Résumé: (Robin Noyelle)

Ma thèse porte sur les aspects statistiques et dynamiques des vagues de chaleur extrêmes dans les moyennes latitudes. Son originalité est de croiser des approches physiques et statistiques innovantes afin de répondre à des questions importantes concernant les événements de chaleur extrêmes et très extrêmes, dont l’impact sur les sociétés humaines et les écosystèmes est majeur. Mon approche est à l'interface entre statistique, climatologie et physique statistique.

Mon premier axe de recherche traite de la question de la température maximale atteignable pendant une vague de chaleur. Cette question est à la fois fondamentale – car elle traite d’une des propriétés statistiques du
système climatique – et appliquée – dans la mesure où elle permet d’informer l’adaptation des sociétés humaines à ces événements très intenses. Je fais usage de la théorie des valeurs extrêmes, qui est classiquement utilisée pour estimer les niveaux et temps de retour d'événements extrêmes. Je montre que cette théorie sous-estime les probabilités et intensités des événements de chaleur les plus intenses – typiquement centennaux – et en particulier qu’elle estime des températures maximales atteignables qui sont nettement en dessous des possibles. A la suite d’un premier travail publié dans Environmental Research Letters, je propose de combiner la théorie des
valeurs extrêmes avec une approche physique de la borne supérieure des températures de surface basée sur le déclenchement de la convection humide (Zhang and Boos, 2023). Je montre que cette proposition permet d'améliorer l’estimation de la probabilité et de l'intensité des événements les plus extrêmes, justifiant le couplage entre les approches physiques et statistiques.

Le deuxieme axe porte sur les résultats de simulations d'étés chauds et très chauds dans le modèle de climat de l’IPSL. J’applique une technique issue de la physique statistique appelée algorithme d'événements rares pour guider la simulation du modèle afin de produire des étés très chauds, très secs et très anticycloniques en Europe de l’Ouest. La façon dont l’algorithme guide ces simulations est contrôlée, ce qui permet d’estimer avec précisions les
propriétés climatologiques du système et en particulier les probabilités de ces étés très rares. Je montre que cette méthode échantillonne des étés avec des temps de retours entre cent et un million d'années, ce qui serait impossible avec une simulation classique du fait du coût de simulation associé. Grâce à ces simulations, j’ai accès à un grand nombre d'étés très chauds, ce qui permet d'étudier avec précisions les mécanismes physiques qui mènent à ce genre d'événements. Je montre en particulier qu’ils sont constitués d’une succession de vagues de chaleur modérément intenses, et que dynamiquement ils sont associés à une structure anticyclonique non-barotrope et à des sols secs dont les anomalies les plus fortes ne sont pas locales mais décalées spatialement. Mon application de l’algorithme d'événements rares est novatrice, économe en coût de calcul et permet d’obtenir des résultats solides sur ces événements très rares, ce qui n'était pas possible avec les approches plus classiques en modélisation du climat.