

Thèse Météo France – IRSN

Températures maximales en France au 21ème siècle

[English version below]

Laboratoires / Labs :

Centre National de Recherches Météorologiques (CNRM, Météo France, CNRS), Toulouse
Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN), Fontenay-aux-Roses

Cette thèse est une collaboration Météo France – IRSN. La thèse se déroulera principalement au CNRM (Toulouse) mais inclura un séjour de 6 mois à 1 an à l'IRSN (Fontenay-aux-Roses).

Encadrants / Advisors :

Aurélien Ribes, CNRM, chercheur, 0561079615, aurelien.ribes@meteo.fr
Philippe Naveau, IPSL/LSCE, DR, HDR, naveau@lsce.ipsl.fr
Nathalie Bertrand, IRSN, chercheuse, nathalie.bertrand@irsn.fr

Salaire / Salary : 2061€ / mois (salaire brut ; environ 1600€ / mois net), avec possibilité de moniorat en complément.

Nature du travail et compétences souhaitées :

Le travail attendu correspond à une thèse de statistiques appliquées au climat, et demande dans l'idéal des connaissances dans ces deux domaines. Formation demandée : M2 en mathématiques appliquées (statistiques) avec un intérêt pour les sciences du climat, ou M2 en sciences du climat avec de solides connaissances en statistiques. Une connaissance des statistiques des valeurs extrêmes et des statistiques bayésiennes serait appréciée.

D'un point de vue technique, une expérience avec python et/ou R est souhaitée.

Candidature :

Envoyer aux encadrants **avant le 8 avril 2022** :

- CV,
- lettre de motivation,
- nom et adresse email de 2 référents.

Sujet de thèse

L'évolution des vagues de chaleur en changement climatique est un phénomène bien documenté. Avec un effet de serre accru, les canicules deviennent plus fréquentes, plus intenses, plus longues, et sont susceptibles de se produire au cours d'une saison plus étendue (IPCC, 2021). Plusieurs vagues de chaleur survenues ces dernières années en France ont été directement attribuées à l'influence humaine sur le climat (e.g., Ribes et al., 2019 ; Vautard et al., 2020 ; Robin & Ribes, 2020). L'intensification déjà observée des vagues de chaleur est appelée à se poursuivre au cours des prochaines décennies, dans des proportions qui dépendront des émissions de gaz à effet de serre (GES), mais aussi de la sensibilité du climat à l'augmentation de l'effet de serre.

Afin de se prémunir contre des canicules sensiblement plus fortes, un certain nombre d'applications, parmi lesquelles les questions de sécurité nucléaire, nécessitent de quantifier le risque de dépassement de niveaux élevés de température. Ce calcul repose souvent sur une approche probabiliste, e.g., via l'estimation de niveaux de retour. Cependant, les méthodes classiquement utilisées sont valables dans un cadre stationnaire, c'est-à-dire sans changement climatique. L'objectif de cette thèse sera de généraliser la notion de niveau de retour au contexte d'un climat changeant, puis d'en estimer les valeurs pour les températures maximales attendues en France d'ici à 2100, sur différents sites d'intérêt.

Une première étape consistera à étendre la notion de durée de retour à un contexte non-stationnaire. Dans un climat stationnaire, l'événement de durée de retour 1000 ans a 1/1000 chances de se produire chaque année. Ce cadre est remis en cause par le changement climatique pour deux raisons : (i) la non-stationnarité, et (ii) l'incertitude sur l'évolution future du climat. Différentes approches ont été proposées pour généraliser les durées de retour dans un cadre non-stationnaire (e.g., Yan et al., 2017 ; Parey, 2021). Nous nous intéresserons notamment à la probabilité de dépasser une température seuil au cours de l'ensemble de la durée de vie d'un ouvrage et établirons une équivalence avec les durées de retour du cadre stationnaire. Cette notion est également adaptée à la prise en compte d'incertitude sur l'évolution climatique future. Le risque d'atteindre des températures élevées étant plus grand dans le cas d'un réchauffement marqué, cette métrique nous conduira à examiner des scénarios « low likelihood, high risk ».

Dans une deuxième étape, une estimation sera faite des niveaux de température maximale attendus d'ici la fin du siècle. Ce calcul sera mené en suivant un cadre statistique utilisé pour l'étude de canicules récentes (Robin et Ribes, 2020), qui repose sur l'utilisation de distributions « Generalized Extreme Value » (GEV) non-stationnaires. Ce cadre permet notamment de faire une synthèse entre les données simulées par des modèles de climat et les observations, via un traitement bayésien : les modèles fournissent un a priori, puis on calcule une distribution a posteriori sachant les observations. On applique ainsi une « contrainte observationnelle » : les modèles qui simulent un changement irréconciliable avec les observations disponibles sont exclus. Ce type de contrainte a montré une certaine efficacité pour les changements de température moyenne globale (e.g., Ribes et al., 2021), et on en évaluera ici les implications à échelle France.

Le travail de thèse visera à adapter cette procédure pour étudier les températures maximales attendues jusqu'à une échéance future (e.g., 2100), à l'échelle locale, sur différents sites d'intérêt. Le fait de travailler à l'échelle locale pose plusieurs défis. Primo, le choix des séries d'observations les plus adaptées, possiblement avec une compétition entre qualité (profondeur historique, homogénéité), et proximité géographique. Secundo, le choix des modèles climatiques les plus adaptés, notamment entre modèles globaux (disponibilité d'ensembles, bonne description des incertitudes, mais résolution médiocre), ou régionaux (i.e., ne couvrant que l'Europe, mais avec une résolution plus élevée). Tertio, quel que soit le type de modèles utilisés, le traitement statistique (correction de biais) des données simulées fera l'objet d'une attention particulière (les techniques de correction de biais sont souvent éprouvées pour les valeurs moyennes, leur impact sur les valeurs les plus extrêmes nécessite davantage de prudence). L'utilisation d'une technique de descente d'échelle très simple, mais robuste pour la queue de distribution sera étudiée (e.g., Christidis et al., 2021).

Enfin, une réflexion sera menée sur la bonne façon de prendre en compte l'incertitude d'estimation, i.e., l'intervalle de confiance sur une durée de retour estimée.

PhD at Météo France – IRSN

Maximum temperature in France in the 21st century

Labs :

Centre National de Recherches Météorologiques (CNRM, Météo France, CNRS), Toulouse
Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN), Fontenay-aux-Roses

This PhD is a collaboration between Météo France and IRSN. The thesis will take place mainly at CNRM (Toulouse) but will include a stay of 6 months to 1 year at IRSN (Fontenay-aux-Roses).

Advisors :

Aurélien Ribes, CNRM, research scientist, 0561079615, aurelien.ribes@meteo.fr
Philippe Naveau, IPSL/LSCE, DR, HDR, naveau@lsce.ipsl.fr
Nathalie Bertrand, IRSN, research scientist, nathalie.bertrand@irsn.fr

Salary : 2061€ / month (gross salary; corresponding to a net salary of about 1600€ / month).
Possibility of supplementing this salary with teaching activities.

Type of work and expected skills:

This work is a PhD in statistics applied to climate, and ideally requires knowledge in both fields.
Required Education: a M2 degree in applied mathematics (statistics) with an interest in climate science, or a M2 degree in climate science with a strong background in statistics. Knowledge of extreme value statistics and Bayesian statistics would be appreciated.
From a technical point of view, experience with python and/or R is desirable.

Application:

Applicants should send to the three advisors by **Friday 8 April 2022:**

- CV
- cover letter
- names and email address of 2 referees.

PhD research topic – English version

The evolution of heat waves under climate change is well-documented. As the greenhouse effect increases, heat waves become more frequent, more intense, longer, and are likely to occur over a longer season (IPCC, 2021). Several heat waves that occurred in recent years in France have been directly attributed to human influence on climate (e.g., Ribes et al., 2019; Vautard et al., 2020; Robin & Ribes, 2020). The already observed intensification of heat waves is likely to continue in the coming decades, in proportions that will depend on greenhouse gas (GHG) emissions, and on the climate sensitivity to increasing greenhouse effect.

In order to protect against significantly higher heat waves in the future, a number of activities, including nuclear safety issues, require quantifying the risk of exceeding high temperature levels. This calculation is often based on a probabilistic approach, e.g., via the estimation of return levels. However, most methods are valid in a stationary framework, i.e. without climate change. The objectives of this thesis are to generalize the notion of return level to the context of a changing climate, and to estimate the values for the maximum temperatures to be expected in France by 2100, at different locations of interest.

As a first step, we will extend the notion of return period to a non-stationary context. In a stationary climate, the 1000-year return period event has a 1/1000 chance of occurring each year. This framework is challenged by climate change for two reasons: (i) non-stationarity, and (ii) uncertainty about future climate change. Different approaches have been proposed to generalize return levels in a non-stationary framework (e.g., Yan et al., 2017; Parey, 2021). In particular, we will focus on the probability of exceeding a threshold temperature over the entire lifetime of a structure and establish some equivalence with stationary return levels. This concept will also be adapted to take into account uncertainty on future climate evolution. The risk of reaching high temperatures being greater in the case of a marked warming, this metric will lead us to examine "low likelihood, high risk" scenarios.

In a second step, we will calculate concretely the maximum temperature levels expected by the end of the century. This calculation will be carried out following a statistical framework used for the study of recent heat waves (Robin and Ribes, 2020), which is based on the use of non-stationary Generalized Extreme Value (GEV) distributions. This framework makes it possible to synthesize data simulated by climate models and observations, via a Bayesian treatment: the models provide an a priori, then an a posteriori distribution is calculated "given observations". In this way, an "observational constraint" is applied: models that simulate a change that is irreconcilable with the available observations are excluded. This type of constraint has recently proven to be quite effective for global mean temperature changes (e.g., Ribes et al., 2021), and will be tested at a smaller spatial scale here.

We will aim at adapting this procedure to study the maximum temperatures expected up to a future date (e.g., 2100), at the local scale, at some locations of interest. Working at the local scale poses several challenges. First, the choice of the most suitable observed time-series, possibly with a competition between quality (historical depth, homogeneity) and geographical proximity. Second, the choice of the most suitable climate models, e.g., global models (ensembles available, good sampling of uncertainties, but poor resolution), or regional models (i.e., covering only Europe, but with a higher resolution). Third, whatever the type of model used, the statistical treatment (bias correction) of the simulated data will require particular attention (bias correction techniques are often designed for mean values, their impact on the most extreme values will be examined carefully). The use of a very simple but robust downscaling technique for the tail of the distribution will be studied (e.g., Christidis et al., 2021).

Finally, a reflection will be carried out on the appropriate way to take into account the estimation uncertainty, i.e., the confidence interval on an estimated return level or period.

References

- Christidis N., M. McCarthy, P.A. Stott (2021) The increasing likelihood of temperatures above 30 to 40 °C in the United Kingdom, *Nature Communications*, doi : 10.1038/s41467-020-16834
- Naveau P., A. Hannart, and A. Ribes (2020) Statistical methods for extreme event attribution in climate science. *Annual Review of Statistics and Its Application*, 7 :89–110.
- Parey, S. (2021) Estimation d'extrêmes hydrométéorologiques en contexte de changement climatique, HDR.
- Ribes A., S. Thao, J. Cattiaux (2020) : Describing the relationship between a weather event and climate change: a new statistical approach, *Journal of Climate*, 33 (15), 6297–6314, doi:10.1175/JCLI-D-19-0217.1.
- Ribes, A., S. Qasmi, N. Gillett (2021) Making climate projections conditional on historical observations, *Science Advances*, 7 (4), eabc0671, doi:10.1126/sciadv.abc0671.
- Robin, Y., A. Ribes (2020) Non-stationary GEV analysis for event attribution combining climate models and observations, *ASCMO*, 6 (2), 205–221, doi:10.5194/ascmo-6-205-2020
- Soubeyroux, J.-M., S. Bernus, L. Corre, et al. (2021) Les nouvelles projections climatiques de référence DRIAS-2020 pour la métropole.
- Vautard, R., M. van Aalst, O. Boucher, A. Drouin, K. Haustein, F. Kreienkamp, G. van Oldenborgh, F. Otto, A. Ribes, Y. Robin, M. Schneider, J.-M. Soubeyroux, P. Stott, S. Seneviratne, M. Vogel, M. Wehner (2020) Human contribution to the record-breaking June and July 2019 heat waves in Western Europe, *ERL*, 15 (9), 094077, doi:10.1088/1748-9326/aba3d4.
- Yan L., Xiong L., Guo S., Xu C.Y., Xia J., Duc T. (2017) Comparison of four nonstationary hydrologic design methods for changing environment. *Journal of Hydrology* 551, 132–150, doi : 10.1016/j.jhydrol.2017.06.001
- Vautard, R., M. van Aalst, O. Boucher, A. Drouin, K. Haustein, F. Kreienkamp, G. van Oldenborgh, F. Otto, A. Ribes, Y. Robin, M. Schneider, J.-M. Soubeyroux, P. Stott, S. Seneviratne, M. Vogel, M. Wehner (2020) Human contribution to the record-breaking June and July 2019 heat waves in Western Europe, *ERL*, 15 (9), 094077, doi:10.1088/1748-9326/aba3d4.