CNRM, UMR 3589

Soutenance de thèse CNRM

vendredi 20 novembre 2026 à 14h

DESCENTE D'ÉCHELLE STATISTIQUE DE LA TEMPÉRATURE À L'ÉCHELLE HECTOMÉTRIQUE SUR L'ENVIRONNEMENT URBAIN

par Julia GARCIA CRISTOBAL (CNRM/GMME)

en salle Noilhan

Pour participer à la visioconférence, cliquez sur ce lien :
https://visio.numerique.gouv.fr/kjw-jbdu-bzb
Pour participer par téléphone, composez le +33 9 79 94 06 78 et saisissez ce code : 530 738 7890#

Résumé de la thèse en français :

La prévision du temps en milieu urbain est complexe, en particulier en raison des fortes hétérogénéités du tissu urbain. Pourtant, de nombreux enjeux sont inhérents à la météorologie en ville comme le confort thermique ou la consommation d'énergie des bâtiments. Les modèles météorologiques à résolution hectométrique et à l'état de l'art scientifique comme le modèle de recherche Méso-NH permettent d'obtenir des prévisions précises de la météorologie urbaine. Toutefois, ils demandent une puissance de calcul trop importante pour pouvoir être déployés de manière opérationnelle. Le développement récent de l'Intelligence Artificielle (IA) appliquée à la météorologie permet de réaliser des descentes d'échelle statistiques. Ainsi il est possible d'obtenir à partir d'un champ à basse résolution, une estimation de ce champ à résolution plus fine. L'objectif de cette thèse a été de concevoir un émulateur de la température de l'air à 2 mètres de Méso-NH par une descente d'échelle par IA afin de réduire significativement la puissance de calcul de ces prévisions urbaines. Ainsi, en utilisant des simulations Méso-NH couplé avec le modèle de canopée urbaine TEB, sur 682 dates couvrant la période 2013-2024, un réseaux de neurones convolutifs (CNN) de type U-Net a été développé pour la descente d'échelle statistique de la température sur la ville de Paris. Dans un premier temps, le travail de cette thèse se place dans un cadre idéal de « super-résolution » en appliquant le CNN à des données grande échelle construites en dégradant les simulations Méso-NH à plusieurs résolutions. Cela a permis d'analyser l'impact de plusieurs configurations du CNN sur l'estimation de la fine échelle :

Pour tout renseignement, contacter Y. Poirier (05 61 07 96 55)
Centre National de Recherches Météorologiques
42, Avenue G. Coriolis - 31057 Toulouse Cedex

l'ensemble optimal de prédicteurs, la fonction de coût utilisée pour l'optimisation du CNN ou la sensibilité à la résolution des inputs. Notamment, il a été montré que l'ajout de prédicteurs statiques comme l'orographie et la fraction de bâtiment ainsi que l'utilisation d'une fonction de coût adapté pour l'estimation de forts gradient sont des briques essentielles pour la bonne reproduction des structures propres à l'échelle hectométrique. De plus, la stabilité du modèle statistique a été évaluée, montrant que la variabilité interne du modèle n'a pas d'impact important sur la descente d'échelle.

Ensuite, cette configuration a été appliquée pour la descente d'échelle statistique des données AROME 2,4km et ARPEGE 10km. La température à la résolution de 300m ainsi déduite par le CNN reproduit les hétérogénéités de température simulées dans Méso-NH. Des scores supplémentaires ont été construits pour évaluer la détection et l'intensité du phénomène d'îlot de chaleur urbain (ICU), montrant une bonne estimation tout au long de l'année.

Finalement, cette méthodologie a été transposée sur un domaine couvrant une bonne partie de la région d'Occitanie, en entraînant un nouveau modèle statistique sur des données Méso-NH 300m et AROME 2,4km couvrant cette région. Ce transfert sur un nouveau domaine plus grand et plus diversifié que la région parisienne présente des défis particuliers : les éléments géographiques présents sur le domaine, comme les Pyrénées ou a mer Méditerranéenne, rendent la descente d'échelle plus complexe. De plus, la faible étendue spatiale des villes dans le domaine tout comme leur taille inégale demandent une méthodologie adaptée.

Résumé de la thèse en anglais :

Urban weather forecasting is complex, particularly due to the significant heterogeneity of the urban environment. However, many issues are inherent to urban meteorology, such as thermal comfort and energy consumption in buildings. State-of-the-art meteorological models with hectometer-scale resolution, such as the Méso-NH research model, provide accurate forecasts of urban weather. However, they require too much computing power to be deployed operationally. Recent developments in Artificial Intelligence (AI) applied to meteorology enable statistical downscaling. Thus, it is possible to obtain an estimate of a higher-resolution field from a lower-resolution field. The objective of this thesis was to design a Méso-NH air temperature emulator at 2 meters using AI-based downscaling in order to significantly reduce the computational power required for these urban forecasts. Thus, using Méso-NH simulations coupled with the TEB urban canopy model, across 682 days covering the period 2013–2024, a U-Net-type convolutional neural network (CNN) was developed for the statistical downscaling of temperature over the city of Paris. First, this thesis operates within an ideal "super-resolution" framework by applying the CNN to large-scale data generated by downsampling the Méso-NH simulations to various resolutions. This allowed the analysis of the impact of several CNN configurations on fine-scale estimation: the optimal set of predictors, the loss function used for CNN optimization, and sensitivity to input resolution. In particular, it was shown that the addition of static predictors such

Pour tout renseignement, contacter Y. Poirier (05 61 07 96 55)
Centre National de Recherches Météorologiques
42, Avenue G. Coriolis - 31057 Toulouse Cedex

as topography and building fraction, as well as the use of a cost function adapted for estimating steep gradients, are essential components for accurately reproducing structures specific to the hectometer scale. Furthermore, the stability of the statistical model was evaluated, showing that the model's internal variability has no significant impact on downscaling. Next, this configuration was applied to downscale the AROME 2.4-km and ARPEGE 10-km data. The 300-m resolution temperature derived by the CNN in this way reproduces the temperature heterogeneities simulated in Méso-NH. Additional scores were developed to assess the detection and intensity of the urban heat island (UHI) phenomenon, showing good estimates throughout the year. Finally, this methodology was applied to a domain covering a large part of the Occitanie region by training a new statistical model on Méso-NH 300-meter and AROME 2.4-kilometer data covering this region. This transfer to a new domain that is larger and more diverse than the Paris region presents specific challenges: the geographical features present in the domain, such as the Pyrenees and the Mediterranean Sea, make downscaling more complex. Furthermore, the small spatial extent of the cities in the domain, as well as their varying sizes, require an adapted methodology.

Pour tout renseignement, contacter Y. Poirier (05 61 07 96 55)
Centre National de Recherches Météorologiques
42, Avenue G. Coriolis - 31057 Toulouse Cedex