

## **Title: Study of the influence of North Atlantic Ocean temperatures in autumn on precipitation extremes in Europe based on simulations over the last 6000 years**

Supervisor: Pascale Braconnot, LSCE, Orme des Merisiers, bât 712, 91191 Gif sur Yvette (France) cedex, [pascale.braconnot@lsce.ipsl.fr](mailto:pascale.braconnot@lsce.ipsl.fr), tel: 01 69 08 77 21

Co-supervisor : Olivier Marti (LSCE), Robin Noyelle (ETH Zurich, Switzerland), [robin.noyelle@env.ethz.ch](mailto:robin.noyelle@env.ethz.ch)

Place of training: LSCE, Orme des Merisiers, Saclay, France

PhD possibility: yes, on a related subject.

### **Topic:**

Ongoing global warming and abnormally warm Atlantic Ocean surface temperatures (SSTs) are the factors being invoked to explain intense precipitation events in Europe. However, the causal relationships between SST and extreme events in Europe are not fully understood, partly because these are rare events, and the number of events recorded in the series of instrumental or satellite observations is small in relation to the statistical sampling criteria. We propose to address this issue here, by seeking to detect changes in the behavior of precipitation extremes over the last 6,000 years using simulations performed with the same version of the IPSL model as that used for climate projections (Braconnot et al., 2019). Climate evolution over this 6,000-year period is driven mainly by slow variations in solar radiation at the top of the atmosphere, which favored warmer temperatures in the North Atlantic in autumn 6,000 years ago compared with the pre-industrial period (Wohlfahrt et al., 2004). Studies have also shown that climate feedbacks at this time of year in the Arctic were similar to those highlighted for future projections (Lainé et al., 2016; Masson-Delmotte et al., 2006).

The goal of the internship is to determine whether these warmer SSTs favor intense precipitation events over Europe. It will involve:

1. The characterization of changes in North Atlantic temperatures for the months of September to November over time using monthly data, and compare these characteristics with current or future trends. The study will take into account long-term trends and fluctuations on decadal and secular scales.
2. The characterization of precipitation events over Europe using monthly and then daily data.
3. The selection from a range of existing statistical methods for grouping grid points with similar behaviours (Falasca et al., 2020) or dealing with analogous situations (Noyelle et al., 2024; Yiou et al., 2014). The starting point for this reflection will come from distribution and classification analyses between rainfall event classes by European sub-regions and SST classes.
4. Testing the hypothesis of a direct link between warmer SST and the frequency or intensity of extreme events and, depending on the case, to determine the dynamic conditions in atmospheric circulation that favor extremes.
5. Depending on the time, to question the credibility of the results in relation to paleoclimatic reconstructions and observations available for the current period.

## **Titre : Etude de l'influence de température chaude de l'océan Atlantique nord en automne sur les extrêmes de précipitation en Europe à partir de simulations des derniers 6 000 ans**

Proposante : Pascale Braconnot, LSCE, Orme des Merisiers, bât 712, 91191 Gif sur Yvette cedex, [pascale.braconnot@lsce.ipsl.fr](mailto:pascale.braconnot@lsce.ipsl.fr), tel :01 69 08 77 21

Co-encadrant : Olivier Marti (LSCE), Robin Noyelle (ETH Zurich, Suisse), [robin.noyelle@env.ethz.ch](mailto:robin.noyelle@env.ethz.ch)

Lieu du stage : LSCE, Orme des Merisiers, Saclay

Possibilité thèse : oui sur un sujet proche.

### **Sujet :**

Le réchauffement climatique en cours et les températures de surface (SST) de l'océan Atlantique anormalement chaudes sont les facteurs qui sont invoqués pour expliquer les événements de précipitation intenses en Europe. L'ensemble des relations de causalité entre les SST et les événements extrêmes en Europe n'est cependant pas entièrement compris, ce qui provient en partie du fait qu'il s'agit d'événements rares et que le nombre d'événements répertoriés dans les séries d'observations instrumentales ou satellites est petit au regard des critères statistiques d'échantillonnage. Nous proposons ici d'aborder la question, en cherchant à détecter des changements de comportement des extrêmes de précipitation sur les derniers 6 000 ans à partir de simulations réalisées avec la même version du modèle de l'IPSL que celle utilisée pour les projections climatiques (Braconnot et al., 2019). L'évolution du climat sur cette période de 6 000 ans est pilotée principalement par les variations lentes du rayonnement solaire au sommet de l'atmosphère qui favorisent des températures plus chaudes de l'Atlantique nord à l'automne il y a 6 000 ans par rapport à la période préindustrielle (Wohlfahrt et al., 2004). Des études ont également montré que les rétroactions climatiques à cette époque de l'année en Arctique était analogues à celle mise en évidence pour les projections futures (Laiñé et al., 2016; Masson-Delmotte et al., 2006).

L'objectif du stage est de déterminer si ces SST plus chaudes favorisent des événements de précipitation intense sur l'Europe. Il s'agira :

1. De caractériser les changements de température de l'Atlantique nord pour les mois de septembre à novembre au cours du temps à partir de données mensuelles et de comparer ces caractéristiques avec l'évolution actuelle ou future. L'étude tiendra compte des tendances à long termes et des fluctuations aux échelle décennales et séculaires.
2. De caractériser les événements de précipitation sur l'Europe à partir de données mensuelles puis journalières
3. De choisir dans une panoplie de méthodes statistiques existantes permettant de regrouper les points de grilles ayant des comportements similaires (Falasca et al., 2020) ou de traiter des situations analogues (Noyelle et al., 2024; Yiou et al., 2014) les méthodes les plus adaptées au sujet traité. Le point de départ pour cette réflexion viendra d'analyses de distribution et classification entre les classes d'événements pluvieux par sous régions en Europe et classes de SST.
4. De tester l'hypothèse d'un lien direct entre SST plus chaudes et fréquence ou intensité d'événements extrêmes et, suivant les cas, de déterminer les conditions dynamiques de la circulation atmosphérique favorisant les extrêmes.
5. Suivant le temps, de s'interroger sur la crédibilité des résultats aux regards des reconstructions paléoclimatiques et observations disponibles pour la période actuelle.

## References

Braconnot, P., Crétat, J., Marti, O., Balkanski, Y., Caubel, A., Cozic, A., Foujols, M.-A., and Sanogo, S.: Impact of Multiscale Variability on Last 6,000 Years Indian and West African Monsoon Rain, *Geophys. Res. Lett.*, 46, 14021–14029, <https://doi.org/10.1029/2019gl084797>, 2019.

Falasca, F., Crétat, J., Braconnot, P., and Bracco, A.: Spatiotemporal complexity and time-dependent networks in sea surface temperature from mid- to late Holocene, *Eur. Phys. J. Plus*, 135, 392, <https://doi.org/10.1140/epjp/s13360-020-00403-x>, 2020.

Laîné, A., Yoshimori, M., and Abe-Ouchi, A.: Surface Arctic Amplification Factors in CMIP5 Models: Land and Oceanic Surfaces and Seasonality, *J. Clim.*, 29, 3297–3316, <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-15-0497.1>, 2016.

Masson-Delmotte, V., Kageyama, M., Braconnot, P., Charbit, S., Krinner, G., Ritz, C., Guilyardi, E., Jouzel, J., Abe-Ouchi, A., Crucifix, M., Gladstone, R. M., Hewitt, C. D., Kitoh, A., LeGrande, A. N., Marti, O., Merkel, U., Motoi, T., Ohgaito, R., Otto-Bliesner, B., Peltier, W. R., Ross, I., Valdes, P. J., Vettoretti, G., Weber, S. L., Wolk, F., and Yu, Y.: Past and future polar amplification of climate change: climate model intercomparisons and ice-core constraints (vol 26, pg 513, 2006), *Clim. Dyn.*, 27, 437–440, <https://doi.org/DOI 10.1007/s00382-006-0149-1>, 2006.

Noyelle, R., Faranda, D., Robin, Y., Vrac, M., and Yiou, P.: Attributing the occurrence and intensity of extreme events with the flow analogues method, <https://doi.org/10.5194/egusphere-2024-3167>, 24 October 2024.

Wohlfahrt, J., Harrison, S. P., and Braconnot, P.: Synergistic feedbacks between ocean and vegetation on mid- and high-latitude climates during the mid-Holocene, *Clim. Dyn.*, 22, 223–238, <https://doi.org/DOI 10.1007/s00382-003-0379-4>, 2004.

Yiou, P., Boichu, M., Vautard, R., Vrac, M., Jourdain, S., Garnier, E., Fluteau, F., and Menut, L.: Ensemble meteorological reconstruction using circulation analogues of 1781–1785, *Clim. Past*, 10, 797–809, <https://doi.org/10.5194/cp-10-797-2014>, 2014.