôt à connotation 'recherche'** évalué par le jury SOAC 'Recherche', une **évaluation, à mi parcours** du stage environ, est faite sous format poster et oral associé. A l'échéance de la durée complète du stage, **pour l'ensemble des étudiants/élèves**, l'**évaluation finale** est quant à elle basée sur le rapport de stage, la soutenance orale et l'appréciation de l'encadrant de stage.

"Quelle réponse apporter à quelle problématique et avec quelle approche?" Ce questionnement peut servir de fil rouge à l'étudiant qui devra démontrer son esprit critique vis-à-vis des résultats obtenus et de la méthode de travail choisie, et faire preuve de qualités pédagogiques pour bien faire comprendre ses travaux. Il pourra, si possible, montrer les apports des différents cours qu'il a suivis pendant toute la durée du master. Par ailleurs, le jury doit pouvoir bien cerner **le travail effectif et personnel de l'étudiant** que ce dernier devra mettre en évidence en particulier dans son rapport écrit.

Pour les évaluations à mi-parcours :

Présentation sous forme d'oral de 8 minutes d'un poster : du même type que ceux demandés en session poster d'un congrès scientifique, qui contiendra les éléments suivants : (i) état de l'art de la question scientifique abordée avec mise en avant du contexte scientifique ; (ii) état d'avancement des travaux ; et (iii) analyse des premiers résultats ; (iv) suite du travail et perspectives. 1 à 2 questions seront ensuite posées par le jury.

Le poster pourra être rédigé en anglais ou en français.

Pour les évaluations finales :

* Rapport de stage :

- 25 à 30 pages maximum dont le contenu indicatif est le suivant : 1 résumé, 1 table des matières, 1 liste des acronymes si le texte en utilise, 1 introduction (posant la problématique, resituant les questions abordées dans leur contexte scientifique ou industriel, et présentant la démarche utilisée/suivie pour aborder cette thématique), 1 description de la méthodologie, 1

présentation des résultats ou des cas d'étude, 1 discussion, 1 conclusion avec des perspectives, 1 conclusion personnelle d'une demi-page (apport du stage), 1 bibliographie.

- Possibilité de mettre des annexes (utiles pour l'équipe d'accueil) qui ne seront pas évaluées et dont la lecture ne doit pas être indispensable à la compréhension du rapport.
- Format impératif des 25 à 30 pages : police de caractères de taille 12, marges de 2,5 cm.

* Soutenance de stage :

- Présentation sous forme de diaporama (PowerPoint Windows XP ou Acrobat pdf) d'une durée de 15 minutes, suivie de 5 minutes de questions, en présence de l'encadrant, qui ne peut intervenir.
- Chaque soutenance est suivie de 5 minutes de délibération en présence du responsable de stage dans un premier temps, et en son absence dans un second temps.