

Étude à fine échelle de l'îlot de chaleur urbain par modélisation bayésienne à partir de données opportunes

Thèse soutenue par **Eva Marquès**

le mercredi 11 janvier 2023 à 9h30
Salle Joël Noilhan, bâtiment Navier
Centre National de Recherches Météorologiques
42, Avenue Gaspard Coriolis

École doctorale
Sciences de l'Univers, de l'Environnement et de l'Espace

Spécialité
Météorologie, Océanographie Physique et Physique de l'Environnement

Unité de recherche
Centre National de Recherches Météorologiques

Établissement de rattachement
Institut National Polytechnique de Toulouse

Jury
Liliane Bel, Examinatrice
Sylvain Bigot, Rapporteur
Julia Hidalgo, Examinatrice
Thomas Romary, Rapporteur
Valéry Masson, Directeur de thèse
Philippe Naveau, Co-directeur de thèse
Olivier Mestre, Co-encadrant

Pour joindre la réunion d'ordinateur ou d'un téléphone mobile:
<https://bluejeans.com/354327451/9867?src=calendarLink>

Meeting ID: 354 327 451
Participant Passcode : 9867

Résumé (english version below)

L'îlot de chaleur urbain (ICU), qui caractérise le différentiel de température entre un environnement urbain et le milieu rural environnant, est un phénomène météorologique à fort enjeu. Plus de la moitié de la population mondiale vit en ville où elle cohabite avec une biodiversité particulièrement vulnérable. En contexte de changement climatique, les vagues de chaleur deviennent plus fréquentes, leur durée et leur intensité augmentent. La hausse des températures due au milieu urbain s'ajoute à l'élévation de la température globale et accroît la vulnérabilité des citadins au stress thermique. L'observation de la température de l'air est essentielle pour faire avancer la recherche sur l'ICU, améliorer les prévisions numériques du temps en milieu urbain et éclairer les acteurs de l'aménagement qui souhaitent déployer des dispositifs d'atténuation. Or l'installation de réseaux de mesure urbains denses est coûteuse et la plupart des villes n'ont pas accès à l'observation fine échelle sur leur territoire. L'objectif de cette thèse est de montrer l'apport de données opportunes issues de stations météorologiques amateurs et de véhicules connectés, omniprésents en ville. Une méthodologie statistique qui fusionne ces mesures opportunes permet de produire une analyse fine échelle de l'ICU. En s'appuyant sur les réseaux professionnels des villes laboratoires de Dijon et Rennes, nous avons analysé chacune des deux sources de données pour mieux comprendre les causes des erreurs de mesure. Même si les observations opportunes sont particulièrement sujettes aux erreurs, des traitements proposés dans cette thèse permettent de les nettoyer efficacement afin d'en tirer un signal de qualité. Un modèle bayésien hiérarchique inféré avec l'approche INLA-SPDE est ensuite développé pour spatialiser les mesures opportunes et ainsi obtenir des cartes de l'ICU à pas de temps horaire et résolution hectométrique. Les cartographies obtenues sur Dijon sont cohérentes avec le réseau de référence et la racine de l'erreur quadratique moyenne est inférieure à 1°C. Ces résultats ouvrent la voie à de nouvelles perspectives en terme de recherche, par exemple pour l'évaluation de simulations des modèles de ville, mais aussi pour la constitution d'observations spatialisées utilisables en post-traitement des sorties de la prévision numérique du temps. Les cartographies permettront aussi d'éclairer les acteurs de l'aménagement urbain au regard de la problématique de l'ICU.

Abstract

The urban heat island (UHI), which characterizes the temperature differential between an urban area and the rural surroundings, is a high-stakes meteorological phenomenon. Cities are home to more than half of the world's population which coexists with a vulnerable biodiversity. In the context of climate change, heat waves are becoming more frequent than before, and their duration and intensity are increasing. High temperatures due to the urban environment added to the rise in global temperature increase the vulnerability of urban dwellers to heat stress. Air temperature observations are essential to advance UHI research, improve numerical weather prediction over cities, and inform planning actors who wish to deploy mitigation measures. But the installation of dense urban measurement networks is costly and most cities do not have access to fine-scale observation on their territory. The objective of this thesis is to show the contribution of ubiquitous crowdsourced measurements from amateur weather stations and connected vehicles. A statistical methodology that merges these opportunistic measurements allows for a fine-scale analysis of the UHI. Using the professional networks of the test bed cities of Dijon and Rennes, we analyze each of the two data sources to better understand the causes of measurement errors. Although opportunistic observations are particularly prone to errors, treatments proposed in this thesis efficiently clean the data in order to achieve a qualitative signal. A hierarchical Bayesian model inferred with the INLA-SPDE approach is then developed to spatialize the crowdsourced measurements and obtain maps with hourly time step and hectometric resolution of the UHI. The maps obtained over Dijon are consistent with the reference network and the root mean square error is less than 1°C. These results open the way to new perspectives in terms of research, for example for the evaluation of numerical models, but also for the constitution of spatialized observations that can be used for the post-processing of numerical weather prediction outputs. The maps will also support the actors of sustainable urban planning.