

# UTILISATION DU KRIGEAGE AVEC RÉGRESSION POUR CARTOGRAPHIER L'ÎLOT DE CHALEUR À CLUJ-NAPOCA, ROUMANIE

Iulian-Horia HOLOBĂCĂ<sup>1</sup>, Mircea ALEXE<sup>1</sup>, Kinga TEMERDEK-IVAN<sup>2</sup>, Cosmina URSU<sup>3</sup>

1. Département de Géographie Physique et Technique, Faculté de Géographie, Université Babeş-Bolyai, 5-7 Clinicilor, Cluj-Napoca, Roumanie, iulian.holobaca@ubbcluj.ro, mircea.alexu@ubbcluj.ro

2. Centre de Recherche pour le Développement Durable, Faculté de Géographie, Université Babeş-Bolyai, 5-7 Clinicilor, Cluj-Napoca, Roumanie, kinga.ivan@ubbcluj.ro

3. École Doctorale de Géographie, Faculté de Géographie, Université Babeş-Bolyai, 5-7 Clinicilor, Cluj-Napoca, Roumanie, cosmina.ursu@ubbcluj.ro

## Application of Regression Kriging to Map the Urban Heat Island in Cluj-Napoca, Romania

**Mots-clés :** krigeage avec régression, îlot de chaleur urbain, Cluj-Napoca, climat urbain

**Keywords:** Regression-Kriging, Urban Heat Island, Cluj-Napoca, urban climate

### Introduction

Cette étude emploie la méthode du krigeage avec régression pour cartographier l'îlot de chaleur urbain (ICU) à Cluj-Napoca, Roumanie. Le krigeage avec régression, fusionnant des données spatiales et météorologiques, offre une approche avancée pour évaluer et représenter les variations thermiques locales. Cette méthode permet une cartographie détaillée de l'ICU, fournissant ainsi des données essentielles pour la planification urbaine durable et la gestion des impacts climatiques (Holobaca *et al.*, 2022).

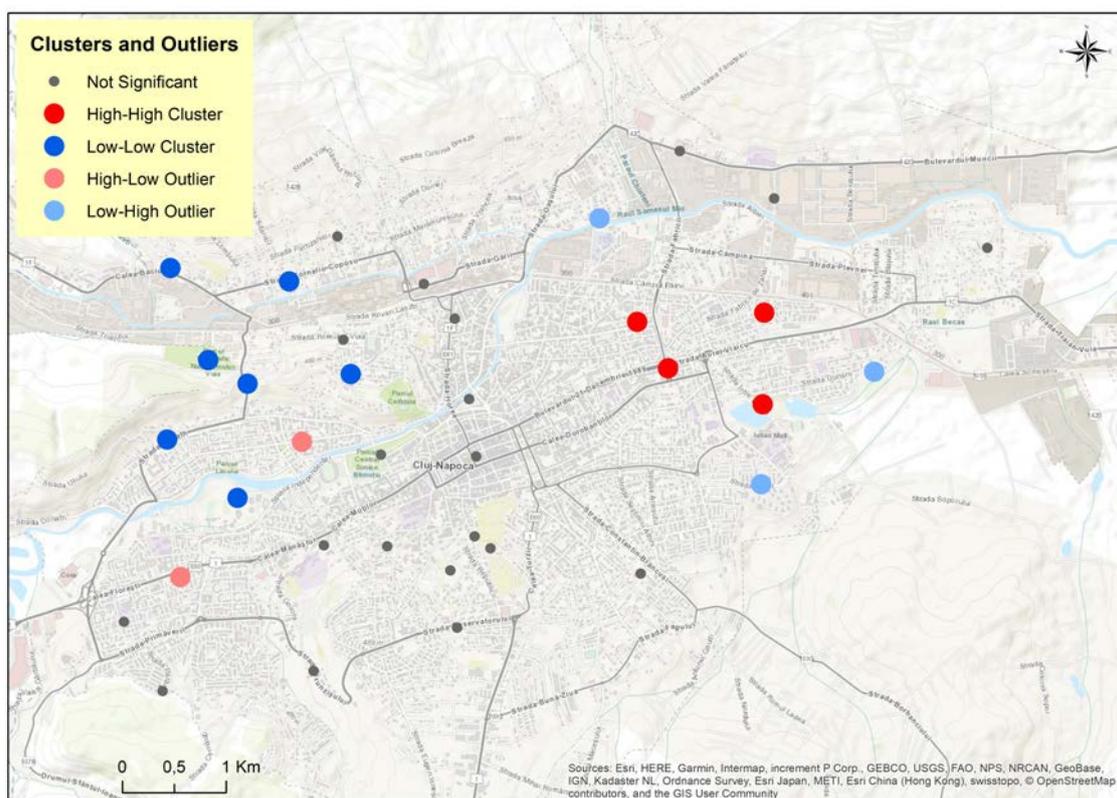
### 1. Zone d'étude et méthodologie

La ville de Cluj-Napoca est située dans la région de Transylvanie, au nord-ouest de la Roumanie. Sur le plan climatique, cette région se trouve dans une zone de climat tempéré continental, avec des hivers froids et des étés chauds. Le choix de cette zone d'étude repose sur plusieurs facteurs cruciaux : (1) une croissance urbaine rapide et une urbanisation importante, qui en font un site pertinent pour étudier l'îlot de chaleur urbain ; (2) des contextes urbains variés (topographie particulière, mosaïque des zones résidentielles, industrielles et commerciales), qui offrent l'opportunité d'analyser des variations thermiques ; (3) enfin, la disponibilité de données du réseau MICCRO et de relevés topographiques pour analyser la formation de l'ICU à Cluj-Napoca.

Cette étude utilise la méthode du krigeage avec régression, une approche géostatistique combinant les techniques de régression et d'interpolation spatiale (Hengl *et al.*, 2007). La partie déterministe repose sur l'utilisation d'une régression linéaire multiple à l'aide du logiciel SPSS. La variable dépendante est la température moyenne en août à 1h locale. Les variables indépendantes sont liées à la localisation (altitude, x, y, distance au centre, distances par rapport à l'axe nord-sud et à l'axe ouest-est) et à l'environnement urbain (densité des bâtiments, densité des arbres, NDVI et hauteur des bâtiments). La partie stochastique est obtenue en appliquant un krigeage ordinaire aux résidus du modèle linéaire. Les données de température proviennent du réseau MICCRO (Holobaca *et al.*, 2022) avec 40 capteurs pour la période de 2020 à 2023. L'altitude a été dérivée du modèle numérique de terrain ALOS PALSAR, avec une résolution spatiale de 12,5 m. Toutes les autres données spatiales ont été obtenues à partir du site Copernicus (<https://land.copernicus.eu/> ; résolution de 10 m). Pour faciliter le croisement des données, toutes les données ont été redimensionnées à une résolution de 30 m dans ArcGIS. Dans une première étape, les températures ont été vérifiées en utilisant l'analyse *Cluster and Outlier* (Anselin Local Moran's I) dans ArcMap, qui identifie les agrégats spatiaux présentant des valeurs élevées (*hot spots*) ou faibles (*cold spots*) et les points spatiaux aberrants. Puis, dans une deuxième étape, les coefficients du modèle de régression linéaire ont été déterminés, et le krigeage des résidus a été réalisé. Enfin, la calculatrice raster a été utilisée pour intégrer la partie déterministe et stochastique du krigeage avec régression.

### 2. Résultats et discussions

À partir de l'analyse *Cluster and Outlier*, 16 des 40 capteurs ont été identifiés comme statistiquement significatifs et classés dans l'une des 4 catégories (Fig. 1) : 4 points définissant une concentration de capteurs avec des températures élevées (*High-High Cluster*) dans la zone orientale ; un groupe avec des températures plus basses (*Low-Low Cluster*), avec 7 capteurs dans la zone occidentale ; 2 points spatiaux aberrants (*High-Low*) à l'ouest représentant des capteurs plus chauds que la zone autour ; et à l'inverse, 3 *outliers Low-High* dans la partie orientale. Les 24 capteurs restants ont été classés dans la catégorie « Non significatif ».



**Figure 1.** Résultats de l'analyse *Cluster and Outlier* (Anselin Local Moran's I), à partir des températures moyennes en août à 1h locale (réseau MICCRO)

Les résultats de l'analyse ci-dessus sont en accord avec les résultats de la régression linéaire multiple (Tab. 1). La méthode ascendante (*forward*), itérative, a été utilisée pour sélectionner progressivement les variables indépendantes les plus significatives à inclure dans le modèle de régression. Selon le coefficient standardisé (Beta), qui indique l'importance de la variable dans la régression, la distance d'est en ouest (x) est le paramètre le plus crucial, puis deux autres variables de localisation (la distance au centre-ville et la distance par rapport à l'axe nord-sud) et enfin une seule caractérisant l'environnement urbain, à savoir la densité des arbres. Le score  $R^2$  du modèle est de 0,687, expliquant ainsi près de 70% de la variation totale des températures au mois d'août, à 1h locale.

**Tableau 1.** Les coefficients standardisés (Beta) de la régression linéaire multiple

C	Distance E-W (x)	Distance au centre-ville	Distance N-S (y)	Densité des arbres
Beta	0.485	-0.363	-0.357	-0.231

Le modèle change à différentes heures, notamment dans l'après-midi, en raison des variations dynamiques dans la sélection des variables par la méthode ascendante (*forward*). Ces fluctuations témoignent de l'impact variable des facteurs environnementaux sur les températures.

## Conclusion

Dans cette étude, nous avons appliqué avec succès le krigeage avec régression pour cartographier les températures nocturnes, en août, à Cluj-Napoca, Roumanie. Intégrant des données spatiales et météorologiques, cette approche a permis une évaluation des variations thermiques locales et de mettre en évidence l'îlot de chaleur urbain. Les résultats soulignent des tendances spatiales significatives, avec une concentration des capteurs avec des températures élevées dans la partie centrale orientale de la ville.

## Bibliographie

Hengl T., Heuvelink G., Rossiter D. G. 2007 : About regression-kriging: From equations to case studies. *Computers & Geosciences*, 33(10), 1301–1315. <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2007.05.001>

Holobacă I., Alexe M., Temerdeș-Ivan K., 2022 : Les premiers résultats de la surveillance de l'îlot de chaleur à Cluj-Napoca à l'aide du réseau automatique MICCRO (Monitorizarea Insulei De Caldura In Cluj - Romania). 35ème Colloque Annuel de l'AIC, Toulouse, France.